

**AVALIAÇÃO DAS OBRAS DE ARTE ESPECIAIS DO EIXO RODOVIÁRIO  
NORTE DE BRASÍLIA PELA METODOLOGIA DO GRAU DE DETERIORAÇÃO  
ESTRUTURAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

**FELIPE BARRETTO PAVONI**

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL EM ENGENHARIA CIVIL

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

FACULDADE DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

BRASÍLIA / DF: DEZEMBRO – 2019

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

**AVALIAÇÃO DAS OBRAS DE ARTE ESPECIAIS DO EIXO  
RODOVIÁRIO NORTE DE BRASÍLIA PELA METODOLOGIA DO  
GRAU DE DETERIORAÇÃO ESTRUTURAL DA UNIVERSIDADE DE  
BRASÍLIA**

**FELIPE BARRETTO PAVONI**

ORIENTADOR: MARCOS HONORATO DE OLIVEIRA

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL EM ENGENHARIA CIVIL

BRASÍLIA / DF: DEZEMBRO–2019

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

**AVALIAÇÃO DAS OBRAS DE ARTE ESPECIAIS DO EIXO RODOVIÁRIO  
NORTE DE BRASÍLIA PELA METODOLOGIA DO GRAU DE  
DETERIORAÇÃO ESTRUTURAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

**FELIPE BARRETTO PAVONI**

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL 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)

---

**Prof. Claudio Henrique de Almeida Feitosa Pereira, D.Sc (UnB)**  
(Examinador interno)

---

**Eng.<sup>a</sup> Civil Maria Luisa Miranda Lauria (Dynatest Engenharia LTDA)**  
(Examinadora externa)

BRASÍLIA/DF, 02 DE DEZEMBRO DE 2019

## FICHA CATALOGRÁFICA

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 [Distrito Federal] 2019.**

xxv, 220p., 297 mm (ENC/FT/UnB, Bacharel, Engenharia Civil, 2019)

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

PAVONI, F.B. (2019). Avaliação dos Viadutos do Eixo Rodoviário Sul de Brasília pela Metodologia GDE/UnB. Monografia de Projeto Final II em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 220p.

## CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Felipe Barretto Pavoni.

TÍTULO: Avaliação das Obras de Arte Especiais do Eixo Rodoviário Norte de Brasília pela Metodologia do Grau de Deterioração Estrutural da Universidade de Brasília

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil ANO: 2019

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

---

Felipe Barretto Pavoni

SHIS QL 6 conj. 9 casa 6

CEP: 71.620-095 Brasília – DF – Brasil

e-mail: pavonifelipe@gmail.com Telefone: (61) 98134-8916



## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço toda minha família, pelas oportunidades ímpares que sempre tive, as quais me permitiram chegar até o presente momento. Em especial, a Renata Modesto Barretto, minha mãe, por sempre me apoiar e me inspirar, e a Ruy Duarte Barretto Júnior, meu tio, pelo exemplo de profissional íntegro e competente.

À minha parceira de vida, Gabriela Magalhães Montezuma, não só por ser minha companhia e fotógrafa durante as inspeções realizadas, mas por sempre me ajudar em tudo com extremo zelo, carinho e dedicação, se mostrando extremamente lisonjeada e orgulhosa por minhas realizações.

À minha amiga de vida, irmã de coração, Paula Gontijo de Oliveira, que foi extremamente solícita ao me ajudar na elaboração de um modelo ilustrativo para os viadutos analisados, utilizando os conhecimentos da excelente arquiteta que se tornará.

Ao professor orientador, Marcos Honorato de Oliveira, que fez oferta da temática do presente trabalho, sabendo guiar sua realização e me auxiliar na superação dos percalços ao longo do caminho.

À engenheira civil Maria Luisa Miranda Lauria, examinadora externa, que me precedeu na utilização da metodologia GDE/UnB na análise dos viadutos da Asa Sul de Brasília e que esteve sempre disponível para me auxiliar no entendimento do procedimento de inspeção e na aplicação da metodologia.

Aos professores e aos colegas de curso que durante as aulas e trabalhos contribuíram para o crescimento do meu conhecimento e para geração de oportunidades que foram essenciais no desenvolvimento deste trabalho para a conclusão da graduação.

## RESUMO

Viadutos em concreto armado são denominados Obras de Arte Especiais (OAEs), comumente empregados nas cidades ao redor do mundo. Possuem grande relevância na logística urbana ao promover mobilidade e fluidez no trânsito de pessoas e cargas. Essas estruturas sofrem a ação das intempéries ao longo da vida útil, sendo o acompanhamento e a manutenção essenciais para garantia da durabilidade, diminuindo ocorrência de patologias e garantindo o correto desempenho. Entretanto, o acompanhamento técnico de estruturas costuma não ser realizado com a periodicidade necessária, o que favorece o surgimento e o agravamento de danos e patologias, levando a condições de insegurança aos usuários. O presente estudo utiliza a metodologia do Grau de Deterioração Estrutural da Universidade de Brasília – GDE/UnB – para avaliar a condição dos viadutos do Eixo Rodoviário Norte de Brasília. A referida metodologia classifica o grau de deterioração estrutural dos viadutos utilizando formulações baseadas em avaliações por inspeções visuais. Os resultados obtidos com a metodologia foram representativos já que refletem a realidade vigente nas Obras de Arte Especiais avaliadas. Finalmente, a classificação pelo grau de deterioração estrutural viabiliza um panorama técnico como ferramenta útil para intervenção de revitalização do desempenho das estruturas urbanas.

## **ABSTRACT**

Reinforced concrete viaducts are special engineering structures commonly used in cities around the world with great relevance in urban logistics promoting mobility and fluidity in the traffic of people and cargoes. Any structure can suffer from the action of the weather throughout its useful life. Monitoring and maintenance are essential to guarantee the durability of those structures reducing occurrence of damages and pathologies, ensuring the correct and secure performance. However, technical monitoring of structures is not always performed in the necessary periodicity. That bad practice favors the appearance and aggravation of pathologies leading to grater insecurity for users. The current study uses the Structural Deterioration Degree methodology of the University of Brasília – GDE/UnB – to evaluate the viaducts condition at Eixo Rodoviário Norte, Brasília. This methodology allows the viaducts classification by the degree of structural deterioration using formulations evaluated based on visual inspections. The results obtained with the methodology were representative as they can be the reflect of the current reality in the structures evaluated. Finally, classifying operating structures by the degree of structural deterioration makes possible a technical panorama that can be a useful tool for intervention and revitalization of urban structure's performance.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1. MOTIVAÇÃO .....	2
1.2. JUSTIFICATIVA.....	3
1.3. OBJETIVOS.....	3
1.3.1. Objetivos gerais .....	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	4
1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO.....	4
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>6</b>
2.1. PESQUISAS EM DESTAQUE PARA O TEMA.....	6
2.1.1. KLEIN <i>et. al</i> (1991) .....	6
2.1.2. CASTRO (1994).....	9
2.1.3. SANTIAGO & AZEVEDO (2012) .....	16
2.1.4. LAURIA (2018) .....	18
2.2. PESQUISAS RELACIONADAS AO TEMA .....	21
2.2.1. ANDRADE (1997).....	21
2.2.2. LOPES (1998) .....	22
2.2.3. BOLDO (2002).....	25
2.2.4. PESSOA (2002).....	28
2.2.5. FONSECA (2007) .....	29
2.2.6. EUQUERES (2011).....	35

2.2.7. VERLY (2015) .....	37
2.2.8. ROSA (2014).....	42
<b>3. METODOLOGIA .....</b>	<b>44</b>
3.1. CONSIDERAÇÕES FEITAS NA METODOLOGIA GDE/UNB .....	44
3.2. VIADUTOS SELECIONADOS PARA INSPEÇÃO .....	45
3.2.1. Inspeção Preliminar .....	49
3.3. PROCEDIMENTO DE INSPEÇÃO.....	52
3.4. MANUAL DE CÁLCULO .....	52
3.4.1. Etapas de Cálculo .....	53
3.4.2. Exemplo de aplicação.....	54
<b>4. CATÁLOGO DE DANOS EM OBRAS DE ARTE ESPECIAIS .....</b>	<b>76</b>
4.1. INTRODUÇÃO .....	76
4.2. MANIFESTAÇÕES DE DANOS EM OAEs .....	77
4.2.1. MANCHAS .....	77
4.2.2. FALHAS DE CONCRETAGEM.....	77
4.2.3. DESAGREGAÇÃO .....	79
4.2.4. FISSURAS .....	79
4.2.5. EFLORESCÊNCIA.....	80
4.2.6. CORROSÃO DAS ARMADURAS.....	81
4.2.7. ABRASÃO DO CONCRETO.....	82
<b>5. RESULTADOS.....</b>	<b>83</b>
5.1. QUADRA 01/02.....	85

5.1.1. Viaduto W – Quadra 01/02.....	85
5.1.2. Viaduto Central – Quadra 01/02.....	86
5.1.3. Viaduto L – Quadra 01/02.....	88
5.2. QUADRA 03/04.....	89
5.2.1. Viaduto W – Quadra 03/04.....	89
5.2.2. Viaduto Central – Quadra 03/04.....	90
5.2.3. Viaduto L – Quadra 03/04.....	91
5.3. QUADRA 05/06.....	92
5.3.1. Viaduto W – Quadra 05/06.....	93
5.3.2. Viaduto Central – Quadra 05/06.....	94
5.3.3. Viaduto L – Quadra 05/06.....	95
5.4. QUADRA 07/08.....	96
5.4.1. Viaduto W – Quadra 07/08.....	97
5.4.2. Viaduto Central – Quadra 07/08.....	98
5.4.3. Viaduto L – Quadra 07/08.....	99
5.5. QUADRA 09/10.....	100
5.5.1. Viaduto W – Quadra 09/10.....	101
5.5.2. Viaduto Central – Quadra 09/10.....	102
5.5.3. Viaduto L – Quadra 09/10.....	104
5.6. QUADRA 11/12.....	105
5.6.1. Viaduto W – Quadra 11/12.....	105
5.6.2. Viaduto Central – Quadra 11/12.....	106

5.6.3. Viaduto L – Quadra 11/12.....	108
5.7. QUADRA 13/14.....	109
5.7.1. Viaduto W – Quadra 13/14.....	110
5.7.2. Viaduto Central – Quadra 13/14.....	111
5.7.3. Viaduto L – Quadra 13/14.....	112
5.8. QUADRA 15/16.....	114
5.8.1. Viaduto W – Quadra 15/16.....	114
5.8.2. Viaduto Central – Quadra 15/16.....	115
5.8.3. Viaduto L – Quadra 15/16.....	116
5.9. ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	118
5.10. COMPARATIVO COM SANTIAGO & AZEVEDO (2012) .....	122
<b>6. CONCLUSÕES .....</b>	<b>125</b>
6.1. SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS.....	127
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>128</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>131</b>

## B. LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
Tabela 2-1: Classificação do grau de risco da estrutura (KLEIN et. al, 1991) .....	8
Tabela 2-2: Famílias, danos e fatores de ponderação respectivos (CASTRO, 1994) .....	11
Tabela 2-3: Exemplo de classificação de danos nos fatores de intensidade (CASTRO, 1994).....	12
Tabela 2-4: Classificação de Níveis de Deterioração do Elemento (CASTRO, 1994).....	14
Tabela 2-5: Classificação de níveis de deterioração da estrutura (CASTRO, 1994) .....	16
Tabela 2-6: Resultados da aplicação da metodologia GDE/UnB – Eixo Rodoviário Norte (SANTIAGO & AZEVEDO, 2012).....	18
Tabela 2-7: Resultados da aplicação da metodologia GDE/UnB – Eixo Rodoviário Sul (LAURIA, 2018) .....	20
Tabela 2-8: Resultados obtidos (ANDRADE, 1997) .....	22
Tabela 2-9: Proposição de Fatores de Ponderação de danos (LOPES, 1998).....	23
Tabela 2-10: Resultados apresentados para os edifícios inspecionados (LOPES, 1998).....	24
Tabela 2-11: Classificação dos níveis de deterioração de elemento (BOLDO, 2002).....	27
Tabela 2-12: Classificação dos níveis de deterioração da estrutura (BOLDO, 2002) .....	27
Tabela 2-13: Prazos máximos para intervenção em função da classificação nos níveis de deterioração (BOLDO 2002).....	27
Tabela 2-14: Resumo de resultados da metodologia GDE/UnB – Catedral de Brasília (PESSOA, 2002).....	29
Tabela 2-15: Reformulação de fatores de intensidade relacionados à corrosão (FONSECA, 2007).....	30
Tabela 2-16: Tipologia de fissuras de concreto armado - Estado Plástico e Endurecido (FONSECA, 2007) .....	32
Tabela 2-17: Tipologia de fissuras de concreto armado – Erros de projeto/execução ou cargas excessivas (FONSECA, 2007) .....	33
Tabela 2-18: Classificação de níveis de deterioração de elemento e de estrutura reformulados (FONSECA, 2007).....	34
Tabela 2-19: Resultados da metodologia GDE/UnB após alterações (FONSECA, 2007) .....	35



Tabela 2-20: Classificação de níveis de deterioração para pontes (EUQUERES, 2011).....	36
Tabela 2-21: Fatores de intensidade por danos (VERLY, 2015) .....	38
Tabela 2-22: Fatores de intensidade por danos – Continuação (VERLY, 2015).....	39
Tabela 2-23: Resultados das metodologias SGO/DNIT E GDE/UnB (VERLY, 2015) .....	40
Tabela 2-24: Resultados das metodologias SGO/DNIT E GDE/UnB com formulação modificada (VERLY, 2015).....	41
Tabela 2-25: Resultados das metodologias SGO/DNIT E GDE/UnB (ROSA, 2014).....	42
Tabela 3-1: Nomenclatura dos viadutos do Eixo Rodoviário Norte de Brasília. ....	45
Tabela 3-2: Resultado da metodologia de inspeção preliminar nas OAEs em estudo .....	50
Tabela 3-3: Resultados parciais – Tabuleiro. ....	70
Tabela 3-4: Resultados parciais – Guarda-Rodas W.....	70
Tabela 3-5: Resultados parciais – Guarda-Rodas L. ....	71
Tabela 3-6: Resultados parciais – Pista de Rolamento. ....	71
Tabela 3-7: Resultados parciais – Cortina Sul W. ....	71
Tabela 3-8: Resultados parciais – Cortina Norte W.....	72
Tabela 3-9: Resultados parciais – Cortina Central Sul. ....	72
Tabela 3-10: Resultados parciais – Cortina Central Norte.....	72
Tabela 3-11: Resultados parciais – Cortina Sul L.....	73
Tabela 3-12: Resultados parciais – Cortina Norte L. ....	73
Tabela 3-13: Resultado Final - Viaduto W - 11/12 Norte.....	75
Tabela 5-1: Resultados da aplicação da metodologia GDE/UnB em viadutos do Eixo Rodoviário Norte – Brasília .....	83
Tabela 5-2: Resultados – Viaduto W – Quadra 01/02 Norte .....	85
Tabela 5-3: Resultados – Viaduto Central – Quadra 01/02 Norte .....	86
Tabela 5-4: Resultados – Viaduto L – Quadra 01/02 Norte.....	88
Tabela 5-5: Resultados – Viaduto W – Quadra 03/04 Norte .....	89
Tabela 5-6: Resultados – Viaduto Central – Quadra 03/04 Norte .....	90
Tabela 5-7: Resultados – Viaduto L – Quadra 03/04 Norte.....	91
Tabela 5-8: Resultados – Viaduto W – Quadra 05/06 Norte .....	93
Tabela 5-9: Resultados – Viaduto Central – Quadra 05/06 Norte .....	94
Tabela 5-10: Resultados – Viaduto L – Quadra 05/06 Norte.....	95
Tabela 5-11: Resultados – Viaduto W – Quadra 07/08 Norte .....	97
Tabela 5-12: Resultados – Viaduto Central – Quadra 07/08 Norte .....	98

Tabela 5-13: Resultados – Viaduto L – Quadra 07/08 Norte.....	99
Tabela 5-14: Resultados – Viaduto W – Quadra 09/10 Norte .....	101
Tabela 5-15: Resultados – Viaduto Central – Quadra 09/10 Norte .....	102
Tabela 5-16: Resultados – Viaduto L – Quadra 09/10 Norte.....	104
Tabela 5-17: Resultados – Viaduto W – Quadra 11/12 Norte .....	105
Tabela 5-18: Resultados – Viaduto Central – Quadra 11/12 Norte .....	106
Tabela 5-19: Resultados – Viaduto L – Quadra 11/12 Norte.....	108
Tabela 5-20: Resultados – Viaduto W – Quadra 13/14 Norte .....	110
Tabela 5-21: Resultados – Viaduto Central – Quadra 13/14 Norte .....	111
Tabela 5-22: Resultados – Viaduto L – Quadra 13/14 Norte.....	112
Tabela 5-23: Resultados – Viaduto W – Quadra 15/16 Norte .....	114
Tabela 5-24: Resultados – Viaduto Central – Quadra 15/16 Norte .....	115
Tabela 5-25: Resultados – Viaduto L – Quadra 15/16 Norte.....	116
Tabela 5-26: Comparativo de resultados obtidos entre SANTIAGO & AZEVEDO (2012) e PAVONI (2019).....	123
Tabela 1: Ficha de inspeção - Viaduto W .....	131
Tabela 2: Ficha de inspeção – Viaduto W (continuação).....	132
Tabela 3: Ficha de inspeção – Viaduto Central.....	133
Tabela 4: Ficha de inspeção – Viaduto Central (continuação).....	134
Tabela 5: Ficha de inspeção – Viaduto L.....	135
Tabela 6: Ficha de inspeção – Viaduto L (continuação).....	136
Tabela 7: Danos avaliados do elemento tabuleiro – 1/3.....	137
Tabela 8: Danos avaliados do elemento tabuleiro – 2/3.....	137
Tabela 9: Danos avaliados do elemento tabuleiro – 3/3.....	138
Tabela 10: Danos avaliados do elemento Guarda-rodas W – 1/3 .....	138
Tabela 11: Danos avaliados do elemento Guarda-rodas W – 2/3 .....	139
Tabela 12: Danos avaliados do elemento Guarda-rodas W – 3/3 .....	139
Tabela 13: Danos avaliados do elemento Guarda-rodas L – 2/3.....	140
Tabela 14: Danos avaliados do elemento Guarda-rodas L – 1/3.....	140
Tabela 15: Danos avaliados do elemento Guarda-rodas L – 3/3.....	141
Tabela 16: Danos avaliados do elemento Pista de Rolamento – 1/3.....	141
Tabela 17: Danos avaliados do elemento Pista de Rolamento – 3/3.....	142
Tabela 18: Danos avaliados do elemento Pista de Rolamento – 2/3.....	142

Tabela 19: Danos avaliados do elemento Cortina Sul W – 2/3.....	143
Tabela 20: Danos avaliados do elemento Cortina Sul W – 1/3.....	143
Tabela 21: Danos avaliados do elemento Cortina Sul W – 3/3.....	144
Tabela 22: Danos avaliados do elemento Cortina Norte W – 1/3.....	144
Tabela 23: Danos avaliados do elemento Cortina Norte W – 3/3.....	145
Tabela 24: Danos avaliados do elemento Cortina Norte W – 2/3.....	145
Tabela 25: Danos avaliados do elemento Cortina Central Sul – 2/3.....	146
Tabela 26: Danos avaliados do elemento Cortina Central Sul – 1/3.....	146
Tabela 27: Danos avaliados do elemento Cortina Central Sul – 3/3.....	147
Tabela 28: Danos avaliados do elemento Cortina Central Norte – 1/3.....	147
Tabela 29: Danos avaliados do elemento Cortina Central Norte – 3/3.....	148
Tabela 30: Danos avaliados do elemento Cortina Central Norte – 2/3.....	148
Tabela 31: Danos avaliados do elemento Cortina Sul L – 2/3.....	149
Tabela 32: Danos avaliados do elemento Cortina Sul L – 1/3.....	149
Tabela 33: Danos avaliados do elemento Cortina Sul L – 3/3.....	150
Tabela 34: Danos avaliados do elemento Cortina Norte L – 1/3.....	150
Tabela 35: Danos avaliados do elemento Cortina Norte L – 3/3.....	151
Tabela 36: Danos avaliados do elemento Cortina Norte L – 2/3.....	151
Tabela 37: Resultados dos viadutos da quadra 01/02 para todos os valores de <i>Gde</i> .....	152
Tabela 38: Resultados dos viadutos da quadra 01/02 para todos os valores de $Gde \geq 15$ ...	153
Tabela 39: Resultados dos viadutos da quadra 03/04 para todos os valores de <i>Gde</i> .....	154
Tabela 40: Resultados dos viadutos da quadra 03/04 para todos os valores de $Gde \geq 15$ ...	155
Tabela 41: Resultados dos viadutos da quadra 05/06 para todos os valores de <i>Gde</i> .....	156
Tabela 42: Resultados dos viadutos da quadra 05/06 para todos os valores de $Gde \geq 15$ ...	157
Tabela 43: Resultados dos viadutos da quadra 07/08 para todos os valores de <i>Gde</i> .....	158
Tabela 44: Resultados dos viadutos da quadra 07/08 para todos os valores de $Gde \geq 15$ ...	159
Tabela 45: Resultados dos viadutos da quadra 09/10 para todos os valores de <i>Gde</i> .....	160
Tabela 46: Resultados dos viadutos da quadra 09/10 para todos os valores de $Gde \geq 15$ ...	161
Tabela 47: Resultados dos viadutos da quadra 11/12 para todos os valores de <i>Gde</i> .....	162
Tabela 48: Resultados dos viadutos da quadra 11/12 para todos os valores de $Gde \geq 15$ ...	163
Tabela 49: Resultados dos viadutos da quadra 13/14 para todos os valores de <i>Gde</i> .....	164
Tabela 50: Resultados dos viadutos da quadra 13/14 para todos os valores de $Gde \geq 15$ ...	165

Tabela 51: Resultados dos viadutos da quadra 15/16 para todos os valores de *Gde* ..... 166

Tabela 52: Resultados dos viadutos da quadra 13/14 para todos os valores de  $Gde \geq 15$  ... 167

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
Figura 2.1: Fluxograma da metodologia GDE/UnB (CASTRO, 1994).....	10
Figura 2.2: Formulação do Grau de dano de Castro,1994 (LAURIA, 2018).....	13
Figura 3.1: Visão panorâmica dos Viadutos Central e L na entrequadra 05/06 Norte .....	45
Figura 3.2: Ilustração da Planta de Armação – Viaduto Central 15/16 Norte Eng. Rubens José Dias – 1979 (ARQUIVO PÚBLICO DE BRASÍLIA).....	46
Figura 3.3: Imagem aérea do Eixo Rodoviário de Brasília – DF (ARQUIVO PÚBLICO DE BRASÍLIA).....	46
Figura 3.4: Imagem aérea aproximada do Eixo Rodoviário de Brasília (ARQUIVO PÚBLICO DE BRASÍLIA).....	47
Figura 3.5: Viaduto central parcialmente concluído .....	47
Figura 3.6: Modelo esquemático do viaduto dos eixos W/L – Identificação dos elementos componentes – Eixo Rodoviário Norte – Brasília.....	48
Figura 3.7: Modelo esquemático do viaduto central – Identificação dos elementos componentes – Eixo Rodoviário Norte – Brasília.....	48
Figura 3.8: Panorama dos viadutos avaliados por entrequadra do Eixo Rodoviário Norte. ....	51
Figura 3.9: Viaduto Central - 11/12 Norte .....	51
Figura 3.10: Viaduto W – 01/02 Norte .....	51
Figura 3.11: Viaduto Central - 09/10 Norte .....	52
Figura 3.12: Detalhe de dano no Viaduto W - 07/08 Norte .....	52
Figura 3.13: Cobrimento deficiente no elemento Tabuleiro – Viaduto W –11/12 Norte. ....	54
Figura 3.14: Corrosão de armadura no elemento Tabuleiro – Viaduto W –11/12 Norte.....	55
Figura 3.15: Falha de Concretagem no elemento Tabuleiro – Viaduto W –11/12 Norte. ....	55
Figura 3.16: Eflorescência no elemento Tabuleiro – Viaduto W –11/12 Norte. ....	56
Figura 3.17: Desagregação - Tabuleiro – Viaduto W –11/12 Norte. ....	56
Figura 3.18: Infiltração de água no elemento Tabuleiro – Viaduto W –11/12 Norte. ....	57
Figura 3.19: Manchas no elemento Tabuleiro – Viaduto W –11/12 Norte.....	57
Figura 3.20: Abrasão do concreto no elemento Tabuleiro – Viaduto W –11/12 Norte. ....	58

Figura 3.21: Manchas, cobertura deficiente e corrosão registrados no elemento Guarda-rodas W – Viaduto W –11/12 Norte. ....	59
Figura 3.22: Infiltração de água e fissuras registradas no elemento Guarda-rodas W – Viaduto W –11/12 Norte. ....	59
Figura 3.23: Manchas e infiltração de água registradas no elemento Guarda-rodas L – Viaduto W –11/12 Norte. ....	60
Figura 3.24: Cobrimento deficiente, corrosão e fissuras registradas no elemento Guarda-rodas L – Viaduto W –11/12 Norte. ....	60
Figura 3.25: Desagregação e eflorescência registrada no elemento Guarda-rodas L – Viaduto W –11/12 Norte. ....	61
Figura 3.26: Manchas no elemento Cortina Sul W – Viaduto W –11/12 Norte. ....	62
Figura 3.27: Fissuras no elemento Cortina Sul W – Viaduto W –11/12 Norte. ....	62
Figura 3.28: Manchas no elemento Cortina Norte W – Viaduto W – 11/12 Norte. ....	63
Figura 3.29: Falha de concretagem – Cortina Norte W – Viaduto W – 11/12 Norte. ....	63
Figura 3.30: Manchas no elemento Cortina Central Sul – Viaduto W –11/12 Norte. ....	64
Figura 3.31: Cobrimento deficiente, corrosão e desagregação no elemento Cortina Central Sul – Viaduto W –11/12 Norte. ....	64
Figura 3.32: Fissuras e falhas de concretagem no elemento Cortina Central Sul – Viaduto W – 11/12 Norte. ....	65
Figura 3.33: Manchas e falhas no elemento Cortina Central Norte – Viaduto W –11/12 Norte. ....	66
Figura 3.34: Falha de Concretagem no Cortina Central Norte – Viaduto W –11/12 Norte. ....	66
Figura 3.35: Cobrimento deficiente e manchas no elemento Cortina Sul L – Viaduto W –11/12 Norte. ....	67
Figura 3.36: Falhas de concretagem/desagregação - Cortina Sul L – Viaduto W –11/12 N. ..	67
Figura 3.37: Cobrimento deficiente, manchas, falhas de concretagem - Cortina Norte L – Viaduto W –11/12 Norte. ....	68
Figura 3.38: Corrosão de armaduras – Cortina Norte L – Viaduto W –11/12 Norte. ....	69
Figura 4.1: Exemplo de manchas na superfície - cortina lateral – 05/06 Norte, Brasília – DF. ....	77
Figura 4.2: Exemplo de falha de concretagem– 05/06 Norte – Brasília, DF. ....	78
Figura 4.3: Exemplo de falhas de concretagem – 01/02 Norte, Brasília – DF. ....	78
Figura 4.4: Exemplo de desagregação – 07/08 Norte – Brasília, DF. ....	79

Figura 4.5: Exemplo de fissura – 05/06 Norte, Brasília – DF.....	80
Figura 4.6: Exemplo de Eflorescência – 13/14 Norte – Brasília, DF.....	81
Figura 4.7: Exemplo de corrosão das armaduras – 11/12 Norte – Brasília, DF.....	81
Figura 4.8: Exemplo de abrasão com exposição de armaduras – 11/12 Norte, Brasília – DF.	82
Figura 5.1: Elemento tabuleiro – Viaduto W – Quadra 01/02 .....	86
Figura 5.2: Elemento cortina central sul – Viaduto Central – Quadra 01/02.....	87
Figura 5.3: Elemento tabuleiro – Viaduto Central – Quadra 01/02 .....	87
Figura 5.4: Elemento tabuleiro – Viaduto L – Quadra 01/02.....	88
Figura 5.5: Elemento cortina central sul– Viaduto W – Quadra 03/04.....	90
Figura 5.6: Elemento tabuleiro – Viaduto Central – Quadra 03/04 .....	91
Figura 5.7: Elemento tabuleiro – Viaduto L – Quadra 03/04.....	92
Figura 5.8: Elemento tabuleiro – Viaduto W – Quadra 05/06 .....	93
Figura 5.9: Elemento guarda-rodas L – Viaduto Central – Quadra 05/06 .....	95
Figura 5.10: Elemento cortina central norte – Viaduto L – Quadra 05/06.....	96
Figura 5.11: Elemento tabuleiro – Viaduto W – Quadra 07/08 .....	97
Figura 5.12: Elemento cortina central norte – Viaduto Central – Quadra 07/08 .....	99
Figura 5.13: Elemento cortina central norte – Viaduto L – Quadra 07/08.....	100
Figura 5.14: Elemento guarda-rodas L – Viaduto W – Quadra 09/10 .....	102
Figura 5.15: Elemento cortina central sul – Viaduto Central – Quadra 09/10.....	103
Figura 5.16: Elemento cortina central sul - Viaduto L – Quadra 09/10.....	104
Figura 5.17: Elemento tabuleiro – Viaduto W – Quadra 11/12 .....	106
Figura 5.18: Elemento guarda-rodas L – Viaduto Central – Quadra 11/12 .....	107
Figura 5.19: Elemento guarda-rodas W – Viaduto Central – Quadra 11/12.....	107
Figura 5.20: Elemento tabuleiro – Viaduto Central – Quadra 11/12 .....	107
Figura 5.21: Elemento cortina central norte – Viaduto L – Quadra 11/12.....	109
Figura 5.22: Elemento tabuleiro – Viaduto L – Quadra 11/12.....	109
Figura 5.23: Elemento guarda-rodas L – Viaduto W – Quadra 13/14 .....	110
Figura 5.24: Elemento tabuleiro – Viaduto Central – Quadra 13/14 norte .....	111
Figura 5.25: Elemento cortina norte W – Viaduto L – Quadra 13/14.....	113
Figura 5.26: Elemento cortina central sul – Viaduto L – Quadra 13/14 .....	113
Figura 5.27: Elemento guarda-rodas W – Viaduto L – Quadra 13/14.....	113
Figura 5.28: Elemento tabuleiro – Viaduto W – Quadra 15/16 .....	115
Figura 5.29: Elemento tabuleiro – Viaduto Central – Quadra 15/16 .....	116

Figura 5.30: Elemento tabuleiro – Viaduto L – Quadra 15/16.....	117
Figura 5.31: Resultados obtidos com a Metodologia GDE/UnB .....	118
Figura 5.32: Resultados obtidos em Inspeção Preliminar .....	119
Figura 5.33: Percentual de viadutos enquadrados nos níveis de deterioração. ....	120
Figura 5.34: Percentual de viadutos W enquadrados nos níveis de deterioração. ....	121
Figura 5.35: Percentual de viadutos Centrais enquadrados nos níveis de deterioração. ....	121
Figura 5.36: Percentual de viadutos L enquadrados nos níveis de deterioração.....	122
Figura 5.37: Comparativo entre resultados de Santiago & Azevedo (2012) e Pavoni (2019). .....	123
Figura 1: Croquis dos desvios para construção do viaduto central 15/16 Norte (ARQUIVO PÚBLICO DE BRASÍLIA).....	168
Figura 2: Infraestrutura e corte longitudinal – viaduto central 15/16 Norte (ARQUIVO PÚBLICO DE BRASÍLIA).....	169
Figura 3: Cortes transversais e detalhe – viaduto central 15/16 Norte (ARQUIVO PÚBLICO DE BRASÍLIA).....	170
Figura 4: Armação de trecho de muro, cortinas e tabuleiros – viaduto central 15/16 Norte (ARQUIVO PÚBLICO DE BRASÍLIA).....	171
Figura 5: Armações dos muros – viaduto central 15/16 Norte (ARQUIVO PÚBLICO DE BRASÍLIA) .....	172
Figura 6: Panorama dos viadutos analisados pela localização nas entrequadradas do Eixo Rodoviário de Brasília.....	173
Figura 7: Exemplo A - cobertura deficiente com fator de intensidade 1 .....	174
Figura 8: Exemplo B - cobertura deficiente com fator de intensidade 1 .....	175
Figura 9: Exemplo A - cobertura deficiente com fator de intensidade 2 .....	175
Figura 10: Exemplo B - cobertura deficiente com fator de intensidade 2 .....	176
Figura 11: Exemplo C - cobertura deficiente com fator de intensidade 2 .....	176
Figura 12: Exemplo A - cobertura deficiente com fator de intensidade 3 .....	177
Figura 13: Exemplo B - cobertura deficiente com fator de intensidade 3 .....	177
Figura 14: Exemplo A - corrosão das armaduras com fator de intensidade 2 .....	178
Figura 15: Exemplo B - corrosão das armaduras com fator de intensidade 2.....	178
Figura 16: Exemplo C - corrosão das armaduras com fator de intensidade 2.....	179
Figura 17: Exemplo A - corrosão das armaduras com fator de intensidade 3 .....	179
Figura 18: Exemplo B - corrosão das armaduras com fator de intensidade 2.....	180



Figura 19: Exemplo C - corrosão das armaduras com fator de intensidade 3.....	180
Figura 20: Exemplo A - corrosão das armaduras com fator de intensidade 4 .....	181
Figura 21: Exemplo B - corrosão das armaduras com fator de intensidade 4.....	181
Figura 22: Exemplo C - corrosão das armaduras com fator de intensidade 4 (Fonte: <a href="http://www.axfiber.com.br">www.axfiber.com.br</a> ) .....	182
Figura 23: Exemplo A - desagregação com fator de intensidade 2.....	182
Figura 24: Exemplo B - desagregação com fator de intensidade 2.....	183
Figura 25: Exemplo A - desagregação com fator de intensidade 3.....	183
Figura 26: Exemplo A - desagregação com fator de intensidade 4 (Fonte: <a href="http://www.mapadaobra.com.br">www.mapadaobra.com.br</a> ) .....	184
Figura 27: Exemplo A - deslocamento com fator de intensidade 2 .....	184
Figura 28: Exemplo B - deslocamento com fator de intensidade 2.....	185
Figura 29: Exemplo A - deslocamento com fator de intensidade 3 .....	185
Figura 30: Exemplo B - deslocamento com fator de intensidade 3.....	186
Figura 31: Exemplo A - deslocamento com fator de intensidade 4 .....	186
Figura 32: Exemplo B - deslocamento com fator de intensidade 4.....	187
Figura 33: Exemplo A - eflorescência com fator de intensidade 1 .....	187
Figura 34: Exemplo B - eflorescência com fator de intensidade 1 .....	188
Figura 35: Exemplo A - eflorescência com fator de intensidade 2 .....	188
Figura 36: Exemplo B - eflorescência com fator de intensidade 2 .....	189
Figura 37: Exemplo A - eflorescência com fator de intensidade 2 .....	189
Figura 38: Exemplo B - eflorescência com fator de intensidade 3 .....	190
Figura 39: Exemplo A - eflorescência com fator de intensidade 4 .....	190
Figura 40: Exemplo B – eflorescência com fator de intensidade 4 (Fonte: <a href="http://www.ecivilnet.com">www.ecivilnet.com</a> ) .....	191
Figura 41: Exemplo A – falha de concretagem com fator de intensidade 1 .....	191
Figura 42: Exemplo A – falha de concretagem com fator de intensidade 2 .....	192
Figura 43: Exemplo A – falha de concretagem com fator de intensidade 3 .....	192
Figura 44: Exemplo A – falha de concretagem com fator de intensidade 4 (Fonte: <a href="http://www.ecivilengenharia.com">www.ecivilengenharia.com</a> ).....	193
Figura 45: Exemplo A – abrasão do concreto com fator de intensidade 2.....	193
Figura 46: Exemplo A – abrasão do concreto com fator de intensidade 3.....	194
Figura 47: Exemplo B – abrasão do concreto com fator de intensidade 3.....	194

Figura 48: Exemplo A – abrasão do concreto com fator de intensidade 4.....	195
Figura 49: Exemplo B – abrasão do concreto com fator de intensidade 4.....	195
Figura 50: Exemplo C – abrasão do concreto com fator de intensidade 4.....	196

## LISTA DE SÍMBOLOS

<i>Símbolo</i>	<b>Significado</b>
$FI$	Fator de intensidade do dano;
$FR$	Fator de relevância estrutural;
$FG$	Fator de gravidade do problema;
$GRE$	Grau de risco do elemento;
$GRF$	Grau de risco da família de elementos;
$n$	Número de elementos componente da família;
$\delta$	Coefficiente de majoração;
$LIM$	Valor do Grau de Risco do Elemento acima do qual um elemento está comprometido;
$m$	Número de elementos da família com $GRE > LIM$ ;
$GR$	Grau de risco da estrutura;
$k$	Número de famílias de elementos da obra;
$F_p$	Fator de ponderação;
$F_i$	Fator de intensidade do dano;
$D$	Grau do dano;
$G_{de}$	Grau de deterioração do elemento;
$m$	Número de danos detectados no elemento;
$D_i$	Grau do dano de ordem $i$ ;
$G_{df}$	Grau de deterioração da família de elementos;
$n$	Número de elementos componentes da família com $G_{de} \geq 15$ ;
$F_r$	Fator de relevância estrutural;
$G_d$	Grau de deterioração estrutural;
$D_{máx}$	Maior grau de dano;
$G_{demáx}$	Maior grau de deterioração do elemento;
$G_d^*$	Grau de deterioração da estrutura, considerando todos os valores de $G_{de}$

- $G_{df,i}$  Grau de deterioração da família de elementos de ordem  $i$ ;
- $K$  Produto do  $G_{df,i}$  pelo respectivo  $F_r$ ;
- $K_{máx}$  Maior  $K$ ;
- $G_{d,mod}$  Grau de deterioração da estrutura modificado;
- $G_{d,mod}^*$  Grau de deterioração da estrutura modificado, considerando todos os valores de  $G_{de}$ .

# 1. INTRODUÇÃO

Independente do modal utilizado para o transporte, a presença de viadutos é essencial para garantir um bom fluxo e funcionamento do sistema. Em função das especificidades de projeto para as dimensões e peculiaridades desse tipo de estrutura elas são reconhecidas como Obras de Arte Especiais – OAEs (DNIT, 2017). Exemplos dessa tipologia podem ser reconhecidos em pontes e viadutos.

Obras de Arte Especiais são, em geral, feitas de concreto como material base, sendo a forma construtiva um pouco variável em função da geometria e das condições de contorno de cada caso, isto é, variação de tecnologia entre concreto armado e protendido. A tecnologia de concreto como um todo é favorecida por permitir moldagem flexível de acordo com os desejos do projetista e utilizar matéria-prima com boa disponibilidade e custos razoáveis.

A capital do Brasil, Brasília, é uma região metropolitana internacionalmente reconhecida pela construção de edifícios, monumentos, pontes e viadutos que utilizam o concreto em suas mais diversas variações estruturais. Embora a cidade seja consideravelmente jovem, a falta de manutenção das estruturas vem levando a um grau de deterioração cada vez mais preocupante. Nos últimos anos, a preocupação aumentou em função da auditoria do Tribunal de Contas do Distrito Federal TCDF (2012) e de alguns acidentes ocasionados pelo rompimento de estruturas de edifícios com pouca manutenção, como o rompimento de cortina da garagem na SQN 210 e o desmoronamento de parte do viaduto sobre a Galeria dos Estados no Eixo Rodoviário.

Segundo o normativo técnico que fornece diretrizes para estruturas em concreto, ABNT NBR 6118:2014, requisitos de segurança, de durabilidade e de funcionamento devem ser atendidos para que a qualidade seja garantida à estrutura. No decorrer da utilização da estrutura é natural que haja degradação, variável em função da região onde a obra está edificada, das condicionantes de execução, do projeto e até das interferências ao longo do tempo. Dessa maneira, é extremamente relevante o acompanhamento da condição das estruturas e a consequente ação de manutenção para a garantir a vida útil dos elementos estruturais.

Quando as estruturas são monitoradas, a correção de eventuais problemas se torna mais barata, há maior possibilidade de prevenção de novos danos e a segurança é garantida. Nesse sentido, métodos avaliativos são desenvolvidos e aplicados recorrentemente por pesquisadores para

verificação da condição das estruturas, bem como para fomentar proposição de planos de manutenção para as mesmas.

A metodologia GDE/UnB é um dos métodos utilizados no Brasil para verificação desses condicionantes nas estruturas. A mesma faz uso de formulações para análise do grau de deterioração estrutural da obra, além de permitir a avaliação de elementos menores da estrutura, conforme a mesma seja dividida. A metodologia também permite a determinação de prazos para as próximas intervenções de manutenção, sua aplicação rotineira é essencial para a garantia da qualidade das estruturas, diminuindo drasticamente os acidentes gerados pela evolução de patologias que levam à perda da capacidade resistente das peças e, em último estágio, ao colapso parcial ou total da estrutura.

## **1.1. MOTIVAÇÃO**

A cidade de Brasília está próxima do seu 60º aniversário, trata-se de cidade moderna inaugurada no início da década de 1960 que desde sua concepção já era considerada em uma referência urbanística e arquitetônica. Com apenas 27 anos de idade foi reconhecida pela UNESCO como Patrimônio Cultural da Humanidade, sendo a cidade mais jovem – a primeira construída após o século XIX – a ser presenteada com tal honraria. Tal reconhecimento atribuído à Brasília advém do desenho urbanístico de Lúcio Costa, das concepções arquitetônicas de Oscar Niemeyer e dos arrojados cálculos estruturais de Joaquim Cardozo, entre outros profissionais reconhecidos que fizeram parte dessa história. Embora todo esse apreço pela capital brasileira, observa-se o aparente descaso perante à conservação e à proteção das estruturas da cidade em função do estado geral de deterioração apresentado pela maioria delas.

Cuidar do patrimônio de uma cidade pressupõe realizar a manutenção estrutural de pontes, edifícios, viadutos, igrejas e monumentos. No início de 2018, a população de Brasília foi surpreendida pelo desabamento de um dos viadutos do Eixo Rodoviário Central de Brasília. Embora não tenham havido mortes, o prejuízo foi alto. Após sua reconstrução, o viaduto foi liberado novamente para uso no dia 04 de junho de 2019, tendo o período de interdição abalado fortemente a mobilidade na região central da capital do país. A Universidade de Brasília teve a oportunidade de trabalhar com o caso e averiguou que o acidente foi ocasionado por alguns fatores como: submissão aos agentes deletérios do ambiente – principalmente infiltração de água e consequente corrosão de armaduras através de fissuras presentes na estrutura. Tais

fatores levaram à degradação crítica e ao consequente desabamento do dia 6 de fevereiro de 2018 (UNB, 2018). Tal relato ressalta a importância da manutenção preventiva com inspeções periódicas nos elementos estruturais urbanos.

Historicamente, a ocorrência de acidentes leva a humanidade à mudança de postura e a tomada de decisão de modo a evitar novos erros provenientes de causas similares. Como a capital de Brasília é repleta de Obras de Arte Especiais, torna-se relevante analisar as condições de tais estruturas. Seguindo o trabalho de Lauria (2018), que analisou os viadutos do Eixo Rodoviário Sul, o presente trabalho propõe a avaliação dos viadutos do Eixo Rodoviário Norte, isto é, as OAEs que ligam as quadras 100 e 200 do plano piloto sem interferir com o fluxo nos eixos da capital – Eixo W, Eixo L e Eixo Rodoviário. A avaliação dos viadutos tem por base a metodologia proposta por Castro (1994) e atualizada nos últimos 25 anos por pesquisadores da Universidade de Brasília. Dessa forma, a constatação do estado das estruturas da cidade evoca o espírito de zelo dos gestores públicos, tornando evidente a importância da manutenção para evitar acidentes futuros oriundos de queda de desempenho estrutural nos elementos de concreto.

## **1.2. JUSTIFICATIVA**

Qualquer estrutura executada em concreto, seja ele armado ou protendido, pressupõe a ocorrência de intervenções de manutenção ao longo da vida útil da obra, de modo a acompanhar o desempenho e a condição da estrutura frente às solicitações de serviço que atuam sobre ela. O aparente descaso frente ao acompanhamento e à manutenção das estruturas de concreto de Brasília, essencialmente as Obras de Arte Especiais, é alarmante. Nesse sentido, propõe-se a criação e a manutenção de um banco de dados que possa servir de subsídio para proposição de plano de manutenção de tais OAEs. Este trabalho apresenta o levantamento da condição dos viadutos do Eixo Rodoviário Norte e pode servir para agregar o banco de dados que, posteriormente será útil na criação do plano de manutenção para os referidos viadutos.

## **1.3. OBJETIVOS**

### **1.3.1. Objetivos gerais**

Aplicação da metodologia GDE/UnB nos viadutos do Eixo Rodoviário Norte de Brasília, compondo os viadutos do Eixo W, Eixo L e Eixo Rodoviário de cada entrequadra, totalizando

24 OAEs. Analisar os resultados obtidos e verificar o grau de deterioração estrutural de cada um dos viadutos estudados.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

Realizar inspeção preliminar nos viadutos delimitados e comparar análise preliminar com o resultado final oriundo da metodologia GDE/UnB;

Desenvolver manual de cálculo, diretriz de avaliação e catálogo de danos para avaliação de Obras de Arte Especiais utilizando a metodologia GDE/UnB;

Promover ajustes necessários para a metodologia, de modo a torná-la mais eficiente para as Obras de Arte Especiais analisadas;

Promover equalização e conseqüente comparação entre os resultados de Santiago & Azevedo (2012) e os obtidos no presente estudo.

## **1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO**

O trabalho está dividido em 8 capítulos.

O Capítulo 1 tem a importância de introduzir o leitor na temática que será abordada no decorrer do trabalho.

O Capítulo 2 retoma os trabalhos de embasamento e aplicação da metodologia GDE/UnB, consistindo na revisão bibliográfica deste trabalho, sendo sua relevância fundamental para situar o estudo temporalmente ao desenvolvimento, à aplicação, aos resultados e às modificações já realizadas no método de análise até o presente.

O Capítulo 3 detalha o método utilizado na aplicação da metodologia GDE/UnB nos viadutos do Eixo Rodoviário Norte, tratando especificamente das modificações e das implementações necessárias. Demonstra também a metodologia simplificada de análise e inspeção preliminar para determinação dos viadutos avaliados na primeira etapa do trabalho. Além disso, conta com um manual de cálculo para a metodologia GDE/UnB seguido de exemplo de aplicação..

O Capítulo 4 apresenta o catálogo de danos desenvolvido para análise pela metodologia GDE/UnB em obras de Arte Especiais. O mesmo descreve e ilustra os danos mais comuns nas OAEs analisadas.



O Capítulo 5 apresenta os resultados alcançados com a aplicação completa da metodologia GDE/UnB nos viadutos e reporta os principais danos flagrados.

O Capítulo 6 contempla as conclusões sobre o trabalho além de sugerir algumas temáticas para trabalhos futuros.

As referências bibliográficas são listadas em capítulo a parte.

Em seguida, os anexos pertinentes ao trabalho são documentados: fichas de inspeção, tabelas de análise, resultados completos, projetos dos viadutos do arquivo público de Brasília, mapa esquemático dos viadutos analisados no Plano Piloto e diretriz para avaliação de fatores de intensidade.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. PESQUISAS EM DESTAQUE PARA O TEMA

Dentre as pesquisas selecionadas e revisadas para estudo e embasamento do presente trabalho, algumas se destacam em função de consistirem histórico relevante do desenvolvimento da metodologia aplicada, da sua aplicabilidade direta com o tema desenvolvido ou por já terem avaliado as mesmas OAEs.

#### 2.1.1. KLEIN *et. al* (1991)

O trabalho consiste na criação de uma metodologia que vise a objetividade e a padronização para execução de vistorias em Obras de Arte Especiais em concreto armado, permitindo classificação em função do grau de risco estrutural – calculado com base em parâmetros a serem expostos. O objetivo é desenvolver um resultado que permita priorizar operações de manutenção com caráter mais imediato, além de promover a atuação em frentes de manutenção periódica.

A metodologia de Klein *et. al.* (1991) se inicia com uma inspeção visual da estrutura, catalogando as patologias observadas ao longo da obra analisada. A obra é particionada em famílias de elementos componentes. Para o caso de Obras de Arte Especiais, Klein *et. al* (1991) define as seguintes famílias:

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

Cada família proposta agrega uma listagem com possíveis manifestações de patologia para guiar a vistoria presencial e permitir atribuir notas a cada tipo de manifestação em função da intensidade de apresentação. A nota é dada como um fator de intensidade do dano (*FI*), variando de 0 a 4 na escala definida pelos autores:

- 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  $FI = 4$

Além disso, uma escala de importância estrutural é definida – variando de 1 a 5 – entre as famílias de elementos com base no fator de relevância estrutural ( $FR$ ). Em OAEs, a metodologia define o fator crescente na ordem das famílias: Instalações diversas < Encontros < Instalações pluviais e pavimento < Juntas de dilatação e aparelhos de apoio < Pilares, vigas e tabuleiros.

O fator de gravidade do problema ( $FG$ ) é definido por nota que varia entre 0 e 10, revelando o nível de comprometimento estrutural causado pelo dano ocorrido em um elemento singular. Tal fator de gravidade em conjunto com o  $FI$  formulam a seguinte expressão que permite avaliação do grau de risco do elemento ( $GRE$ ):

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

O somatório apresentado representa a conjuntura de análise dos danos coletados no mesmo elemento estrutural. Sequencialmente, é definido o grau de risco da família de elementos ( $GRF$ ), sendo o mesmo função do  $GRE$  conforme é apresentado:

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

Sendo,

$n$  o número de elementos componentes da família;

$\delta$  o coeficiente de majoração.

O coeficiente de majoração tem o papel de ressaltar a influência do elemento em estado mais crítico na família, aumentando a sua influência no cálculo do  $GRF$ . A dependência do coeficiente de majoração é feita com o  $GRE$  do elemento em análise em função do que Klein *et al* (1991) apresenta:

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

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

Sendo,

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

$LIM$  o valor do  $GRE$  acima do qual um elemento está comprometido.

Tem-se disponível alguns valores  $LIM$  para elementos de Obras de Arte Especiais com base em Klein *et. al.* (1991):

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

Finalmente, a metodologia de Klein *et al* (1991) permite o cálculo do grau de risco da estrutura ( $GR$ ):

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

Sendo,

$k$  o número de famílias de elementos da obra.

A partir da quantificação do valor de  $GR$  pode-se classificar a estrutura analisada com base na escala definida por Klein *et. al* (1991), conforme a *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

### **2.1.2. CASTRO (1994)**

O trabalho desenvolvido por Castro (1994), em caráter de dissertação de mestrado na Universidade de Brasília, permitiu o desenvolvimento da metodologia GDE/UnB. O estudo desenvolvido ressalta a importância da implantação de programas de manutenção periódica em estruturas de concreto armado para garantia de durabilidade e cumprimento de vida útil prevista para a estrutura. Isso a partir da quantificação do grau de deterioração estrutural, possível com a aplicação da metodologia GDE/UnB.

A metodologia desenvolvida por Castro (1994) consiste em um desdobramento dos princípios da metodologia proposta por Klein *et. al* (1991). Algumas adaptações foram necessárias de modo a tornar a metodologia mais ampla e aplicável a outros tipos de estruturas que não só obras de arte especiais, além de quantificar um grau de deterioração que considerasse de maneira mais explícita e objetiva os parâmetros considerados na degradação da estrutura e os possíveis agentes agressivos presentes. Tais adaptações feitas na metodologia original permitem quantificar a evolução dos danos ao longo da vida útil da estrutura.

A análise da metodologia é feita com base em inspeções periódicas nas estruturas com o preenchimento de cadernos de inspeção por engenheiros e técnicos especializados e seguinte implementação dos dados em sistema computacional de pequeno porte facilmente programável, de modo a aplicar as formulações propostas na metodologia e permitir a verificação dos elementos isolados da estrutura, assim como da estrutura como um todo. O fluxograma proposto para a metodologia GDE/UnB por Castro (1994) foi reeditado na *Figura 2.1* detalhada na sequência e apresenta a evolução qualitativa do procedimento adotado durante a aplicação da metodologia.

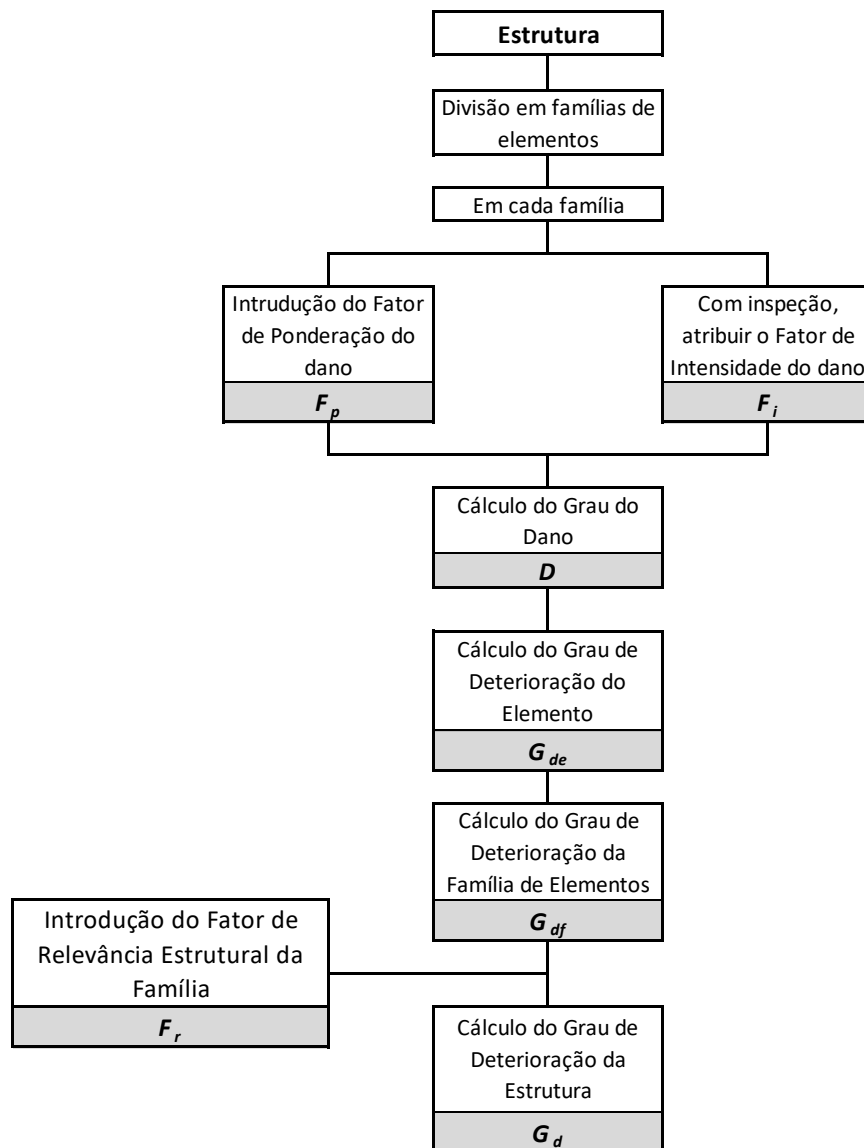


Figura 2.1: Fluxograma da metodologia GDE/UnB (CASTRO, 1994)

As edificações em foco para inspeção podem ser particionadas, tomando como medida de separação as características estruturais dos elementos, em grupos denominados famílias de elementos a serem inspecionados. Em edificações de concreto armado convencionais, Castro (1994) define as famílias seguintes:

- Pilares
- Vigas
- Lajes
- Cortinas
- Escadas e rampas
- Reservatório superior e inferior

- Blocos
- Juntas de dilatação
- Elementos de composição arquitetônica

A metodologia estabelece que as famílias podem ser divididas de forma diferenciada ou até mesmo novas famílias podem ser adicionadas em função das particularidades da estrutura ou em função do interesse da avaliação estrutural.

Cada família detém uma matriz com possíveis manifestações de danos. Cada possibilidade de manifestação acompanha um valor de Fator de Ponderação do Dano ( $F_p$ ) com o objetivo de quantificar a relevância de um determinado dano em função dos quesitos de estética, funcionalidade e segurança. É importante ressaltar que uma mesma manifestação de dano pode ter fatores de ponderação diferenciados em função das características da família de origem do dano. A explicação para isso é justamente a consequência variável que o mesmo dano pode causar a depender de onde ele está inserido. A *Tabela 2-2* apresenta as principais matrizes de famílias com os respectivos danos e fatores de ponderação.

Tabela 2-2: Famílias, danos e fatores de ponderação respectivos (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 a inspeção visual, o responsável técnico deve atribuir Fator de Intensidade do Dano ( $F_i$ ), classificando assim a gravidade do dano. Castro (1994) prescreve 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  $F_i = 4$

Como essa escala pode tornar-se demasiadamente subjetiva, Castro (1994) propõe uma tabela com exemplificações de classificação dos danos com seus respectivos fatores de intensidade para guiar o profissional inspetor e permitir uma análise mais objetiva. Na *Tabela 2-3* é apresentada uma seleção dessas informações à título de exemplo.

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 esfrelamento 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 fase seguinte da metodologia diz respeito ao Grau do Dano ( $D$ ), fator introduzido na metodologia para quantificar a manifestação de cada dano no elemento. Esse fator tem por base o modelo de evolução da deterioração do concreto no tempo, apresentado por Tuutti (1982). O grau de dano é influenciado pelo fator de ponderação –  $F_p$  – e o fator de intensidade –  $F_i$ .



Com característica análoga ao modelo de Tuutti (1982), a proposição da formulação do grau do dano ( $D$ ) de Castro (1994) pode ser visualizada na *Figura 2.2* a seguir, considerando  $F_p = 10$ . É possível observar que os valores de fator de intensidade variam de 0 a 4 e que há mudança de inflexão no valor de 2,5. Ademais o valor máximo de  $D=100$  é definido.

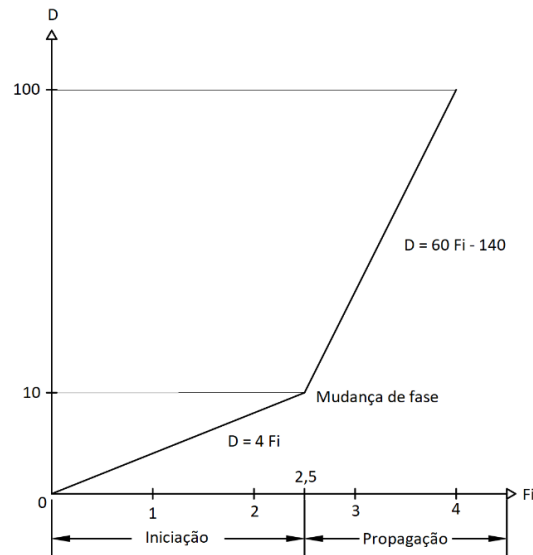


Figura 2.2: Formulação do Grau de dano de Castro,1994 (LAURIA, 2018)

A divisão no cálculo do grau do dano procura dividir a fase de iniciação da fase de propagação. Na fase de iniciação não deve haver sinais de comprometimento ou necessidade de intervenção imediata naquele elemento por consequência de sucessivos ajustes na aplicação do modelo a casos reais, segundo Castro (1994). Já na fase de propagação, os danos são propagados de maneira mais célere, exigindo intervenção imediata para correção. É importante salientar que caso a intervenção seja feita nas proximidades da mudança de fase, pode-se atingir economia de recursos na correção dos problemas. Sendo assim, o valor do grau do dano pode ser calculado segundo as equações a seguir.

Equação 2.6

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

Equação 2.7

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

Tendo por base o exposto até então, o cálculo do Grau de Deterioração de um Elemento ( $G_{de}$ ) já pode ser elucidado nas expressões seguintes como dependente dos respectivos danos associados e da quantidade de danos detectados no mesmo elemento:

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

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

Sendo,

$m$  o número de danos detectados no elemento;

$D_i$  o grau do dano de ordem (i).

A justificativa para a formulação é permitir considerar uma correta interferência entre os danos do elemento. Para o equacionamento proposto, no caso de até dois danos, prevalece o detentor de maior grau de dano. Já quando a quantidade de danos é superior a dois, a influência da superposição de danos é considerada na soma do maior dano com a média dos demais. A partir da quantificação do Grau de Deterioração de um Elemento, é possível classificar os elementos analisados quanto ao nível de deterioração (CASTRO, 1994), segundo exposto na *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

Na sequência a metodologia apresenta o Grau de Deterioração de uma Família de Elementos ( $G_{df}$ ), calculado como a média aritmética entre os graus de deterioração dos elementos componentes da família. Entretanto, o parâmetro proposto por Castro (1994) evidencia que os elementos mais danificados são apenas os considerados no cálculo os valores de  $G_{de} \geq 15$ , de modo a evidenciar no cálculo os elementos com maior nível de comprometimento, considerando assim que tais valores maiores que 15 detêm maior influência no grau de deterioração da família e conseqüentemente devem ser preponderantes no momento da análise do momento mais propício para intervenção de manutenção. Caso a família apresente apenas em seus elementos valores de  $G_{de} < 15$ , o valor do parâmetro de grau de deterioração da família deve ser  $G_{df} = 0$ .

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

Sendo,

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

Cada família de elementos em análise deve possuir um fator de relevância estrutural ( $F_r$ ) de modo a considerar a importância relativa das diversas famílias de elementos no conjunto no qual a obra é particionada (CASTRO, 1994). A metodologia GDE/UnB prescreve que o fator de relevância é dependente direto da tipologia da estrutura, entretanto aponta os seguintes fatores de relevância para elementos usuais de concreto armado:

- 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  $F_r = 5,0$

Finalmente, o parâmetro final de análise é definido como o Grau de Deterioração da Estrutura ( $G_d$ ) composto pelo conjunto de famílias de elementos que compõem a estrutura e segue a formulação proposta anteriormente por Klein *et. al* (1991):

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

Sendo,

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

Com a obtenção do Grau de Deterioração da Estrutura, Castro (1994) apresenta uma classificação para a estrutura analisada à nível global. A *Tabela 2-5*, a seguir, apresenta a classificação que sugere intervenções a médio e curto prazo, com a intenção de promover a manutenção corretiva e preventiva adequada para a estrutura.

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 ferramenta de análise, deve ser entendida como um resultado global da estrutura, não excluindo a possibilidade de danos isolados em estruturas globalmente boas precisarem de intervenção imediata (CASTRO, 1994).

### 2.1.3. SANTIAGO & AZEVEDO (2012)

O trabalho teve como objeto a avaliação dos viadutos do Eixo Rodoviário Norte de Brasília, os mesmos analisados pelo presente trabalho. Será, portanto, utilizado como referência na análise dos resultados, permitindo algumas comparações entre os resultados obtidos em 2012 e em 2019.

A análise feita por Santiago & Azevedo (2012) é baseada na metodologia GDE/UnB com a adaptação para aplicação em Obras de Arte Especiais segundo o disposto por Euqueres (2011), pontos que serão apresentados posteriormente.

Do ponto de vista metodológico, os autores apresentam modificação nos fatores de ponderação considerando o elemento pista de rolamento. Anteriormente o valor praticado era de  $F_p = 5$ , valor máximo para esse tipo de fator, para qualquer dano encontrado no elemento. Segundo Santiago & Azevedo (2012), as consequências para os danos no elemento pista de rolamento não eram demasiadamente preocupantes à ponto de valer nota máxima do fator de ponderação. Assim, a proposta apresentada pelo referido trabalho para ponderação no elemento pista de rolamento é o que segue abaixo:

Danos:

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

Para aplicação da metodologia GDE/UnB, 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.

Para o cálculo do grau de deterioração foi utilizado apenas valores de  $G_{de} \geq 15$ , conforme metodologia original de Castro (1994). Tal prática levou a resultados de grau de deterioração nulo para viadutos avaliados com pequenos danos em função dos fatores de intensidade estipulados, fato que sugere que viadutos pouco danificados sejam avaliados como completamente intactos. A mesma consideração fez com que alguns viadutos não tivessem grau de deterioração diminuído em função de elementos pouco expressivos no quesito danificados. O resumo dos resultados alcançados está disponível na *Tabela 2-6* a seguir, que será retomado no capítulo 5 do presente trabalho a título comparativo.

Tabela 2-6: Resultados da aplicação da metodologia GDE/UnB – Eixo Rodoviário Norte (SANTIAGO & AZEVEDO, 2012)

Quadra	Viaduto	G <sub>d</sub>	Nível de Deterioração	Quadra	Viaduto	G <sub>d</sub>	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

De forma geral, Santiago & Azevedo (2012) considerou que a metodologia GDE/UnB foi capaz de representar o verdadeiro estado (classificação variável de baixo a alto para nível de deterioração) dos viadutos do Eixo Rodoviário Norte de Brasília, entendendo que os casos de grau de deterioração nulo em função da consideração apenas de graus de deterioração de elementos maiores que 15, porém a classificação dos mesmos continua sendo de nível de deterioração baixo, o que é apresentado como razoável.

Santiago & Azevedo (2012) relataram que, na maior parte dos casos, as barreiras de defesa obtiveram piores resultados, com grande número de danos e fatores de intensidade elevados. Já o elemento de pista de rolamento obteve melhores resultados. Como conclusão, o panorama geral dos viadutos foi considerado melhor do que o esperado, tendo em vista a falta de manutenção.

#### 2.1.4. LAURIA (2018)

O trabalho consiste na aplicação da metodologia GDE/UnB, considerando as últimas modificações, na avaliação de todos os viadutos das entrequadras que contemplam o Eixo Rodoviário Sul da cidade de Brasília, sendo os viadutos subdivididos entre as pistas do Eixo W, Eixo Central e Eixo L totalizando 24 viadutos.

Cabe ressaltar algumas considerações propostas por Lauria (2018): inspeções de caráter visual, não levaram em conta os danos de carbonatação do concreto e de contaminação por cloretos elencados nas fichas do Manual de Aplicação da Metodologia GDE/UnB para OAEs, de

VERLY (2015). Para tanto, seria necessário utilizar amostras e ensaios de laboratório específicos.

Lauria (2018) propôs a adição da abrasão do concreto na ficha de inspeção, retratando dano causado pelo arrasto de elemento externo móvel contra a estrutura. Um exemplo desse dano é o causado pelo abalo de um carro ao colidir em com algum elemento estrutural ou até mesmo o arrasto no tabuleiro de veículo mais alto que o máximo permitido pela OAEs. A motivação para adição desse dano se deve a observância da recorrência do mesmo nos viadutos analisados no trabalho. Com o funcionamento dos viadutos com fluxo elevado de veículos com altura superior ao gabarito do viaduto, arrasto e desgaste foram gerados oriundos do dano intitulado.

Com o intuito de caracterizar o dano na metodologia, um fator de ponderação e fatores de influência foram atribuídos em função do comprometimento dos seguintes aspectos: estética, funcionalidade, segurança e gravidade da manifestação na estrutura. O fator de ponderação atribuído foi  $F_p = 3$  por considerar que a ocorrência do dano diminui a cobertura de concreto da estrutura, fragilizando-a. Lauria (2018) define os fatores de intensidade para o dano de abrasão conforme abaixo:

- 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 divisão de famílias e definição dos respectivos fatores de relevância nas OAEs consideradas no trabalho, Lauria (2018) se baseou em inspeções visuais e em consultas à projetos do Arquivo Público de Brasília de modo a propor o seguinte:

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

Com a intenção de obter maior detalhamento na análise, algumas famílias foram subdivididas. A família de guarda rodas ganhou denominação L, W ou C em função da direção cardeal leste, oeste ou central ao viaduto. A família de cortina foi dividida segundo duas direções cardeais,

norte ou sul e L ou W. A cortina central, analisada em separado em função de juntas de dilatação propostas nos projetos do arquivo público, foi dividida entre cortina central norte e sul para cada viaduto.

O estudo seguiu o Manual de Aplicação da Metodologia GDE/UnB a Obras de Arte Especiais proposto por Verly (2015), seguindo as formulações propostas no material para cálculo do grau de deterioração estrutural, avaliado para dois casos, considerando e não considerando os valores de  $G_{de}$  menores que 15 no cálculo do grau de deterioração da família –  $G_{df}$ . Segue abaixo, na Tabela 2-7, o resumo dos resultados alcançados com o trabalho para os 24 viadutos analisados por Lauria (2018).

Tabela 2-7: 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



Os resultados enunciam os valores de  $G_d^*$  e  $G_d$ , o primeiro levando em conta apenas os graus de deterioração de elemento maiores que 15 e o segundo considerando todos os valores. A conclusão de Lauria (2018) para o estudo foi que não houve grandes distorções entre os dois resultados. De tal forma, o resultado considerado foi o que leva todos os valores de  $G_{de}$  na formulação. Assim, 21% dos viadutos foram classificados em estado sofrível, recomendando-se intervenção em no máximo 6 meses, outros 29% encontravam-se com nível de deterioração alto, com recomendação de intervenção em 1 ano, no máximo, e os 50% restantes obtiveram classificação média de deterioração, permitindo manutenção em até dois anos. O resultado geral foi considerado satisfatório, podendo ser utilizado como base para tomadas de decisão e planos de manutenção para as obras analisadas.

## **2.2. PESQUISAS RELACIONADAS AO TEMA**

O desenvolvimento de metodologias consistentes e bem consolidadas, assim como a observação de aplicações anteriores das mesmas, é essencial na avaliação de estruturas com o intuito de evitar que a inspeção de patologias e, por conseguinte, a análise de deterioração estrutural seja demasiadamente subjetiva. Nesse sentido, seguem as revisões realizadas na bibliografia técnica disponível.

### **2.2.1. ANDRADE (1997)**

O trabalho contempla um levantamento de inspeções contínuo e a formação de banco de dados da condição de edifícios no estado de Pernambuco entre os anos de 1978 e 1996. Dentre os edifícios vistoriados, um foi selecionado para aplicação da metodologia GDE/UnB: um edifício residencial e que apresentava manifestações patológica característica do concreto armado.

No edifício selecionado, a vistoria técnica foi realizada apenas em pilares, vigas da garagem e fachada, além de aparelhos de apoio da garagem, em função da dificuldade de acesso aos demais elementos estruturais situados no interior dos apartamentos. No total, 44 elementos foram inspecionados, sendo 18 pilares, 16 vigas e 10 aparelhos de apoio. Com a aplicação da metodologia de Castro (1994), o edifício foi classificado com grau de deterioração estrutural crítico, indicando necessidade imediata de intervenção para reestabelecimento da funcionalidade e da segurança. A *Tabela 2-8* dispõe os resultados obtidos por Andrade (1997) na estrutura inspecionada:

Tabela 2-8: Resultados obtidos (ANDRADE, 1997)

<b>Família de elementos</b>	<b>G<sub>df</sub></b>	<b>F<sub>r</sub></b>	<b>G<sub>df</sub> · F<sub>r</sub></b>
Pilar	109,48	5	547,4
Viga	67,12	5	335,63
Aparelho de apoio	112,39	4	449,56
	<b>Total</b>	14	1332,59
		<b>G<sub>d</sub>=</b>	95,2

Os principais motivos apontados pelo autor para a situação da edificação são: a falta de controle de qualidade na execução da obra, no que se refere a materiais e a mão de obra, bem como a algumas falhas na concepção de projeto, não desmerecendo a grande influência, também presente, da falta de manutenção preventiva da estrutura. Sendo o ambiente da região característico de altas temperaturas e umidade, condição ambiental agressiva ao concreto armado. As práticas de manutenção deveriam ser obrigatórias para continuidade das condições de serviço e vida útil da obra

### 2.2.2. LOPES (1998)

O trabalho fez uso da metodologia GDE/UnB de modo a complementar o sistema de vistoria técnica predial praticado pelo Banco do Brasil S.A, formando um banco de dados do sistema SISCOP. A seguir são elencadas as principais alterações e abordagens feitas na metodologia original proposta por Castro (1994).

A pesquisa de Lopes (1998) verificou a condição de seis prédios comerciais de propriedade do Banco do Brasil S.A. na época. Os edifícios estavam localizados nas cidades de Porto Alegre, Santo Amaro, Rio de Janeiro (dois edifícios), Salvador e Brasília. Antes que a metodologia fosse utilizada, o autor propôs algumas modificações com o intuito de aumentar a abrangência do método e visando facilitar a aplicação.

Uma das modificações foi a retirada da família de juntas de dilatação. Considerou-se que seu uso como família era indevido, podendo levar a erros de inspeção, já que as juntas ocorrem nas adjacências de componentes estruturais que, por sua vez, consistem em famílias, tais como

pilares, vigas e lajes. Dessa forma, a avaliação das juntas passou a constar na metodologia como danos referentes a juntas.

A relação de danos também foi alterada nos quesitos antes identificados como recalques e deslocamentos da estrutura, unificando-os em recalque/deslocamento. O dano de corrosão era denominado mancha de corrosão originalmente, a alteração para corrosão foi proposta para englobar todos os estágios da corrosão propriamente dita. Alguns danos foram acrescentados: deformação lenta/fluência, sobrecarga, agressão ambiental e junção de elementos. Tendo em vista as modificações realizadas, fez-se necessária a apresentação de revisões e proposições para fatores de ponderação ( $F_p$ ). A Tabela 2-9, a seguir, relaciona os fatores de ponderação propostos por Lopes (1998).

Tabela 2-9: 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
Cobrimento 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

Outra vertente de alteração proposta por Lopes (1998) diz respeito ao 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 no crescimento da deterioração do elemento quando novos danos são evidenciados. O autor propõe nova formulação para corrigir a referida disfunção:

$$G_{de} = D_{m\acute{a}x} \cdot \left( 1 + \frac{\sum_{i=1}^m D_{(i)} - D_{m\acute{a}x}}{\sum_{i=1}^m D_{(i)}} \right) \quad \text{Equa\c{c}\~{a}o 2.12}$$

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.

Tal expressão possui a mesma tendência máxima de valor próximo  200, assim como o equacionamento original da metodologia GDE/UnB. Entretanto, permite um crescimento mais gradual do grau de deteriorao do elemento independentemente do número de danos, não atingindo o valor máximo com apenas três danos de máximo valor como anteriormente se observava.

Lopes (1998) recomenda a realizao de alguns ensaios durante a inspeo, haja vista que algumas avaliaes dependem de investigao mais minuciosa da estrutura avaliada. Cobrimento de armaes, profundidade de carbonatao e presença de cloretos foram os danos citados como dependentes da realizao de ensaios de laboratório.

Foi feito um breve levantamento de área bem como realizao dos métodos e análise de resultados para cada uma das seis edificaes avaliadas. Os resultados, listados a seguir na *Tabela 2-10*, apresentam níveis variando de médio  crítico para a avaliao de deteriorao estrutural.

Tabela 2-10: Resultados apresentados para os edifícios inspecionados (LOPES, 1998)

Prédio (UF)	RS	SP	RJ i	RJ ii	BA	DF
rea construída (m <sup>2</sup> )	11.399	31.090	56.679	10.966	27.577	24.979
ndice de degradao	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 deteriorao da estrutura	48	39	59	42	120	50
Nível de deteriorao da estrutura	Alto	Médio	Alto	Alto	Crítico	Alto

Os resultados apresentados após a aplicao da metodologia alterada, segundo proposies de Lopes (1998), demonstraram maior eficiência na avaliao dos edifícios por caracterizar os

elementos corretamente e recomendar, com embasamento, ações e planos de manutenção para garantia do desempenho e da funcionalidade.

### **2.2.3. BOLDO (2002)**

O trabalho consistiu na avaliação da deterioração estrutural, utilizando a metodologia de Castro (1994), em 40 edificações cuja propriedade é do exército brasileiro, nos mais variados órgãos de execução de obras militares ao redor do país. As inspeções foram feitas por técnicos dos órgãos do exército sob supervisão do autor da dissertação. O panorama geral do estado das edificações em concreto armado avaliadas foi positivo. O resultado pode comprovar o potencial da metodologia aplicada e mostrar que a situação dos prédios do exército brasileiro é favorável em relação à deterioração estrutural.

Durante o desenvolvimento do trabalho surgiram alguns questionamentos sobre a metodologia GDE/UnB que levaram ao aperfeiçoamento de alguns pontos. O nome dado originalmente ao “Caderno de Inspeção para Estruturas de Concreto” foi alterado para “Roteiro de Inspeção para Estruturas de Concreto”, de modo a reforçar a importância do uso rigoroso desse documento durante as inspeções. Assim, algumas modificações no roteiro foram sugeridas com a intenção de incrementá-lo com informações suficientes que permitissem execução das vistorias sem consultas a outros documentos.

Os conceitos e as definições normativas referentes aos danos analisados e respectivos fatores de intensidade foram agregados ao roteiro. Também foram incluídas imagens ilustrativas das manifestações dos danos, com respectivos fatores de intensidade, para melhor identificação e caracterização das patologias, especialmente para uso dos técnicos sem experiência na aplicação da metodologia. Nos elementos de vigas e escadas/rampas houve acréscimo do dano de sinal de esmagamento com fator de ponderação de 8 e nos elementos de blocos de fundação e elementos de composição arquitetônica o fator de ponderação atribuído foi de 10.

Na planilha relativa aos elementos de lajes, o dano de eflorescência teve fator de ponderação incrementado para 5 (originalmente era 3) de modo a refletir a sua importância. No elemento junta de dilatação, apenas dois danos passaram a ser considerados: infiltração e obstrução da junta, ambos com máximo fator de ponderação ( $F_p = 10$ ). O dano de ligação deficiente à estrutura foi retirado da metodologia.

Em relação ao dano manchas, o mesmo passou a incorporar três fatores de intensidade distintos, atribuídos em função do percentual de área visível manchada no elemento estrutural, que permitiu uma análise mais apurada. Além disso, o fator de relevância estrutural empregado para o elemento de junta de dilatação passou a ser igual a 3.

Com relação às formulações propostas na metodologia GDE/UnB, o cálculo do grau de deterioração do elemento adotado foi o mesmo adotado por Lopes (1998), que propôs alteração em seu trabalho. Em sequência ao cálculo do grau de deterioração do elemento, o grau de deterioração da família foi alterado por Boldo (2002) de modo a seguir os mesmos princípios da proposição de alteração de Lopes (1998), que visava ressaltar a importância do elemento em piores condições, promovendo resultado mais realista. Tomou-se por base apenas os elementos com grau de deterioração do elemento maior ou igual a 15, lembrando que caso todos resultassem menor que 15, o grau de deterioração da família seria igual a 0. A formulação proposta por Boldo (2002) para o cálculo do grau de deterioração da família é o que segue:

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

Sendo,

$m$  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  $G_{de} \geq 15$ .

Baseando-se em trabalhos anteriores, Boldo (2002) define a periodicidade de inspeções para um ano após a entrega da obra, três anos e cinco anos, levando em conta os custos dos reparos de 35%, 65% e 82%, respectivamente, em relação ao valor da obra.

Outro aspecto alterado por Boldo (2002) foi a classificação dos níveis de deterioração de elementos e da estrutura, com o objetivo de identificar as ações a serem desenvolvidas. A *Tabelas 2-11* apresenta a classificação proposta para os graus de deterioração de elemento.

Tabela 2-11: 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.

A *Tabelas 2-12* apresenta a classificação proposta para os graus de deterioração da estrutura.

Tabela 2-12: 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.

Outra proposta importante feita pelo autor do trabalho foi a de estabelecimento de prazos máximos para a realização de intervenções a partir do nível de deterioração do elemento ou da estrutura. A *Tabela 2-13* apresenta a proposição.

Tabela 2-13: Prazos máximos para intervenção em função da classificação nos níveis de deterioração (BOLDO 2002)

Nível de deterioração	Prazo máximo para intervenção
Baixo	-
Médio	2 anos
Alto	1 ano
Crítico	6 meses

As modificações propostas foram aplicadas na avaliação que utilizou a metodologia GDE/UnB no Hospital Geral de São Paulo com o objetivo de comparar os resultados e visualizar os efeitos das modificações sugeridas. Assim como previsto, a modificação gerou resultado indicando maior deterioração, fomentando intervenção mais rápida e levando a uma recuperação da estrutura a partir das correções.

#### **2.2.4. PESSOA (2002)**

O trabalho consistiu em análise e modelagem estrutural completa da Catedral de Brasília e na avaliação da condição de preservação estrutural da igreja. Para isso a metodologia GDE/UnB foi aplicada com a intenção de subsidiar uma proposta de manutenção preventiva. A metodologia foi aplicada com as devidas alterações propostas por Boldo (2002) e a Catedral foi dividida em quatro partes: nave da catedral, espelho d'água, batistério e campanário.

A nave da Catedral de Brasília possui 16 pilares, laje da cobertura e anéis superior e inferior, além dos blocos de fundação e das vigas de cintamento que não foram avaliados. O anel superior também não foi avaliado em função da inacessibilidade ao local. A avaliação da nave foi feita considerando as famílias de pilares, lajes e anel. O espelho d'água é composto por 30 pilares de sustentação, 6 vigas e 6 lajes em balanço, que são conectados ao anel inferior da nave. Elementos de fundação e outros elementos secundários não foram avaliados no espelho d'água em função da inacessibilidade aos mesmos. As famílias foram caracterizadas como pilares, lajes, vigas e juntas para essa parte da estrutura.

Outra parte avaliada na catedral, consiste no batistério que é composto por laje ovóide, pilares, cortinas, fundações e vigas de cintamento. Para avaliação estrutural apenas considerou-se a laje ovóide também por falta de acesso aos demais elementos. Finalmente, o campanário da catedral possui um único pilar que sustenta quatro sinos. Elementos estruturais secundários e fundações não foram avaliados pela mesma razão.

A *Tabela 2-14* resume os resultados finais para o grau de deterioração estrutural das quatro partes avaliadas na Catedral de Brasília por Pessoa (2002). Todos os pormenores encontram-se no trabalho original. Além dos resultados, a tabela apresenta aplicação da proposta de Boldo (2002) para o prazo de intervenção de manutenção na estrutura.



Tabela 2-14: Resumo de resultados da metodologia GDE/UnB – Catedral de Brasília (PESSOA, 2002)

Família de elementos	G <sub>d</sub>	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

A partir dos resultados da aplicação da metodologia GDE/UnB, considerando ainda outros campos de análise presente no trabalho de Pessoa (2002), foi possível desenvolver um programa de manutenção preventiva e corretiva para a estrutura da Catedral de Brasília.

#### 2.2.5. FONSECA (2007)

O objetivo do trabalho consistiu na avaliação física da estrutura de concreto do Instituto Central de Ciências (ICC) na Universidade de Brasília. A edificação é a maior e mais antiga do campus da universidade, com 720 metros de comprimento. O projeto arquitetônico é de Oscar Niemeyer e o cálculo estrutural é do escritório de Sergio Marques de Souza. Dentre os aspectos abordados na pesquisa, destaca-se a avaliação utilizando a metodologia GDE/UnB, segundo sua última modificação na literatura, inserindo o trabalho na linha de pesquisa de “Patologia, Manutenção e Recuperação de Estruturas” do PECC/UnB.

Fonseca (2007) propõe alguns pontos para aperfeiçoamento da metodologia GDE/UnB. A conceituação dos danos de carbonatação, contaminação por cloretos e cobrimento deficiente foram alteradas no Roteiro de Inspeção, de modo a avaliar o agravamento temporal do dano de corrosão de armaduras. Além disso, com o intuito de atualização referente à norma técnica vigente, os conceitos de cobrimento deficiente, fissuração e flechas foram modificados em função da NBR 6118/2003.

O dano anteriormente denominado de esfoliação ganhou nova denominação: deslocamento. Isso para evitar confusão com desagregação. Já 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 de umidade nos elementos

estruturais. Além disso, na reformulação, os danos de manchas e umidade foram incluídos nos possíveis danos aos elementos de composição arquitetônica.

Outro aspecto da reformulação consistiu na revisão da definição de fatores de intensidade para os danos do roteiro, com a intenção de aperfeiçoar a avaliação de danos relacionados à corrosão. Para explicitar tais alterações, segue a *Tabela 2-15*, com os fatores de intensidade propostos para os danos relacionados à corrosão.

Tabela 2-15: Reformulação de fatores de intensidade relacionados à corrosão (FONSECA, 2007)

Dano	$F_i$
Carbonatação atingindo a armadura (presença de umidade)	3 e 4
Cobrimento 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
Desplacamento 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

Os fatores de ponderação também ganharam revisão segundo Fonseca (2007), com a justificativa de que a maioria dos fatores de ponderação, empregados na última revisão da literatura por Lopes (1998), estava acima de 5. Assim, a escala original de 0 a 10 não é necessária, e passa a ser de 1 a 5 para tal fator, sendo 5 a situação mais desfavorável. Para que isso seja refletido, foi necessária a reformulação do equacionamento para o grau de dano ( $D$ ) em um elemento.

$$D = 0,8 \cdot F_i \cdot F_p \quad \text{para } F_i \leq 2 \quad \text{Equação 2.14}$$

$$D = (12 \cdot F_i - 28) \cdot F_p \quad \text{para } F_i \geq 3 \quad \text{Equação 2.15}$$

Levando em consideração o avanço de outros danos para a corrosão, os fatores de ponderação de danos associados à corrosão de armações foram modificados:

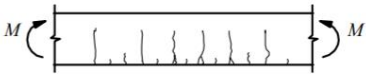
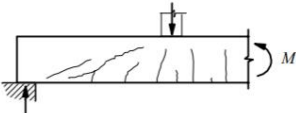
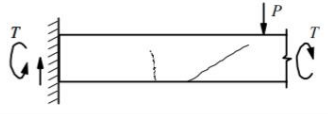
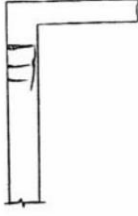
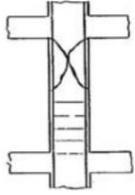
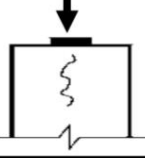
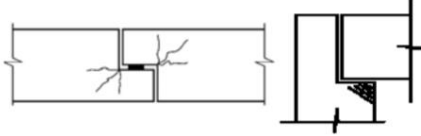



- Corrosão –  $F_p = 5$
- Contaminação por cloretos –  $F_p = 4$
- Carbonatação –  $F_p = 3$

O dano de fissuras também foi melhor caracterizado com relação ao fator de ponderação variável com o tipo de fissura atuante, não importando se a origem da fissura é estrutural ou estética. Os fatores de ponderação relacionados a fissuras podem variar de 2 a 5, sendo que caso se encontre entre 4 e 5, pode representar risco de ruptura frágil. As fissuras mais comuns foram reunidas em uma tabela com respectivos fatores de ponderação e a mesma foi acrescentada ao Roteiro de Inspeção e disponível nas *Tabelas 2-16 e 2-17*.

Tabela 2-16: Tipologia de fissuras de concreto armado - Estado Plástico e Endurecido (FONSECA, 2007)

	<b>Fissuras</b>	<b>Descrição</b>	<b>Croquis</b>	<b><math>F_p</math></b>
<b>ESTADO PLÁSTICO</b>	de retração plástica do concreto	<ul style="list-style-type: none"> <li>- comuns em lajes e paredes</li> <li>- paralelas, superficiais e afastadas de 0,3 a 1 m.</li> </ul>		2
	de assentamento do concreto	<ul style="list-style-type: none"> <li>- acompanham as armaduras</li> <li>- em pilares, ficam abaixo dos estribos;</li> <li>- interagem com armaduras vizinhas</li> </ul>		3
	de movimentação de fôrmas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- indicam mau posicionamento, má fixação ou resistência insuficiente de fôrmas e escoramentos</li> </ul>		3
<b>ESTADO ENDURECIDO</b>	de retração do concreto por secagem	<ul style="list-style-type: none"> <li>- vigas podem ocasionar fissuras nos pilares e vice-versa, por diferenças de rigidez (a)</li> <li>- aspecto de mosaico em lajes e paredes, podendo aparecer em ambas as faces (b)</li> <li>- indicam restrição de movimentos</li> <li>- profundidade reduzida</li> <li>- aberturas de 0,1 a 0,2 mm</li> </ul>		3
	mapeadas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- mais visíveis em superfícies lisas de lajes e paredes</li> <li>- abertura e extensão reduzidas</li> <li>- indicam desempenho excessivo.</li> <li>- danos apenas estéticos, em geral</li> </ul>		2
	de variações de temperatura	<ul style="list-style-type: none"> <li>- em geral, normais ao eixo de elementos lineares</li> <li>- indicam restrição de movimento por mau funcionamento de juntas de dilatação e/ou sua inexistência</li> </ul>		3

Tabela 2-17: Tipologia de fissuras de concreto armado – Erros de projeto/execução ou cargas excessivas (FONSECA, 2007)

	<b>Fissuras</b>	<b>Descrição</b>	<b>Croquis</b>	<b><math>F_p</math></b>
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

Tanto os níveis de deterioração de elemento quanto os de estrutura foram modificados com a inclusão de mais um nível na classificação. Tal alteração foi feita com base na norma DNIT 010 – PRO (2004) que utiliza cinco níveis de deterioração. As alterações encontram-se na *Tabela 2-18*.

Tabela 2-18: Classificação de níveis de deterioração de elemento e de 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.

Além disso, o cálculo do grau de deterioração da família de elementos ganhou nova reformulação. Isso porque o equacionamento em prática supervaloriza o estado real de um elemento crítico, sobretudo quando se tem muitos elementos na estrutura (FONSECA, 2007). De modo a melhor representar a situação real da estrutura, a seguinte equação para o grau de deterioração da família de elementos foi proposta:

$$G_{df} = G_{demáx} \cdot \left( \sqrt{1 + \frac{\sum_{i=1}^m G_{de(i)} - G_{demáx}}{\sum_{i=1}^m G_{de(i)}}} \right) \quad \text{Equação 2.16}$$

Sendo,

$m$  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  $G_{de} \geq 15$ .

Com a aplicação de todos os aperfeiçoamentos propostos, a metodologia GDE/UnB foi aplicada no ICC, subdividido em bloco e alas de análise. A *Tabela 2-19* apresenta os resultados obtidos.

Tabela 2-19: 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
<b>Total</b>		102	10114
<b><math>G_d=</math></b>		99	<b>Sofrível</b>

O resultado indica a estrutura do Instituto Central de Ciências (ICC) como sofrível. Segundo a metodologia, tal classificação requer intervenção no prazo máximo de 6 meses. Para Fonseca (2007), tal classificação é condizente com a realidade da edificação e também com outras análises anteriores realizadas por Andrade (2006).

### 2.2.6. EUQUERES (2011)

O estudo desenvolvido por Euqeres (2011) consistiu em aplicação da metodologia GDE/UnB para pontes de concreto armado. Foram consideradas as últimas adaptações realizadas por Fonseca (2007) e algumas adaptações de adequação à estrutura, normalmente utilizada em pontes.

Os elementos considerados foram os comumente observados em pontes de concreto armado: pilares, vigas, laje, barreiras de defesa ou guarda-corpos, cortinas, blocos de fundação, pista de rolagem, juntas de dilatação e aparelhos de apoio. Em função da mudança de elementos em relação a edifícios convencionais, normalmente utilizados na metodologia empregada, houve necessidade de adaptação dos possíveis danos e de seus respectivos fatores de ponderação, obedecendo a escala de 1 a 5.

No mesmo sentido os fatores de relevância 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  $F_r = 5,0$

A classificação em níveis de deterioração estrutural foi modificada, assim como os prazos de intervenção para manutenção, para corroborar com as necessidades de estruturas de pontes. A *Tabela 2-20* apresenta a classificação proposta.

Tabela 2-20: Classificação de níveis de deterioração para pontes (EUQUERES, 2011)

Nível de deterioração	$G_{de} / G_d$	Medidas a serem adotadas
Baixo	$\leq 15$	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 metodologia GDE/UnB, com as novas adaptações para pontes, foi aplicada em estudo piloto para validação das alterações. A ponte escolhida para estudo piloto foi a do Rio Piracanjuba – GO. De início, 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.

Considerando este resultado, a aplicação da metodologia em pontes permite a inclusão de todos os valores avaliados para definição do grau de deterioração da estrutura e não apenas os 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. Com base nos resultados obtidos, Euqueres (2011) demonstrou a eficiência do método com inspeções visuais, ressaltando a limitação por visibilidade, na medida que as pontes superam 70 metros de extensão.

#### **2.2.7. VERLY (2015)**

Em seu trabalho, Verly (2015) comparou a metodologia GDE/UnB com a metodologia SGO/DNIT para caracterização da condição estrutural de 22 Obras de Arte Especiais na cidade de Brasília. O autor considerou os resultados da metodologia GDE/UnB mais escalonados e distribuídos do que as proposições resultantes da metodologia do DNIT, o que facilita a tomada de decisão para intervenção.

Apenas os danos que permitem análise visual foram considerados, de modo que carbonatação e contaminação por cloretos foram retirados das fichas de avaliação na pesquisa desenvolvida. As considerações sobre famílias feitas por Euqueres (2011) foram adotadas no trabalho com a inclusão de travessas e transversinas que acompanham fator de relevância estrutural de 5 e 3, respectivamente. O cálculo do grau de deterioração das famílias foi feito com valores de grau de deterioração de elementos menores que 15, assim como maiores que 15, obtendo dois resultados de grau de deterioração estrutural para comparação.

No anexo do trabalho de Verly (2015) existem tabelas de classificação para fatores de intensidade e para fatores de ponderação dos danos que favorecem a aplicação da metodologia de maneira correta pelo responsável técnico pela inspeção. Segue, nas *Tabelas 2.21 e 2.22*, os fatores de intensidade considerados pelo autor.

Tabela 2-21: Fatores de intensidade por danos (VERLY, 2015)

<b>Tipos de danos</b>	<b>Valores de <math>F_i</math></b>
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.
Desvios de Geometria	2 → pilares e cortinas com excentricidade $e \leq h/100$ ( $h = altura$ ). 3 → pilares e cortinas com excentricidade $h/100 \leq e < h/50$ . 4 → pilares e cortinas com excentricidade $e \geq h/50$ .
Eflorescência	1 → início 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 → abertura menores do que as máximas previstas em norma. 2 → estabilizadas, com abertura até 40% acima dos limites de norma. 3 → aberturas excessivas; estabilizadas. 4 → aberturas excessivas: não estabilizadas.

Tabela 2-22: Fatores de intensidade por danos – Continuação (VERLY, 2015)

<b>Tipos de danos</b>	<b>Valores do Fator de Intensidade do Dano</b>
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.

VERLY (2015) intitulou o Roteiro de Inspeção de Pontes de Concreto Armado de Euqeres (2011) como Manual de Aplicação da Metodologia GDE/UnB em OAEs, que passou a orientar a aplicação do método. A Tabela 2-23, a seguir, apresenta os resultados obtidos para ambas as metodologias analisadas, sendo que a metodologia GDE/UnB apresenta valores de grau de deterioração da estrutura  $G_d$  – considerando valores de  $G_{de} \geq 15$  – e  $G_d *$  – considerando todos os valores de  $G_{de}$ .

Tabela 2-23: 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

Comparando os dois resultados da metodologia GDE/UnB é possível perceber que o valor de  $G_d^*$  apresenta-se muito próximo do valor de  $G_d$  ou bem inferior a este. Com tal análise, Verly (2015) considerou mais condizente para recomendações e tomadas de decisões o valor de  $G_d$  que não é influenciado para baixo pela diminuição da média na equação do grau de deterioração da estrutura.

A partir da análise de consistência com todos os dados coletados e fazendo simulações de influência nas formulações da metodologia, foi possível determinar que o equacionamento do grau de deterioração da estrutura não é consistente quando os números de danos crescem ou diminuem, fenômeno justificado pela média ponderada aplicada à influência do fator de ponderação em questão. Uma nova proposição para a formulação do grau de deterioração estrutural foi feita para solucionar essa interferência.

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

Equação 2.17

Sendo,

$k$  o número de famílias da estrutura;

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

$K_{m\acute{a}x}$  o maior valor do produto do  $G_{df,i}$  pelo respectivo  $F_r$  .

O cálculo dos resultados para as 22 OAEs foi refeito a partir da nova proposição, sendo os resultados dispostos na *Tabela 2-24*.

Tabela 2-24: Resultados das metodologias SGO/DNIT E GDE/UnB com formulação modificada (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

Com base nos resultados, observa-se que os valores de  $G_{d,mod}^*$  se apresentam sempre maiores que os valores de  $G_{d,mod}$ , o que é coerente com a nova formulação e proposição. De tal modo, o novo equacionamento permite a aplicação da metodologia em estruturas com baixo nível de deterioração, fazendo com que os danos de baixa intensidade não sejam zerados. Com base na concepção de Verly (2015), após a análise de resultados, a metodologia GDE/UnB se mostrou mais eficiente na priorização de intervenções em função de sua maior escala e dispersão entre valores, tornando o processo de classificação e tomada de decisão mais fácil.

### 2.2.8. ROSA (2014)

O trabalho consiste em comparar duas metodologias de inspeção para Obras de Arte Especiais: metodologia GDE/UnB e metodologia de inspeção rotineira para pontes de concreto armado e pretendido proposta pelo DNIT. Para realizar a comparação, Rosa (2014) inspecionou 13 viadutos localizados em Brasília, tendo por objetivo mostrar a viabilidade de utilização da metodologia GDE/UnB no Sistema de Gestão de Obras – SGO – do DNIT.

Rosa (2014) utilizou a metodologia GDE/UnB segundo as últimas modificações e adequações para OAEs 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 2-25 apresenta os resultados obtidos pelo autor.

Tabela 2-25: 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

A partir dos resultados obtidos e também na experiência de inspeção, ROSA (2014) constatou que existe diferença de conceito de aplicação entre as metodologias: a metodologia GDE/UnB apresenta avaliação baseada no grau de deterioração estrutural que, por sua vez, diz respeito as patologias encontradas; a metodologia do DNIT, por outro lado, avalia as condições de estabilidade da estrutura, se baseando nos danos observados em elementos padrão. Para o autor, tais diferenças entre os métodos levam a um maior grau de conservadorismo da metodologia GDE/UnB em relação as condições da estrutura.

A experiência mostrou que a dificuldade é maior na inspeção da metodologia DNIT, em função da falta de informações que embasassem a determinação de notas técnicas dos elementos. Tal fato foi melhor atendido na metodologia GDE/UnB, que apresenta tabelas de grande ajuda no momento de quantificação dos fatores de intensidade dos danos. Assim, Rosa (2014) considerou a metodologia do DNIT mais suscetível a subjetividade do responsável pela inspeção. A conclusão do trabalho constatou a viabilidade do uso da metodologia GDE/UnB para integrar a avaliação de pontes e viadutos de concreto armado SGO – DNIT.

### 3. METODOLOGIA

Para o presente trabalho foi escolhida a metodologia GDE/UnB considerando a especificidade da aplicação da mesma em Obras de Arte Especiais, bem como as alterações e modificações realizadas pelos autores enunciados ao longo do Capítulo 2, responsáveis pela criação e desenvolvimento da metodologia.

#### 3.1. CONSIDERAÇÕES FEITAS NA METODOLOGIA GDE/UNB

A metodologia GDE/UnB foi aplicada na suas últimas revisões e adaptações da literatura técnica, levando em conta o Manual de Aplicação da Metodologia GDE/UnB a Obras de Arte Especiais (VERLY, 2015). A aplicação foi restrita a inspeções visuais e registro fotográfico, além de utilização de fissurômetro ou trena, quando necessários. A análise não considerou os danos de carbonatação e contaminação do concreto por cloretos, em função da necessidade de coleta de amostras (não viável) para avaliação dos mesmos.

Tomando o embasamento de Lauria (2018), que adicionou o dano de abrasão à ficha de inspeção em sua análise para os viadutos do Eixo Rodoviário Sul, surgiu a necessidade de rever os fatores de intensidade para tal dano em função da característica diferenciada dos viadutos do Eixo Rodoviário Norte em relação ao Sul, isto é, os viadutos do eixo norte não tiveram aplicação de revestimento cerâmico e tem acabamento em concreto aparente. Assim, segue a proposição de fatores de intensidade para o dano abrasão, procurando facilitar o entendimento em estruturas de concreto aparente:

- Arrasto na superfície  $F_i = 2$
- Quebra de seção leve provocando fissuras  $F_i = 3$
- Quebra de seção com exposição de armaduras  $F_i = 4$

A partir do exposto, foi possível proceder com a 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 consideração que exclui os valores de grau de deterioração de elementos –  $G_{de}$  – menores que 15, respectivamente.



### 3.2. VIADUTOS SELECIONADOS PARA INSPEÇÃO

O escopo do trabalho consiste na avaliação completa dos viadutos do Eixo Rodoviário Norte de Brasília – 24 unidades no total. Os mesmos estão dispostos em trios, a cada entrequadra da Asa Norte. O Eixo Rodoviário Norte é constituído por três rodovias com sentido de tráfego duplo: a faixa central de trânsito é conhecida por Eixo Rodoviário Central ou, popularmente, como “Eixão”; a faixa a oeste do mesmo, conhecida como Eixo W; e a faixa a leste, conhecida como Eixo L. A *Tabela 3-1*, a seguir, apresenta os 24 viadutos em estudo, bem como suas localizações e nomenclaturas adotadas.

Tabela 3-1: Nomenclatura dos viadutos do Eixo Rodoviário Norte de Brasília.

Localização	01/02 Norte			03/04 Norte			05/06 Norte			07/08 Norte		
	Eixo W	Eixo Rodoviário	Eixo L	Eixo W	Eixo Rodoviário	Eixo L	Eixo W	Eixo Rodoviário	Eixo L	Eixo W	Eixo Rodoviário	Eixo L
Nomenclatura	Viaduto W	Viaduto Central	Viaduto L	Viaduto W	Viaduto Central	Viaduto L	Viaduto W	Viaduto Central	Viaduto L	Viaduto W	Viaduto Central	Viaduto L
Localização	09/10 Norte			11/12 N norte			13/14 Norte			15/16 Norte		
	Eixo W	Eixo Rodoviário	Eixo L	Eixo W	Eixo Rodoviário	Eixo L	Eixo W	Eixo Rodoviário	Eixo L	Eixo W	Eixo Rodoviário	Eixo L
Nomenclatura	Viaduto W	Viaduto Central	Viaduto L	Viaduto W	Viaduto Central	Viaduto L	Viaduto W	Viaduto Central	Viaduto L	Viaduto W	Viaduto Central	Viaduto L

Dessa forma, em cada par de quadras – entrequadra – existem três viadutos que operam o fluxo dos eixos e das vias coletoras das quadras. Para nomear os viadutos no presente trabalho utilizou-se a mesma nomenclatura dos eixos de tráfego: Viaduto W, Viaduto Central e Viaduto L. O material constituinte dos viadutos no Eixo Rodoviário Norte é o concreto armado que foi deixado em estado aparente após desforma. A *Figura 3.1*, a seguir, ilustra o Viaduto Central (à esquerda) e o Viaduto L (à direita) durante a realização da inspeção preliminar na entrequadra 05/06 Norte.



Figura 3.1: Visão panorâmica dos Viadutos Central e L na entrequadra 05/06 Norte

Com o interesse de melhor entender o funcionamento da estrutura projetada para os viadutos, parte dos projetos estruturais originais dos viadutos do Eixo Rodoviário Norte foram consultados no Arquivo Público de Brasília. O projeto é de autoria do Eng. Rubens José Dias e data do ano de 1979. A seguir, na *Figura 3.2*, ilustração de parte da prancha de armação das cortinas do Viaduto Central da entrequadra 15/16 Norte. O conjunto das plantas consultadas encontram-se disponibilizado nos anexos.

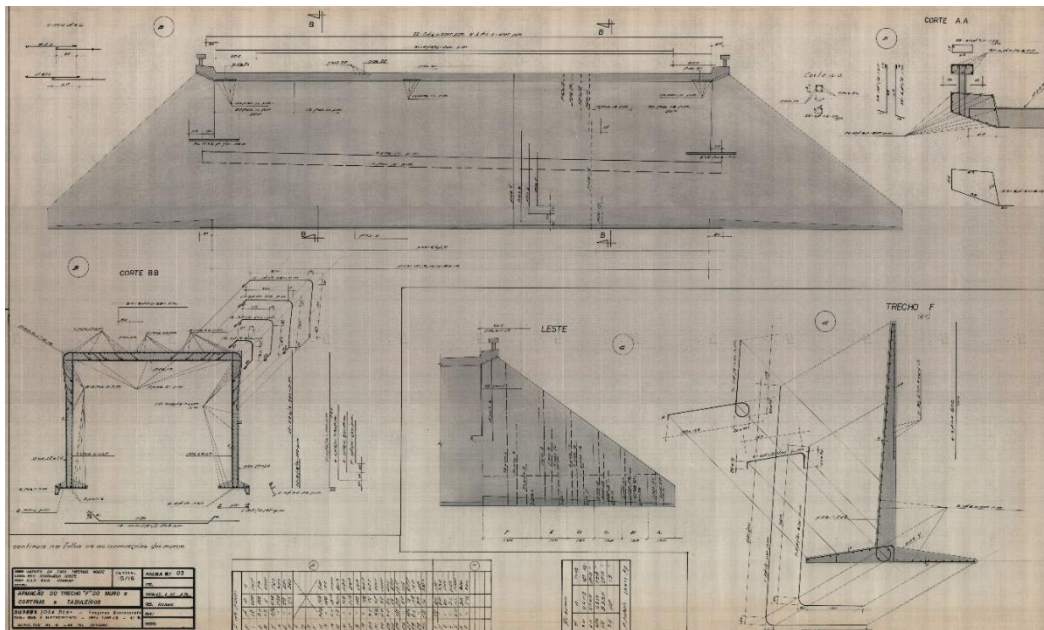


Figura 3.2: Ilustração da Planta de Armação – Viaduto Central 15/16 Norte Eng. Rubens José Dias – 1979 (ARQUIVO PÚBLICO DE BRASÍLIA)

Também, no arquivo público de Brasília, foi possível encontrar algumas fotos que retratam as OAEs durante a construção de Brasília. Seguem, nas *Figuras 3.3 a 3.4*, as imagens aéreas.



Figura 3.3: Imagem aérea do Eixo Rodoviário de Brasília – DF (ARQUIVO PÚBLICO DE BRASÍLIA)



Figura 3.4: Imagem aérea aproximada do Eixo Rodoviário de Brasília  
(ARQUIVO PÚBLICO DE BRASÍLIA)

A Figura 3.5 registra, mais de perto, um dos viadutos centrais do Eixo Rodoviário parcialmente concluído.



Figura 3.5: Viaduto central parcialmente concluído  
(ARQUIVO PÚBLICO DE BRASÍLIA)

Embora não seja possível identificar precisamente os viadutos nas imagens dispostas acima, considera-se a relevância das mesmas à título histórico e de embasamento acerca da idade das estruturas, que remetem da época de construção da cidade, há quase 60 anos.

De modo a tornar os processos de inspeção e de análise dos viadutos mais eficientes, houve a necessidade de subdivisão dos seus elementos constituintes em famílias. Para ilustração da divisão proposta para os elementos dos viadutos, um modelo foi elaborado utilizando a ferramenta *Sketch Up (Trimble)*. As Figuras 3.6 e 3.7 apresentam o resultado da modelagem,



que proporciona melhor entendimento da divisão de elementos para os viadutos do eixo W e L e para os viadutos centrais, respectivamente.

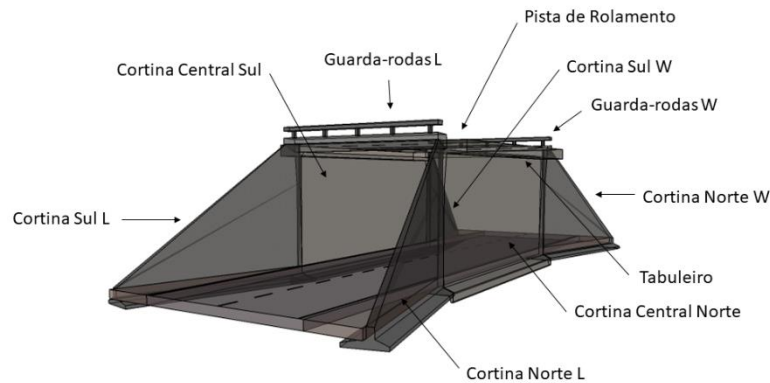


Figura 3.6: Modelo esquemático do viaduto dos eixos W/L – Identificação dos elementos componentes – Eixo Rodoviário Norte – Brasília

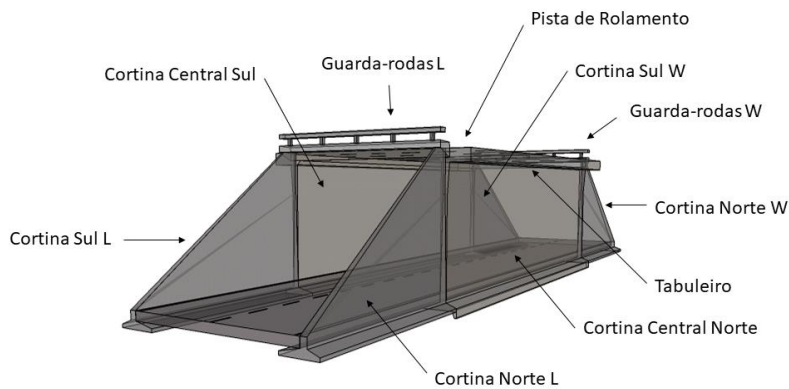


Figura 3.7: Modelo esquemático do viaduto central – Identificação dos elementos componentes – Eixo Rodoviário Norte – Brasília

As famílias constituintes das Obras de Arte Especiais analisadas são, portanto: tabuleiro, guarda-rodas, pista de rolamento, cortinas laterais e cortinas centrais, apontados nas figuras acima. A separação foi feita em conformidade com os autores que já haviam analisado viadutos do eixo rodoviário em Brasília, visando discretizar as estruturas para obtenção de resultados mais detalhados. Ademais, a denominação com base nos elementos cardeais foi feita para diferenciação entre elementos espelhados da mesma estrutura. Além da diferença de acabamento final dos viadutos em relação a Asa Sul de Brasília, os viadutos dos eixos W e L Norte não possuem guarda-rodas centrais para abertura de iluminação e de ventilação, como acontece nos eixos W e L na parte sul da cidade.

Utilizou-se a mesma ponderação para os fatores de relevância estrutural das famílias de elementos utilizada por Lauria (2018). A consideração havia sido feita pela autora com base em inspeção visual e também com base no projeto estrutural obtido no arquivo público de Brasília. Seguem os fatores de relevância elencados para cada família:

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

A inspeção foi segmentada nas duas fases do projeto final de curso, de modo a permitir que a execução do plano fosse gradual, além de garantir a possibilidade de balizamento e adequação da aplicação do método. Primeiramente a avaliação foi feita nos viadutos de três entrequadras na primeira etapa do projeto final, sendo os demais contemplados na segunda etapa do estudo. Para seleção dos viadutos a serem inspecionados em primeira etapa, desenvolveu-se uma metodologia preliminar para tomada de decisão. A seguir, dispõe-se como foi feita tal análise.

### 3.2.1. Inspeção Preliminar

Um roteiro de aferição foi traçado ao longo do Eixo Rodoviário Norte, no decorrer da manhã do domingo, 31 de março de 2019. A caminhada percorreu todo o Eixo Norte passando pelos viadutos em foco. Para cada OAEs, foi estipulada uma nota de 0 a 10, com base na gravidade aparente do conjunto dos danos visualmente detectáveis. A escala utilizada consiste em 0 para uma estrutura sem danos e 10 para uma estrutura completamente danificada. Dessa maneira, cada viaduto recebeu apenas uma nota, sendo atribuídas as seguintes nomenclaturas para fins de equacionamento:

- Nota do Viaduto W –  $N_{vW}$
- Nota do Viaduto Central –  $N_{vC}$
- Nota do Viaduto L –  $N_{vL}$

Além da nota relacionada aos danos, uma condição média dos danos – leves, médios ou graves – era atribuída qualitativamente para cada viaduto e, conseqüentemente, para cada conjunto de

três viadutos na mesma entrequadra. Cada avaliação de condição servia de ponderação para as notas atribuídas na primeira etapa, seguindo um fator de ponderação preliminar ( $F_{PP}$ ). A escala adotada conforme a gravidade dos danos foi:

- Leves  $F_{PP} = 1$
- Médios  $F_{PP} = 2$
- Graves  $F_{PP} = 3$

O procedimento permitiu a geração de duas notas gerais por entrequadra: a nota  $N_m$  levando em conta a média simples das notas atribuídas aos danos e outra nota  $N_{mp}$ , ponderando as notas com base no fator de ponderação preliminar para cada conjunto de três viadutos. Segue a proposição simples das formulações:

$$N_m = \frac{N_{vW} + N_{vC} + N_{vL}}{3} \quad N_{mp} = \frac{N_{vW} \cdot F_{PP} + N_{vC} \cdot F_{PP} + N_{vL} \cdot F_{PP}}{9} \quad \text{Equação 3.1 e Equação 3.2}$$

Durante a inspeção realizada, a *Tabela 3-2* foi sendo preenchida com os resultados da análise quantitativa, proposta em caráter preliminar. De maneira complementar, uma sequência de fotos foi tirada durante a inspeção para análise posterior e tomada de decisão.

Tabela 3-2: Resultado da metodologia de inspeção preliminar nas OAEs em estudo

Entrequadras Eixo Rodoviário Norte	Viadutos	Nota Danos Aparentes (0 - 10)	$N_m$ (0 - 10)	Condição Média dos Danos (Leve, Médio, Grave)	Condição Média da Entrequadra (Leve, Médio, Grave)	$N_{mp}$ (0 - 10)	Observações
01/02 N	Viaduto W	6	4,33	Grave	Médio	2,78	Em geral, viadutos em condição razoável, vários pontos de deterioração do cobrimento. Viaduto central com guarda corpo parcialmente colapsado, Viaduto w em pior estado, com exposição de armadura positiva do tabuleiro.
	Viaduto Central	3		Leve			
	Viaduto L	4		Leve			
03/04 N	Viaduto W	8	7,33	Grave	Grave	7,33	Condição generalizada de exposição de armaduras. Viaduto w em pior condição, com exposição das barras das paredes e elementos de apoio.
	Viaduto Central	7		Grave			
	Viaduto L	7		Grave			
05/06 N	Viaduto W	9	7,33	Grave	Grave	6,00	Viadutos com deslocamento do concreto e exposição das armaduras. Viaduto w novamente muito deteriorado, com muitas armaduras de apoio expostas e algumas dobradas.
	Viaduto Central	7		Grave			
	Viaduto L	6		Leve			
07/08 N	Viaduto W	10	6,67	Grave	Grave	6,00	Viaduto L com bastante deterioração, inclusive nos apoios, pior caso novamente viaduto w com problemas nos elementos de apoio, armadura positiva do tabuleiro descolada da massa de concreto no bordo voltado para a quadra 100.
	Viaduto Central	3		Leve			
	Viaduto L	7		Grave			
09/10 N	Viaduto W	3	4,00	Leve	Médio	2,33	Todos em melhor condição, porém viaduto L com muito deslocamento. Guarda-corpo do viaduto central deteriorado e Viaduto w com armaduras expostas.
	Viaduto Central	4		Médio			
	Viaduto L	5		Médio			
11/12 N	Viaduto W	8	6,67	Grave	Grave	6,22	Viaduto central com vários deslocamentos embaixo do tabuleiro e formações vegetais aflorando do concreto, guarda corpo L parcialmente colapsado. Viaduto w tem parte de baixo do tabuleiro com muitas armaduras aparentes, possível identificar (D: 12.5 C/8)
	Viaduto Central	8		Grave			
	Viaduto L	4		Médio			
13/14 N	Viaduto W	5	4,33	Médio	Médio	3,56	Viaduto central muito bom, viaduto w razoável, o pior foi o viaduto L com vários deslocamentos e barras dos apoios rompidas e dobradas.
	Viaduto Central	1		Leve			
	Viaduto L	7		Grave			
15/16 N	Viaduto W	6	4,00	Grave	Médio	3,11	Colapso parcial de cortina lateral no viaduto W, caso mais grave no viaduto L com rompimento de barras verticais da parede.
	Viaduto Central	2		Leve			
	Viaduto L	4		Médio			

Optou-se por iniciar o trabalho aplicando a metodologia GDE/UnB às três entrequadras de viadutos, a seleção das mesmas se baseou na inspeção preliminar e delimitou a pior e a melhor entrequadra de viadutos e uma terceira entrequadra com característica de deterioração mediana. Dessa maneira, foram selecionadas as entrequadras 09/10 N – melhor condição preliminar, 11/12 N – pior condição preliminar e 13/14 N – condição preliminar mediana.

Nesse sentido, o panorama das inspeções no Eixo Rodoviário Norte de Brasília foi representado em mapa esquemático elaborado com base no sistema SICAD (SEGETH, 2019), com objetivo de locação das vistorias. A *Figura 3.8* apresenta o mapa esquemático elaborado.

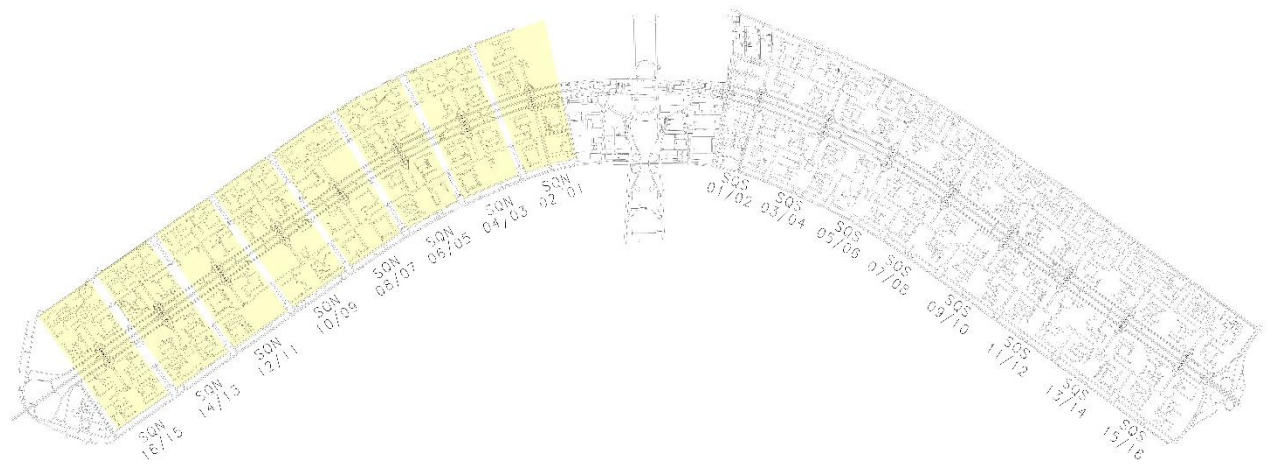


Figura 3.8: Panorama dos viadutos avaliados por entrequadra do Eixo Rodoviário Norte.

Afim de ilustrar a inspeção preliminar realizada, estão disponíveis a seguir algumas fotos – *Figura 3.9 a 3.12* – do registro realizado no dia da verificação inicial do trabalho.



Figura 3.9: Viaduto Central - 11/12 Norte

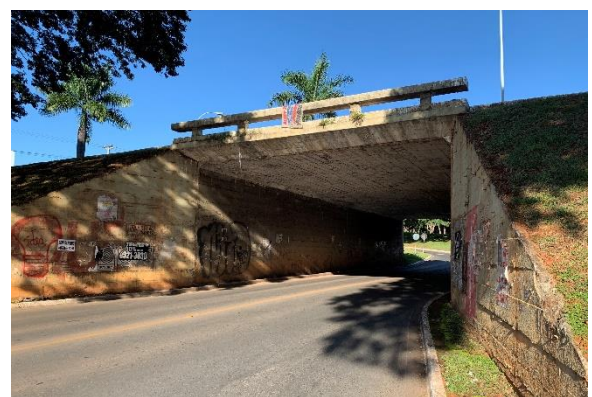


Figura 3.10: Viaduto W – 01/02 Norte



Figura 3.11: Viaduto Central - 09/10 Norte



Figura 3.12: Detalhe de dano no Viaduto W - 07/08 Norte

### 3.3. PROCEDIMENTO DE INSPEÇÃO

As inspeções visuais demandaram pelo menos duas pessoas, sendo uma responsável pelo preenchimento da ficha de inspeção elaborada com os respectivos danos encontrados em cada elemento da OAE e outra responsável pelo registro fotográfico. As fotos seriam armazenadas em banco de dados, possibilitando análise detalhada posteriormente, bem como possíveis revisões futuras.

As datas de inspeção foram definidas de acordo com o fluxo de veículos por cima e por baixo dos viadutos, priorizando condição de pouco trânsito para garantir maior tranquilidade e segurança à equipe de inspeção, em geral, domingos pela manhã. As inspeções foram realizadas com utilização de capacetes, botas e coletes refletivos, em atendimento às recomendações para segurança do trabalho, além de trena e fissurômetro, como ferramentas para medição e avaliação do fator de intensidade dos danos. 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 os danos evidenciados por famílias em cada viaduto inspecionado.

### 3.4. MANUAL DE CÁLCULO

O procedimento de cálculo é demonstrado em etapas com o intuito de esclarecer quais as equações foram utilizadas no uso da metodologia GDE/UnB, bem como para orientar futuros interessados no emprego da ferramenta. O procedimento pressupõe a definição dos fatores de ponderação ( $F_p$ ) e dos fatores de intensidade ( $F_i$ ), definindo a situação de cada dano inspecionado.



### 3.4.1. Etapas de Cálculo

- Etapa 01 – *Grau do Dano – D*

$$D = 0,8 \cdot F_i \cdot F_p \quad \text{para } F_i \leq 2 \quad \text{Equação 3.3}$$

$$D = (12 \cdot F_i - 28) \cdot F_p \quad \text{para } F_i \geq 3 \quad \text{Equação 3.4}$$

Sendo,

$D$  o grau do dano a ser calculado;  $F_p$  o fator de ponderação atribuído ao dano.

$F_i$  o fator de intensidade atribuído ao dano;

- Etapa 02 – *Grau de Deterioração de um Elemento Estrutural –  $G_{de}$*

$$G_{de} = D_{m\acute{a}x} \cdot \left( 1 + \frac{\sum_{i=1}^m D_{(i)} - D_{m\acute{a}x}}{\sum_{i=1}^m D_{(i)}} \right) \quad \text{Equação 3.5}$$

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.

- Etapa 03 – *Grau de Deterioração de uma Família –  $G_{df}$*

$$G_{df} = G_{dem\acute{a}x} \cdot \left( \sqrt{1 + \frac{\sum_{i=1}^m G_{de(i)} - G_{dem\acute{a}x}}{\sum_{i=1}^m G_{de(i)}}} \right) \quad \text{Equação 3.6}$$

Sendo,

$m$  o número de elementos;  $G_{dem\acute{a}x}$  o maior grau de deterioração do elemento.

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

- Etapa 04 – *Grau de Deterioração da Estrutura –  $G_d$*

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

Equação 3.7

Sendo,

$k$  o número de famílias da estrutura;  $K_{\text{máx}}$  o maior valor do produto do  $G_{df,i}$  pelo respectivo  $F_r$  ;  
 $K$  o produto do  $G_{df,i}$  pelo respectivo  $F_r$  ;

### 3.4.2. Exemplo de aplicação

Para demonstrar os procedimentos adotados no presente trabalho, será detalhado o cálculo da metodologia GDE/UnB para um viaduto, dentre os inspecionados nas vistorias realizadas no Eixo Rodoviário Norte. O viaduto escolhido para demonstração foi o *Viaduto W*, da entrequadra *11/12 Norte*.

- **1º Passo – Definição dos Fatores de Intensidade ( $F_i$ ) para danos em cada elemento:**
  - **Tabuleiro:**

O elemento Tabuleiro apresentou os seguintes danos: cobertura deficiente, corrosão de armaduras, desagregação, eflorescência, falhas de concretagem, infiltração de água, manchas e abrasão do concreto. Os danos foram registrados nas *Figuras 3.13 a 3.20*.

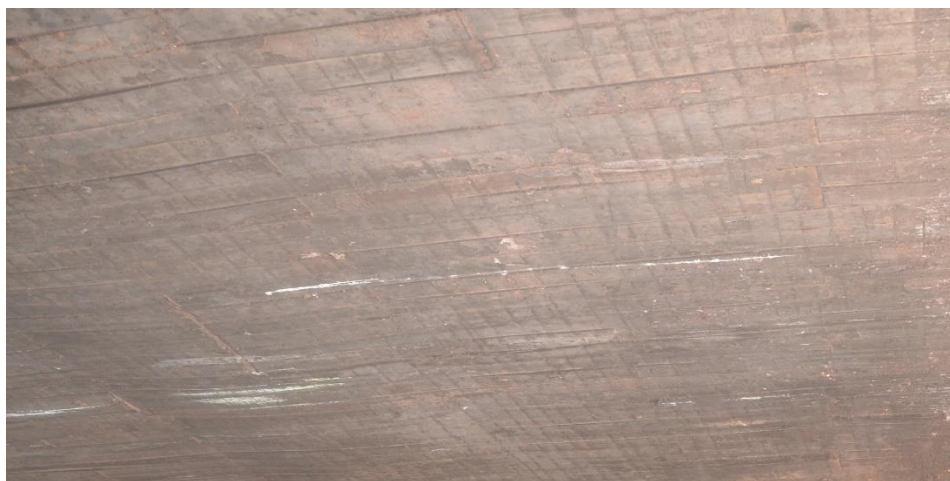


Figura 3.13: Cobrimento deficiente no elemento Tabuleiro – Viaduto W –11/12 Norte.

O cobrimento deficiente ilustrado na figura acima foi caracterizado como menor do que o previsto em norma, sem permitir, ainda, a visualização exata das armaduras, atribuindo fator de intensidade 1 para o dano. Pode-se considerar que o dano é causado por falha da execução, já que os projetos analisados (*anexo D* nas pranchas 4 e 5) especificam cobrimento de 2 centímetros para as armações mais externas.



Figura 3.14: Corrosão de armadura no elemento Tabuleiro – Viaduto W –11/12 Norte.

A *Figura 3.14* apresenta o dano de corrosão de armaduras flagrado na estrutura do tabuleiro. Por apresentar grandes manchas alaranjadas – características de corrosão – e ainda a abertura de fissura com visualização da barra de aço em processo corrosivo. O fator de intensidade aplicado foi 3.

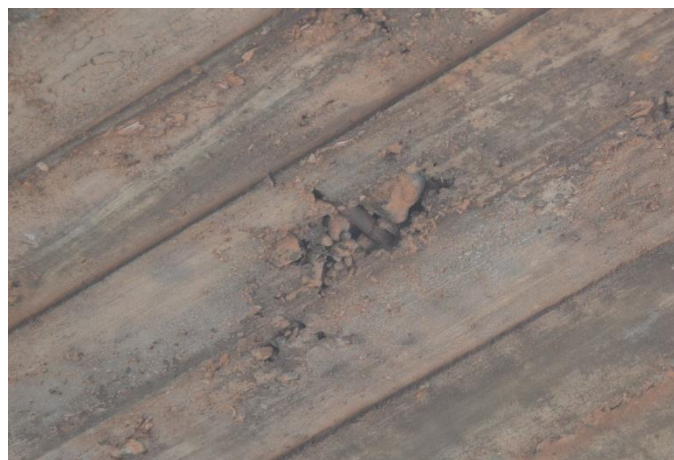


Figura 3.15: Falha de Concretagem no elemento Tabuleiro – Viaduto W –11/12 Norte.

O dano de falha de concretagem foi enquadrado com fator de intensidade igual a 3 por estar presente em manifestações leves, considerando início do processo de estofamento do concreto.



Figura 3.16: Eflorescência no elemento Tabuleiro – Viaduto W –11/12 Norte.

O dano de eflorescência ilustrado na figura acima foi avaliado como presente em manchas de pequenas dimensões, resultando em fator de intensidade igual a 2.



Figura 3.17: Desagregação - Tabuleiro – Viaduto W –11/12 Norte.



Os casos de desagregação no elemento estrutural foram classificados como significativas em relação às dimensões da peça, inclusive com exposição de armaduras. Nesse sentido, o fator de intensidade aplicado foi igual a 3.



Figura 3.18: Infiltração de água no elemento Tabuleiro – Viaduto W –11/12 Norte.

O dano de infiltração de água foi identificado por pequenas manchas, resultando em fator de intensidade igual a 2, como ilustra a figura acima, com características de percolação de água carreando elementos do concreto.



Figura 3.19: Manchas no elemento Tabuleiro – Viaduto W –11/12 Norte.

As manchas foram flagradas em menos da metade do elemento estrutural visível, sendo manchas escuras de pouca extensão, conforme o registro acima. Assim, o fator de intensidade aplicado foi de 2.



Figura 3.20: Abrasão do concreto no elemento Tabuleiro – Viaduto W –11/12 Norte.

O dano de abrasão foi flagrado em sua intensidade máxima no tabuleiro analisado, como visto na *Figura 3.20*. A quebra de seção com exposição de armaduras resultou em  $F_i = 4$ .

○ ***Guarda-rodas W:***

O elemento Guarda-rodas W apresentou danos de cobrimento deficiente, corrosão de armaduras, fissuras, manchas e infiltração de água. As *Figuras 3.21 e 3.22* ilustram a situação do elemento.

O cobrimento foi registrado com fator de intensidade igual a 1 já que era possível ver o traço de algumas armações no concreto. A corrosão de armaduras foi classificada com fator igual a 2 em função de pequenas manchas alaranjadas. Fissuras foram registradas nos pilaretes e na base do elemento, sendo o fator de intensidade aplicado igual a 2 para fissuras estabilizadas. As manchas persistiam em todo o elemento, porém em pequena extensão, caracterizando fator de intensidade igual a 2. Já a infiltração de água foi registrada com fator igual a 1 para indícios de umidade evidenciados pelo grande crescimento vegetal no concreto do elemento.



Figura 3.21: Manchas, cobertura deficiente e corrosão registrados no elemento Guarda-rodas W – Viaduto W –11/12 Norte.



Figura 3.22: Infiltração de água e fissuras registradas no elemento Guarda-rodas W – Viaduto W –11/12 Norte.

○ ***Guarda-rodas L:***

O elemento vistoriado apresentava os seguintes danos: cobertura deficiente, corrosão de armaduras, desagregação, eflorescência, fissuras, manchas e infiltração de água. A situação evidenciada em campo está ilustrada nas *Figuras 3.23 a 3.25*.





Figura 3.23: Manchas e infiltração de água registradas no elemento Guarda-rodas L – Viaduto W –11/12 Norte.

As manchas foram caracterizadas com fator de intensidade igual a 2, sendo de pouca extensão e em menos da metade do elemento. Já a infiltração de água teve fator igual a 1 em função do crescimento vegetal no elemento de concreto.



Figura 3.24: Cobrimento deficiente, corrosão e fissuras registradas no elemento Guarda-rodas L – Viaduto W –11/12 Norte.



O cobrimento deficiente foi classificado como menor do que o previsto em norma, permitindo visualização de armaduras ou armaduras expostas em pequenas dimensões, resultando em fator de intensidade igual a 2. Já a corrosão foi enquadrada com fator de intensidade igual a 2, em função da presença de manchas alaranjadas de pequenas dimensões. As fissuras presentes no elemento tiveram intensidade igual a 2, parecendo estabilizadas, porém acima dos limites aceitáveis.



Figura 3.25: Desagregação e eflorescência registrada no elemento Guarda-rodas L – Viaduto W –11/12 Norte.

O dano de desagregação foi evidenciado e classificado com fator de intensidade igual a 2 por se encontrar no início da manifestação. A eflorescência visualizada encontrava-se também no início da manifestação e por isso foi atribuído fator de intensidade igual a 1.

○ ***Pista de Rolamento:***

Não houveram danos identificados neste elemento, portanto não foi atribuído fator de intensidade aos possíveis danos dessa família.

○ *Cortina Sul W:*

O primeiro dano identificado neste elemento foi o de manchas. A *Figura 3.26*, a seguir, registra a situação geral do elemento vistoriado.



Figura 3.26: Manchas no elemento Cortina Sul W – Viaduto W –11/12 Norte.

Com base na figura acima, o fator de intensidade estipulado para o dano mancha no elemento foi igual a 2 – *manchas escuras de pouca extensão, mas significativas (< 50% da área visível do elemento estrutural)*. Observa-se que as manchas estão na borda superior da cortina.

Outro dano identificado foi o dano de fissura. A *Figura 3.27* registra a condição da pior fissura encontrada no elemento.



Figura 3.27: Fissuras no elemento Cortina Sul W – Viaduto W –11/12 Norte.

A fissura foi enquadrada no tipo mapeada de estado endurecido (comum em lajes e paredes) que conta com o fator de intensidade igual a 3 – *aberturas excessivas, mas estabilizadas*.

○ **Cortina Norte W:**

O elemento contava com dois danos durante a inspeção: falhas de concretagem e manchas. As Figuras 3.28 e 3.29 ilustram a situação observada em campo.



Figura 3.28: Manchas no elemento Cortina Norte W – Viaduto W – 11/12 Norte.

Com base na figura acima, o fator de intensidade estipulado para o dano mancha no elemento foi igual a 2 – *manchas escuras de pouca extensão, mas significativas (< 50% da área visível do elemento estrutural)*.



Figura 3.29: Falha de concretagem – Cortina Norte W – Viaduto W – 11/12 Norte.



Já com relação ao dano de falha de concretagem, a avaliação foi com fator de intensidade igual a 1, representando falha de concretagem superficial e pouco significativa em relação às dimensões da peça.

- ***Cortina Central Sul:***

O elemento foi vistoriado com os seguintes danos presentes: cobertura deficiente, corrosão de armaduras, desagregação, falhas de concretagem, fissuras e manchas. As *Figuras 3.30 a 3.32* ilustram a situação do elemento.



Figura 3.30: Manchas no elemento Cortina Central Sul – Viaduto W –11/12 Norte.

O dano de manchas foi classificado como sendo de grande dimensão – mais da metade do elemento – consistindo em fator de intensidade igual a 3.



Figura 3.31: Cobrimento deficiente, corrosão e desagregação no elemento Cortina Central Sul – Viaduto W –11/12 Norte.

O dano de cobrimento deficiente foi avaliado com fator de intensidade igual a 2, já que permitia a localização das armaduras em diversos pontos. Já o dano de corrosão foi enquadrado com fator igual a 3, por constarem no elemento grandes manchas e fissuras oriundas de processos corrosivos. O dano de desagregação foi registrado com fator de intensidade mínimo, igual a 2, por estar no o início de sua manifestação.



Figura 3.32: Fissuras e falhas de concretagem no elemento Cortina Central Sul – Viaduto W – 11/12 Norte.

As fissuras do elemento foram classificadas com fator de intensidade igual a 2, por representar situação de estabilidade, porém acima dos limites previstos. O dano de falhas de concretagem foi avaliado com fator de intensidade igual a 1, por se apresentar superficialmente e em extensão pouco significativa.

○ *Cortina Central Norte:*

A cortina central norte do viaduto W na entrequadra 11/12 norte contava com os danos de cobrimento deficiente, corrosão de armaduras, falha de concretagem, fissuras e manchas.

O cobrimento deficiente foi classificado com fator de intensidade igual a 2, por permitir visualizar armaduras em diversos pontos da cortina. A corrosão de armaduras foi evidenciada em manifestações leves com pequenas manchas, o que levou a pontuação igual a 2 para o fator de intensidade. O dano de falha de concretagem teve fator de intensidade igual a 1, por sua pequena dimensão em relação às dimensões da peça. A fissura encontrada foi classificada

com fator 2, por sua característica estável, embora com abertura maior que a prevista. Por fim, as manchas no elemento foram pontuadas com fator de intensidade igual a 2, por se tratarem de manchas escuras de pouca extensão frente à dimensão do elemento estrutural. As *Figuras 3.33 e 3.34* ilustram a situação observada em campo para o presente elemento.



Figura 3.33: Manchas e falhas no elemento Cortina Central Norte – Viaduto W –11/12 Norte.

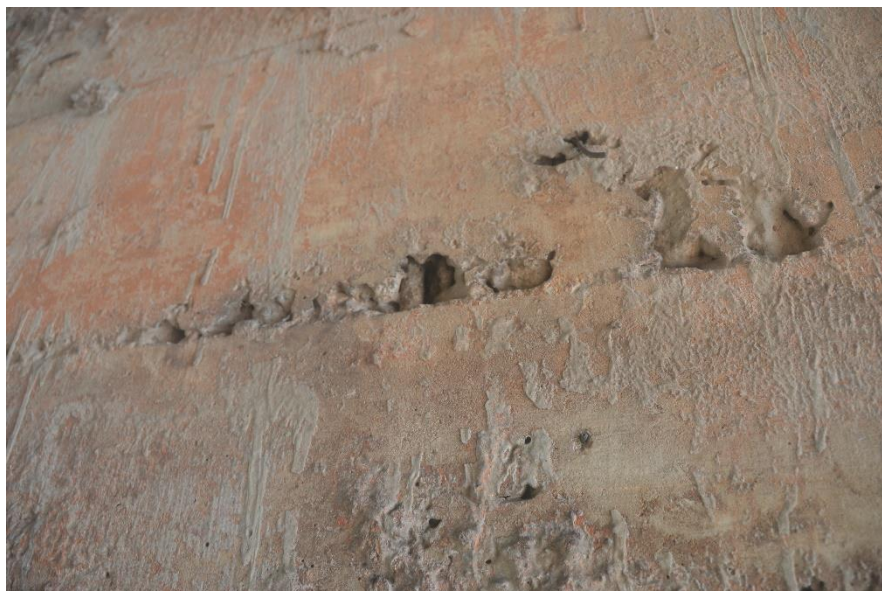


Figura 3.34: Falha de Concretagem no Cortina Central Norte – Viaduto W –11/12 Norte.



- ***Cortina Sul L:***

A cortina sul L do viaduto avaliado apresentou danos de desagregação, falha de concretagem e manchas. As *Figuras 3.35 e 3.36* ilustram a situação evidenciada em campo para o elemento estrutural vistoriado.



Figura 3.35: Cobrimento deficiente e manchas no elemento Cortina Sul L – Viaduto W – 11/12 Norte.



Figura 3.36: Falhas de concretagem/desagregação - Cortina Sul L – Viaduto W –11/12 N.

O dano de desagregação foi avaliado com fator de intensidade igual a 2, por se encontrar no início da manifestação. O dano de falha de concretagem teve fator de intensidade igual a 1, por sua extensão pequena na peça. O dano de manchas foi classificado com fator de intensidade igual a 2, por conta das manchas escuras em menos da metade da cortina.

○ ***Cortina Norte L:***

A cortina norte L do viaduto W analisado apresentou danos de cobrimento deficiente, corrosão de armaduras, falhas de concretagem, assim como fissuras e manchas. As *Figuras 3.37 e 3.38* ilustram a situação inspecionada.



Figura 3.37: Cobrimento deficiente, manchas, falhas de concretagem - Cortina Norte L – Viaduto W –11/12 Norte.

O cobrimento deficiente foi caracterizado com fator de intensidade igual a 2, consistindo em menor que o previsto e permitindo a visualização de armaduras. As manchas foram evidenciadas em mais da metade do elemento estrutural, assim o fator de intensidade atribuído foi 3. As falhas de concretagem se mostraram significativas, inclusive com exposição de armaduras, o que levou à pontuação de 3 para o respectivo fator de intensidade.





Figura 3.38: Corrosão de armaduras – Cortina Norte L – Viaduto W –11/12 Norte.

As fissuras identificadas foram caracterizadas como excessivas e o fator de intensidade igual a 3. A corrosão de armaduras foi considerada grave, com grandes manchas e aberturas de corrosão, como na imagem acima sendo o fator de intensidade igual a 3.

▪ **2º Passo – Cálculo dos *Graus de Danos (D)* para cada um dos danos nos elementos:**

O cálculo do grau de dano –  $D$  – é o primeiro passo que utiliza formulações da metodologia GDE/UnB a partir das definições feitas anteriormente. Utilizando as equações da *Etapa 01*, descrita anteriormente, é possível obter os valores de  $D$  obedecendo a condicional imposta. À seguir apresenta-se a resolução do grau de dano para o dano de *Desagregação* no elemento *Tabuleiro* como forma de exemplificação. Ao final do 3º Passo estão disponíveis todos os graus de danos –  $D$  – calculados.

*Desagregação no Tabuleiro – Viaduto W – 11/12 Norte:*

➤ Fator de Ponderação -  $F_p$ : 3

➤ Fator de Intensidade -  $F_i$ : 3

Como o fator de intensidade é maior que 2, aplica-se a *equação 3.4* da *Etapa 01* desta seção.

$$D = (12 \cdot F_i - 28) \cdot F_p = (12 \cdot 3 - 28) \cdot 3 = 24$$

▪ 3º Passo – Cálculo do *Grau de Deterioração de um Elemento Estrutural* –  $G_{de}$ :

O cálculo do grau de deterioração para um elemento estrutural requer o cálculo prévio de todos os graus de danos para os danos encontrados no elemento. Sendo assim, a equação 3.5 da Etapa 2 desta seção pode ser aplicada. À título explicativo, o procedimento será demonstrado para o elemento *Tabuleiro* do viaduto analisado.

$$G_{de} = D_{máx} \cdot \left( 1 + \frac{\sum_{i=1}^m D_{(i)} - D_{máx}}{\sum_{i=1}^m D_{(i)}} \right) \quad G_{de} = 60 \cdot \left[ 1 + \frac{(157,6 - 60)}{157,6} \right] = 97,1573$$

Os resultados para todos os graus de danos –  $D$  – e para todos os graus de deterioração de elemento –  $G_{de}$  – dos elementos estruturais do viaduto analisado estão disponíveis nas Tabelas 3-3 a 3-12, adotando o mesmo procedimento demonstrado anteriormente.

Tabela 3-3: Resultados parciais – Tabuleiro.

ELEMENTO	Quadra		11/12 Norte		
	Danos	$F_p$	Viaduto W		
			$F_i$	D	
TABULEIRO	Fator de Relevância · Fr = 4	Cobrimento deficiente	3	2	4,8
		Corrosão de armaduras	5	3	40
		Desagregação	3	3	24
		Desplacamento	3		0
		Eflorescência	2	2	3,2
		Falhas de concretagem	2	3	16
		Fissuras	2 a 5		0
		Flechas	5		0
		Infiltração de água	3	2	4,8
		Manchas	3	2	4,8
		Abrasão do concreto	3	4	60
<b>G<sub>de</sub></b>				97,16	

Tabela 3-4: Resultados parciais – Guarda-Rodas W.

ELEMENTO	Quadra		11/12 Norte		
	Danos	$F_p$	Viaduto W		
			$F_i$	D	
Guarda-Rodas W	Fator de Relevância · Fr = 1	Cobrimento deficiente	3	1	2,4
		Corrosão de armaduras	5	2	8
		Desagregação	3		0
		Desplacamento	3		0
		Eflorescência	2		0
		Falhas de concretagem	2		0
		Fissuras	2	2	3,2
		Manchas	3	2	4,8
		Sinais de Esmagamento	4		0
		Infiltração de água	3	1	2,4
		Abrasão do Concreto	3		0
<b>G<sub>de</sub></b>				12,92	

Tabela 3-5: Resultados parciais – Guarda-Rodas L.

ELEMENTO		Quadra		11/12 Norte	
		Danos	F <sub>p</sub>	Viaduto W	
				F <sub>i</sub>	D
<b>Guarda-Rodas L</b>	Fator de Relevância - Fr = 1	Cobrimento deficiente	3	2	4,8
		Corrosão de armaduras	5	2	8
		Desagregação	3	2	4,8
		Desplacamento	3		0
		Eflorescência	2	1	1,6
		Falhas de concretagem	2		0
		Fissuras	3	2	4,8
		Manchas	3	2	4,8
		Sinais de Esmagamento	4		0
		Infiltração de água	3	1	2,4
		Abrasão do Concreto	3		0
<b>G<sub>de</sub></b>				13,95	

Tabela 3-6: Resultados parciais – Pista de Rolamento.

ELEMENTO		Quadra		11/12 Norte	
		Danos	F <sub>p</sub>	Viaduto W	
				F <sub>i</sub>	D
<b>PISTA DE ROLAMENTO</b>	Fator de Relevância - Fr = 2	Descontinuidade	3		0
		Desgaste superficial	3		0
		Desgaste da sinalização	4		0
					0
					0
					0
					0
					0
					0
					0
					0
<b>G<sub>de</sub></b>				0,00	

Tabela 3-7: Resultados parciais – Cortina Sul W.

ELEMENTO		Quadra		11/12 Norte	
		Danos	F <sub>p</sub>	Viaduto W	
				F <sub>i</sub>	D
<b>CORTINA SUL W</b>	Fator de Relevância - Fr = 3	Cobrimento deficiente	3		0
		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	3	16
		Infiltração de água	3		0
		Manchas	3	2	4,8
		Sinais de Esmagamento	4		0
		Abrasão do concreto	3		0
<b>G<sub>de</sub></b>				19,69	

Tabela 3-8: Resultados parciais – Cortina Norte W.

ELEMENTO	Quadra		11/12 Norte		
	Danos	F <sub>p</sub>	Viaduto W		
			F <sub>i</sub>	D	
CORTINA NORTE W	Fator de Relevância - Fr = 3	Cobrimento deficiente	3		0
		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		0
		Infiltração de água	3		0
		Manchas	3	2	4,8
		Sinais de Esmagamento	4		0
		Abrusão do concreto	3		0
<b>G<sub>de</sub></b>				6,00	

Tabela 3-9: Resultados parciais – Cortina Central Sul.

ELEMENTO	Quadra		11/12 Norte		
	Danos	F <sub>p</sub>	Viaduto W		
			F <sub>i</sub>	D	
CORTINA CENTRAL SUL	Fator de Relevância - Fr = 5	Cobrimento deficiente	3	2	4,8
		Corrosão de armaduras	5	3	40
		Desagregação	3	2	4,8
		Deslocamento por empuxo	5		0
		Desplacamento	3		0
		Desvio de geometria	3		0
		Eflorescência	2		0
		Falhas de concretagem	2	1	1,6
		Fissuras	3	2	4,8
		Infiltração de água	3		0
		Manchas	3	3	24
		Sinais de Esmagamento	4		0
		Abrusão do concreto	3		0
<b>G<sub>de</sub></b>				60,00	

Tabela 3-10: Resultados parciais – Cortina Central Norte.

ELEMENTO	Quadra		11/12 Norte		
	Danos	F <sub>p</sub>	Viaduto W		
			F <sub>i</sub>	D	
CORTINA CENTRAL NORTE	Fator de Relevância - Fr = 5	Cobrimento deficiente	3	2	4,8
		Corrosão de armaduras	5	2	8
		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	3	2	4,8
		Infiltração de água	3		0
		Manchas	3	2	4,8
		Sinais de Esmagamento	4		0
		Abrusão do concreto	3		0
<b>G<sub>de</sub></b>				13,33	

Tabela 3-11: Resultados parciais – Cortina Sul L.

ELEMENTO	Quadra		11/12 Norte		
	Danos	F <sub>p</sub>	Viaduto W		
			F <sub>i</sub>	D	
CORTINA SUL L	Fator de Relevância - Fr = 3	Cobrimento deficiente	3		0
		Corrosão de armaduras	5		0
		Desagregação	3	2	4,8
		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		0
		Infiltração de água	3		0
		Manchas	3	2	4,8
		Sinais de Esmagamento	4		0
		Abrasão do concreto	3		0
<b>G<sub>de</sub></b>				7,54	

Tabela 3-12: Resultados parciais – Cortina Norte L.

ELEMENTO	Quadra		11/12 Norte		
	Danos	F <sub>p</sub>	Viaduto W		
			F <sub>i</sub>	D	
CORTINA NORTE L	Fator de Relevância - Fr = 3	Cobrimento deficiente	3	2	4,8
		Corrosão de armaduras	5	3	40
		Desagregação	3		0
		Deslocamento por empuxo	5		0
		Desplacamento	3		0
		Desvio de geometria	3		0
		Eflorescência	2		0
		Falhas de concretagem	2	3	16
		Fissuras	2	3	16
		Infiltração de água	3		0
		Manchas	3	3	24
		Sinais de Esmagamento	4		0
		Abrasão do concreto	3		0
<b>G<sub>de</sub></b>				64,13	

▪ **4º Passo - Cálculo do Grau de Deterioração de uma Família – G<sub>df</sub>:**

Com todos os graus de deterioração de elemento calculados é possível progredir para o cálculo do grau de deterioração estrutural de uma família – G<sub>df</sub>. As famílias de elementos estruturais similares foram definidas nesse trabalho da seguinte maneira:

- Família Tabuleiro:
  - Tabuleiro;
- Família Guarda-Rodas:
  - Guarda-Rodas W;
  - Guarda-Rodas L.
- Família Cortinas Centrais:
  - Cortina Central Sul;
  - Cortina Central Norte.
- Família Cortinas Laterais:
  - Cortina Sul W;
  - Cortina Norte W;
  - Cortina Sul L;
  - Cortina Norte L.
- Família Pista de Rolamento:
  - Pista de Rolamento.

À título de exemplificação, o cálculo do grau de deterioração da família –  $G_{df}$  – foi detalhado para a família de cortinas laterais, utilizando a *equação 3.6* da *Etapa 03* descrita anteriormente. Os demais resultados são apresentados ao final do 5º passo desta seção.

$$G_{df} = G_{demáx} \cdot \left( \sqrt{1 + \frac{\sum_{i=1}^m G_{de(i)} - G_{demáx}}{\sum_{i=1}^m G_{de(i)}}} \right) \quad G_{df} = 64,13 \cdot \left( \sqrt{1 + \frac{(97,36 - 64,13)}{97,36}} \right) = 74,272$$

▪ **5º Passo - Grau de Deterioração da Estrutura –  $G_d$ :**

Finalmente, o grau de deterioração da estrutura como um todo pode ser avaliado utilizando a *equação 3.7* da *Etapa 04* desta seção. Para que a mesma seja empregada, é necessário saber quais fatores de relevância aplicar para cada família. Sendo assim, seguem os fatores de relevância adotados:

- Família Tabuleiro:  $F_r = 4$
- Família Guarda-Rodas:  $F_r = 1$
- Família Cortinas Centrais:  $F_r = 5$
- Família Cortinas Laterais:  $F_r = 3$
- Família Pista de Rolamento:  $F_r = 2$

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

$$K_{máx} = 97,16 \cdot 4 = 388,64$$

$$\sum_{i=1}^k K_i = (97,16 \cdot 4) + (16,97 \cdot 1)(74,27 \cdot 3) + (65,23 \cdot 5) + (0 \cdot 2) = 954,57$$

$$G_{d,mod} = \frac{388,64}{7,07} \cdot \sqrt{1 + \frac{(954,57) - 388,64}{954,57}} = 69,377$$

Com o grau de deterioração da estrutura calculado, é possível definir que o viaduto W da entrequadra 11/12 Norte teve nível alto de deterioração da estrutura. Segue abaixo a *Tabela 3-13* com os resultados completos dos graus de deterioração de cada família, bem como com o resultado final e classificação do nível de deterioração da estrutura.

Tabela 3-13: Resultado Final - Viaduto W - 11/12 Norte

Quadra 11/12 Norte					
Viaduto W					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ )	Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ )	Fator de Relevância ( $F_r$ )	Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ )	Nível de Deterioração da Estrutura
<i>Tabuleiro</i>	97,16	97,16	4	<b>69,38</b>	<b>Alto</b>
<i>Guarda-Rodas W</i>	12,92	16,97	1		
<i>Guarda-Rodas L</i>	13,95				
<i>Cortina Sul W</i>	19,69	74,27	3		
<i>Cortina Norte W</i>	6,00				
<i>Cortina Sul L</i>	7,54				
<i>Cortina Norte L</i>	64,13				
<i>Cortina Central Sul</i>	60,00	65,23	5		
<i>Cortina Central Norte</i>	13,33				
<i>Pista de Rolamento</i>	0,00	0,00	2		

## **4. CATÁLOGO DE DANOS EM OBRAS DE ARTE ESPECIAIS**

### **4.1. INTRODUÇÃO**

Com o objetivo de auxiliar futuros técnicos avaliadores de Obras de Arte Especiais utilizando a metodologia GDE/UnB, foi desenvolvido o presente catálogo para documentar os principais danos evidenciados nos viadutos, além de estabelecer as condições para enquadramento das situações vistoriadas em campo em cada tipo de dano.

Segundo Verly (2015), “os materiais constituintes das OAEs se degradam com o tempo, implicando em alterações nas suas propriedades e no seu desempenho”. As mudanças de propriedade e de desempenho referenciadas pelo autor são geradas pelas ditas patologias das estruturas.

As patologias podem ser elencadas em função dos tipos de manifestação e, a partir do processo de classificação e de catalogação das mesmas, é possível aplicar métodos de análises das condições estruturais a fim de orientar de programas de manutenção mais adequados. Além disso, é possível relacionar as patologias com suas respectivas causas (VERLY, 2015), o que permite a correção dos problemas de modo a evitar que novas patologias e danos surjam.

As origens dos danos nas estruturas estão associadas a diversas causas, desde falhas no processo executivo ou de projeto, causas naturais ou constitutivas dos próprios materiais, ou ainda, ações externas exercidas sobre a estrutura (LAURIA, 2018). Obras de Arte especiais tem, por natureza, propensão maior ao desenvolvimento de patologias e danos, haja vista o uso contínuo e a falta cultural e executiva de programas preventivos de manutenção (LOURENÇO, 2009). Assim, é importante elencar os principais danos de interesse para as OAEs em estudo, de modo a facilitar o seu conhecimento e a identificação em campo. As demais patologias ou danos previstos para classificação de danos em OAEs podem ser observadas no Manual de Aplicação da Metodologia GDE/UnB a Obras de Arte Especiais (VERLY, 2015). Para ilustração, foram utilizadas as imagens registradas durante a inspeção preliminar realizada ao longo do Eixo Rodoviário Norte.



## **4.2. MANIFESTAÇÕES DE DANOS EM OAEs**

### **4.2.1. MANCHAS**

As manchas são um dos primeiros sinais da degradação da estrutura. Trata-se de contaminação superficial do material provocando o aparecimento de manchas escuras, sendo a origem das mesmas na ação de microorganismos – fungos, mofo, entre outros (VERLY, 2015). A *Figura 4.1* apresenta exemplificação de manchas na superfície de concreto aparente.



Figura 4.1: Exemplo de manchas na superfície - cortina lateral – 05/06 Norte, Brasília – DF.

Como é possível ver na figura acima, grande parte da superfície de concreto se apresenta manchada, provavelmente em função do contato com a umidade na porosidade do concreto que leva a exaltação da cor escura na superfície do concreto.

### **4.2.2. FALHAS DE CONCRETAGEM**

As falhas de concretagem, também conhecidas como ninhos ou nichos de concretagem, tratam-se da ocorrência de espaços vazios não preenchidos pelo concreto na forma executada. As causas podem ser oriundas de vibração deficiente no lançamento, da consistência ou da dosagem equivocada do concreto lançado ou até mesmo da utilização de agregados graúdos com diâmetros máximo incoerentes com as dimensões da peça em concretagem; a perda de nata de cimento por falhas de forma também pode ser fator causador de falhas. Consiste em patologia que diminui o cobrimento das armaduras, conseqüentemente promovendo maior deterioração e

aparecimento de novas patologias associadas. As *Figura 4.2 e 4.3* exemplificam falhas de concretagem observadas durante a inspeção preliminar deste trabalho.



Figura 4.2: Exemplo de falha de concretagem– 05/06 Norte – Brasília, DF



Figura 4.3: Exemplo de falhas de concretagem – 01/02 Norte, Brasília – DF

A *Figura 4.2* apresenta falha na parte inferior da cortina chegando, inclusive, a expor armaduras principais importantes enquanto a *Figura 4.3* apresenta falha mais superficial em uma das cortinas centrais da quadra 01/02 Norte de Brasília.



### 4.2.3. DESAGREGAÇÃO

A desagregação trata-se de patologia na qual o concreto perde gradativamente sua capacidade aglomerante promovendo a soltura dos agregados graúdos e consiste em fenômeno tipicamente causado por ataques químicos ao concreto (VERLY, 2015). Há perda de coesão entre os materiais constituintes do concreto, levando a perdas de seção e de cobrimento e impactando fortemente na resistência do elemento estrutural e em sua vida útil. É possível observar caso de desagregação na *Figura 4.4*.

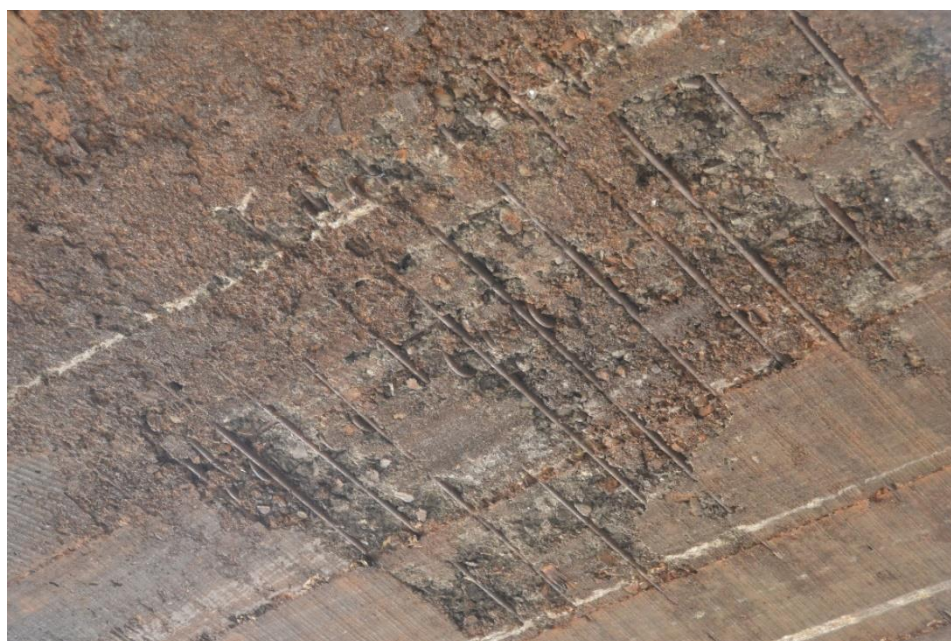


Figura 4.4: Exemplo de desagregação – 07/08 Norte – Brasília, DF

Na *Figura 4.4* observamos a iminente soltura de partes da massa de concreto, caracterizando a perda de capacidade aglomerante do concreto e consequente soltura de agregados graúdos, características do dano de desagregação do concreto.

### 4.2.4. FISSURAS

A fissuração de elementos de concreto é algo natural principalmente quando se trata de concreto armado como tecnologia empregada, além de acontecer em função da variabilidade de resistência ao longo das peças e a baixa resistência a esforços de tração do material, o que acaba facilitando o surgimento de fissuras. Entretanto existem limitações prescritas em norma para abertura das fissuras, sendo necessário avaliar o deslocamento da mesma ao longo do tempo,

além da profundidade e condições ambientais atuantes. A partir de tal avaliação é possível determinar a gravidade das fissuras como patologia. A *Figura 4.5* apresenta um caso de fissura.



Figura 4.5: Exemplo de fissura – 05/06 Norte, Brasília – DF

Como é possível observar na figura acima, a junta de dilatação (junta prevista em projeto) executada na cortina não foi suficiente para dissipar as tensões de movimentação da estrutura, dessa maneira uma fissura se abriu até o pé da cortina caracterizando o dano no elemento estrutural.

#### **4.2.5. EFLORESCÊNCIA**

Trata-se de patologia gerada pela precipitação de crostas brancas de carbonato de cálcio na superfície do concreto em função da interação dos produtos da lixiviação com o gás carbônico do ar atmosférico. A precipitação causa hidrólise da pasta de cimento e dissolução dos produtos de cálcio. A eflorescência causa aumento da porosidade do concreto, podendo ter analogia com a osteoporose nos ossos humanos. Consiste em patologia capaz de levar à ruína o elemento estrutural que estiver sujeito à mesma por um período de tempo relativamente curto (VERLY, 2015). A *Figura 4.6* exemplifica um caso de formação de eflorescência.



Figura 4.6: Exemplo de Eflorescência – 13/14 Norte – Brasília, DF

A figura acima ilustra um caso de eflorescência no tabuleiro de um dos viadutos. Sua apresentação deixa clara a ocorrência de fluxo de água, provável causador do carreamento de carbonato de cálcio do concreto.

#### 4.2.6. CORROSÃO DAS ARMADURAS

O processo de corrosão das armações acontece por meio de reações de óxido-redução que transformam átomos metálicos em íons livres (LOURENÇO, 2009). Os óxidos e hidróxidos de ferro gerados nas reações apresentam volume superior aos compostos originais (chegando a 6 vezes maior) o que induz tensões de tração elevadas (na ordem de até 15 MPa) no concreto e assim induzindo fissuras (VERLY, 2015). A intensidade de ocorrência de corrosão em estruturas de concreto está intimamente ligada com o cobrimento da peça além da condição ambiental e agentes agressivos atuantes. O início do processo corrosivo manifesta manchas marrom-avermelhadas ou esverdeadas na superfície e na medida em que evolui é possível avaliar perda de seção das barras de aço. A *Figura 4.7* a seguir ilustra caso de armaduras em processo corrosivo.



Figura 4.7: Exemplo de corrosão das armaduras – 11/12 Norte – Brasília, DF



A figura acima apresenta parte de um tabuleiro muito danificado em função da ação de agentes deletérios sobre a estrutura. A presença de manchas alaranjadas bem como fissuras e fortes deslocamentos da massa de concreto demonstram a evolução da corrosão culminando nas barras oxidadas já expostas.

#### 4.2.7. ABRASÃO DO CONCRETO

A abrasão do concreto consiste no desgaste do mesmo em função do choque com partículas. Essa patologia pode ser ocasionada pelos agentes do meio ambiente tais como a ação da água na forma de ondas ou até mesmo pelos humanos no choque de veículos com a estrutura (LAURIA, 2018). Os níveis de abrasão são gradativos variando desde marcas na superfície até a exposição de barras de aço internas da massa de concreto. A *Figura 4.8* exemplifica a abrasão no concreto armado com exposição das armaduras.



Figura 4.8: Exemplo de abrasão com exposição de armaduras – 11/12 Norte, Brasília – DF

De maneira frequente, o dano definido como abrasão do concreto foi flagrado nos viadutos, sendo o caso acima mais um dos tabuleiro que sofreu com passagens de veículos que, fora do gabarito de rodagem, arrastam e colidem com a estrutura provocando desde rajados de riscos até fortes quebras de seção com exposição de barras de aço, como é o caso evidenciado acima.

## 5. RESULTADOS

Com base nas inspeções efetuadas nas quadras do Eixo Rodoviário Norte, foi possível criar banco de imagens que permitiu a identificação de danos presentes nas estruturas e a determinação de seus respectivos fatores de intensidade. Com os valores definidos para tais fatores, a metodologia GDE/UnB foi aplicada na última revisão da literatura, utilizando as equações demonstradas na *seção 3.4 – Manual de Cálculo*.

Os resultados gerais encontrados para o grau de deterioração estrutural dos viadutos analisados estão apresentados na *Tabela 5-1* a seguir. Vale ressaltar que são apresentados ambos os valores, de  $G_d^*$  e  $G_d$ , considerando apenas os valores de  $G_{de} \geq 15$  e avaliando a partir de todos os valores de  $G_{de}$ , respectivamente.

Tabela 5-1: Resultados da aplicação da metodologia GDE/UnB em viadutos do Eixo Rodoviário Norte – Brasília

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

Pode-se observar que os valores de  $G_d^*$  e  $G_d$  variaram muito pouco, no máximo em 7,70 pontos de diferença (viaduto W da quadra 09/10). Embora tenha ocorrido essa variação, a classificação do nível de deterioração permaneceu a mesma para quase todos os casos, com exceção do viaduto L da quadra 05/06, cuja classificação passou de média para alta. Nesse sentido, considerou-se a diferença apresentada entre as duas formas de cálculo pequena, concluindo-se que não houve grandes discrepâncias e distorções entre os dois métodos de cálculo. Constatou-se, então, que não há necessidade de avaliação de ambos os valores para cada estrutura e que, portanto, serão considerados apenas os resultados de  $G_d$ , utilizando todos os valores de  $G_{de}$  no cálculo.

Quanto aos viadutos analisados, observa-se que foram classificados entre os níveis de deterioração baixo e alto, sendo cerca de 8% deles com nível de deterioração baixo, constatando necessidade apenas de manutenção preventiva; 54% com nível médio, enquadrando-se no caso de manutenção em até 2 anos; e 38% com nível de deterioração alto, necessitando de manutenção no período máximo de 1 ano conforme prescrições da metodologia aplicada.

A seguir, encontram-se detalhados os resultados para cada viaduto nas *seções 5.1 a 5.8*. A *seção 5.9* apresenta análise dos resultados obtidos com a presente avaliação e a *seção 5.10* aborda a comparação com os resultados de *Santiago & Azevedo (2012)*.

De maneira complementar, é possível consultar a análise completa no *anexo B*, com os respectivos valores de  $F_p$ ,  $F_i$  e  $D$  calculados para cada dano dos viadutos analisados. O *anexo C*, por sua vez, apresenta os resultados completos – tanto de  $G_d^*$  e  $G_d$  para as quadras analisadas.



## 5.1. QUADRA 01/02

Os resultados obtidos para a quadra 01/02 estão divididos por cada viaduto componente da quadra em questão. Nesta parte constam os resultados que consideram todos os valores de  $G_{de}$  nos cálculos efetuados com a justificativa proposta anteriormente nesse capítulo.

### 5.1.1. Viaduto W – Quadra 01/02

Os resultados da aplicação da metodologia no Viaduto W desta quadra são apresentados, resumidamente, na *Tabela 5-2*.

Tabela 5-2: Resultados – Viaduto W – Quadra 01/02 Norte

Quadra 01/02 Norte					
Viaduto W					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ )	Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ )	Fator de Relevância ( $F_r$ )	Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ )	Nível de Deterioração da Estrutura
Tabuleiro	56,74	56,74	4	40,67	Médio
Guarda-Rodas W	36,57	60,74	1		
Guarda-Rodas L	51,01				
Cortina Sul W	6,00	34,40	3		
Cortina Norte W	6,00				
Cortina Sul L	7,54				
Cortina Norte L	29,05				
Cortina Central Sul	27,43	34,84	5		
Cortina Central Norte	28,54				
Pista de Rolamento	4,80	4,80	2		

A família que se mostrou mais deteriorada foi a família de guarda rodas –  $G_{df} = 60,74$ . Tal resultado é função da presença de fissuras, machas, infiltração de água e sobretudo de corrosão das armaduras. A família de guarda-rodas se enquadrou no nível de deterioração alto juntamente com a família de tabuleiro –  $G_{df} = 56,74$  – com forte corrosão, manchas e abrasão no concreto. A análise do viaduto como um todo, por outro lado, constatou nível de deterioração médio (manutenção indicada em no máximo 18 meses).

A *Figura 5.1* apresenta ilustração da situação do tabuleiro do viaduto W na quadra 01/02.



Figura 5.1: Elemento tabuleiro – Viaduto W – Quadra 01/02

A *Figura 5.1* acima registra região da entrada do tabuleiro onde eventuais choques com veículos altos provocaram arrasto superficial e sucessivamente levaram a abrasão no concreto com exposição de armaduras que apresentam corrosão elevada pela exposição.

### 5.1.2. Viaduto Central – Quadra 01/02

Os resultados da aplicação da metodologia no Viaduto Central desta quadra são apresentados, resumidamente, na *Tabela 5-3*.

Tabela 5-3: Resultados – Viaduto Central – Quadra 01/02 Norte

Quadra 01/02 Norte					
Viaduto Central					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento (G <sub>de</sub> )	Grau de Deterioração da Família (G <sub>df</sub> )	Fator de Relevância (F <sub>r</sub> )	Grau de Deterioração Estrutural (G <sub>d</sub> )	Nível de Deterioração da Estrutura
Tabuleiro	47,74	47,74	4	43,60	Médio
Guarda-Rodas W	12,80	65,65	1		
Guarda-Rodas L	60,58				
Cortina Sul W	7,54	38,04	3		
Cortina Norte W	6,00				
Cortina Sul L	30,44				
Cortina Norte L	25,50	48,09	5		
Cortina Central Sul	45,52				
Cortina Central Norte	6,00				
Pista de Rolamento	31,64	31,64	2		

A família com maior grau de deterioração foi, novamente, a dos guarda-rodas com nível de deterioração alto, seguida pelas cortinas centrais e tabuleiros já com nível de deterioração enquadrada como médio, equivalente a classificação geral do viaduto. Em função da baixa relevância dos guarda-rodas, torna-se mais representativo tratar dos danos no tabuleiro e nas cortinas centrais. O tabuleiro enfrenta problemas de deslocamentos, eflorescências e manchas enquanto as cortinas centrais do viaduto apresentam corrosão de armações, falhas de concretagem e manchas.

A *Figura 5.2* apresenta registro da situação da cortina central sul e a *Figura 5.2* aponta dano no tabuleiro do viaduto Central na quadra 01/02.



Figura 5.3: Elemento tabuleiro – Viaduto Central – Quadra 01/02

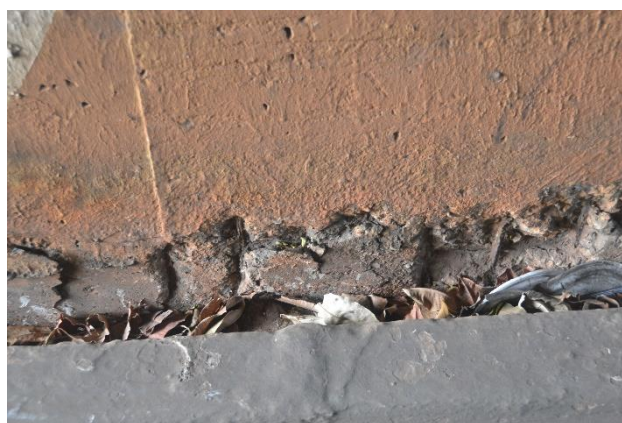


Figura 5.2: Elemento cortina central sul – Viaduto Central – Quadra 01/02

Como é possível observar nas imagens acima, a eflorescência do tabuleiro – *Figura 5.3* – tem dimensão pequena, porém com espessura da crosta de carbonato de cálcio, tornando o dano extremamente relevante na avaliação. Já a *Figura 5.2* da cortina central sul registra corrosão das armações na parte inferior da cortina, abertura de fissuras e agressão nas barras da região que já apresentam seção debilitada.

### 5.1.3. Viaduto L – Quadra 01/02

Os resultados da aplicação da metodologia no Viaduto L desta quadra são apresentados, resumidamente, na *Tabela 5-4*.

Tabela 5-4: Resultados – Viaduto L – Quadra 01/02 Norte

Quadra 01/02 Norte					
Viaduto L					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ )	Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ )	Fator de Relevância ( $F_r$ )	Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ )	Nível de Deterioração da Estrutura
Tabuleiro	68,28	68,28	4	46,77	Médio
Guarda-Rodas W	65,71	70,87	1		
Guarda-Rodas L	12,80				
Cortina Sul W	6,72	9,70	3		
Cortina Norte W	7,54				
Cortina Sul L	6,00				
Cortina Norte L	1,60				
Cortina Central Sul	22,00	25,75	5		
Cortina Central Norte	12,92				
Pista de Rolamento	4,80	4,80	2		

O viaduto L desta quadra seguiu o padrão encontrado nos outros viadutos, isto é, família guarda-rodas com deterioração extremamente elevada, seguido da família tabuleiro. Em função da baixa relevância da família de guarda-rodas, o grau de deterioração final da estrutura é muito mais atribuído às outras famílias, que por sua vez, apresentaram pontuações mais baixas levando a classificação média para o viaduto. O elemento tabuleiro apresentou danos de deslocamento, manchas e forte abrasão do concreto para justificar o  $G_{df} = 68,28$ . A *Figura 5.4* apresenta registro do tabuleiro do viaduto L na quadra 01/02.

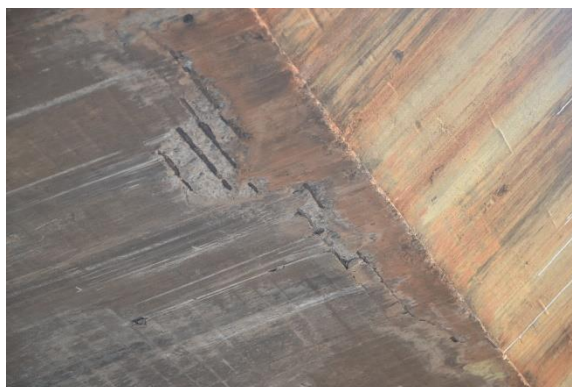


Figura 5.4: Elemento tabuleiro – Viaduto L – Quadra 01/02

Como é possível observar na *Figura 5.4* acima, a região de entrada por baixo do tabuleiro foi afetada com arrasto de veículos que progressivamente provocaram abrasão com quebra de seção considerável e exposição de armações.

## 5.2. QUADRA 03/04

Os resultados obtidos para a quadra 03/04 estão divididos por cada viaduto componente da quadra em questão. Nesta parte constam os resultados que consideram todos os valores de  $G_{de}$  nos cálculos efetuados com a justificativa proposta anteriormente nesse capítulo.

### 5.2.1. Viaduto W – Quadra 03/04

Os resultados da aplicação da metodologia no Viaduto W desta quadra são apresentados, resumidamente, na *Tabela 5-5*.

Tabela 5-5: Resultados – Viaduto W – Quadra 03/04 Norte

Quadra 03/04 Norte					
Viaduto W					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ )	Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ )	Fator de Relevância ( $F_r$ )	Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ )	Nível de Deterioração da Estrutura
Tabuleiro	40,00	40,00	4	56,71	Alto
Guarda-Rodas W	11,79	26,73	1		
Guarda-Rodas L	23,11				
Cortina Sul W	28,00	42,38	3		
Cortina Norte W	7,20				
Cortina Sul L	33,60				
Cortina Norte L	13,33				
Cortina Central Sul	56,74	65,45	5		
Cortina Central Norte	28,00				
Pista de Rolamento	7,20	7,20	2		

O viaduto W da presente quadra se caracterizou por danos altos nas cortinas centrais, seguidas das cortinas laterais e tabuleiro. A cortina central sul foi o elemento com maior grau de deterioração de elemento contando com cobrimento deficiente, corrosão de armaduras e manchas em quase toda a extensão do elemento estrutural.

A *Figura 5.5* apresenta registro da cortina central sul do viaduto W na quadra 03/04.



Figura 5.5: Elemento cortina central sul– Viaduto W – Quadra 03/04

A Figura 5.5 disposta apresenta os danos de revestimento deficiente que evoluíram para abertura de fissuras e consequente corrosão das armaduras, é importante salientar que grande área da superfície do elemento se encontrava com o estado representado na figura.

### 5.2.2. Viaduto Central – Quadra 03/04

Os resultados da aplicação da metodologia no Viaduto Central desta quadra são apresentados, resumidamente, na Tabela 5-6.

Tabela 5-6: Resultados – Viaduto Central – Quadra 03/04 Norte

Quadra 03/04 Norte					
Viaduto Central					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento (G <sub>de</sub> )	Grau de Deterioração da Família (G <sub>df</sub> )	Fator de Relevância (F <sub>r</sub> )	Grau de Deterioração Estrutural (G <sub>d</sub> )	Nível de Deterioração da Estrutura
Tabuleiro	89,80	89,80	4	<b>62,88</b>	<b>Alto</b>
Guarda-Rodas W	42,00	51,42	1		
Guarda-Rodas L	41,79				
Cortina Sul W	6,72	42,75	3		
Cortina Norte W	6,00				
Cortina Sul L	35,14				
Cortina Norte L	19,69				
Cortina Central Sul	30,00	32,95	5		
Cortina Central Norte	7,80				
Pista de Rolamento	31,64	31,64	2		



A família em pior estado de conservação do viaduto central desta quadra foi a família de tabuleiro enquadrando-se com nível de deterioração sofrível. O tabuleiro detinha danos de corrosão e falhas de concretagem, assim como presença de eflorescências. Já a análise do viaduto como um todo resultou em classificação no nível de deterioração alto. A *Figura 5.6* apresenta registro do tabuleiro do viaduto Central na quadra 03/04.



Figura 5.6: Elemento tabuleiro – Viaduto Central – Quadra 03/04

A *Figura 5.6* disposta apresenta o dano de corrosão das armaduras do tabuleiro que chegam a ter perda de seção das barras. O dano foi considerado com fator de intensidade alto por esse motivo extremamente comprometedor da funcionalidade estrutural da obra de arte especial.

### 5.2.3. Viaduto L – Quadra 03/04

Os resultados da aplicação da metodologia no Viaduto L desta quadra são apresentados, resumidamente, na *Tabela 5-7*.

Quadra 03/04 Norte					
Viaduto L					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento (G <sub>de</sub> )	Grau de Deterioração da Família (G <sub>df</sub> )	Fator de Relevância (F <sub>r</sub> )	Grau de Deterioração Estrutural (G <sub>d</sub> )	Nível de Deterioração da Estrutura
Tabuleiro	60,00	60,00	4	44,95	Médio
Guarda-Rodas W	35,14	37,62	1		
Guarda-Rodas L	6,00				
Cortina Sul W	49,70	56,00	3		
Cortina Norte W	4,80				
Cortina Sul L	6,00				
Cortina Norte L	7,54				
Cortina Central Sul	6,72	49,52	5		
Cortina Central Norte	46,67				
Pista de Rolamento	4,80	4,80	2		

Observa-se que as famílias de tabuleiro e cortinas laterais tiveram pontuações parecidas na avaliação, resultando em classificação como nível de deterioração alto. Por outro lado, como as outras famílias tiveram pontuações menores o nível de deterioração do viaduto foi enquadrado como médio.

A *Figura 5.7* apresenta registro do tabuleiro do viaduto L na quadra 03/04.

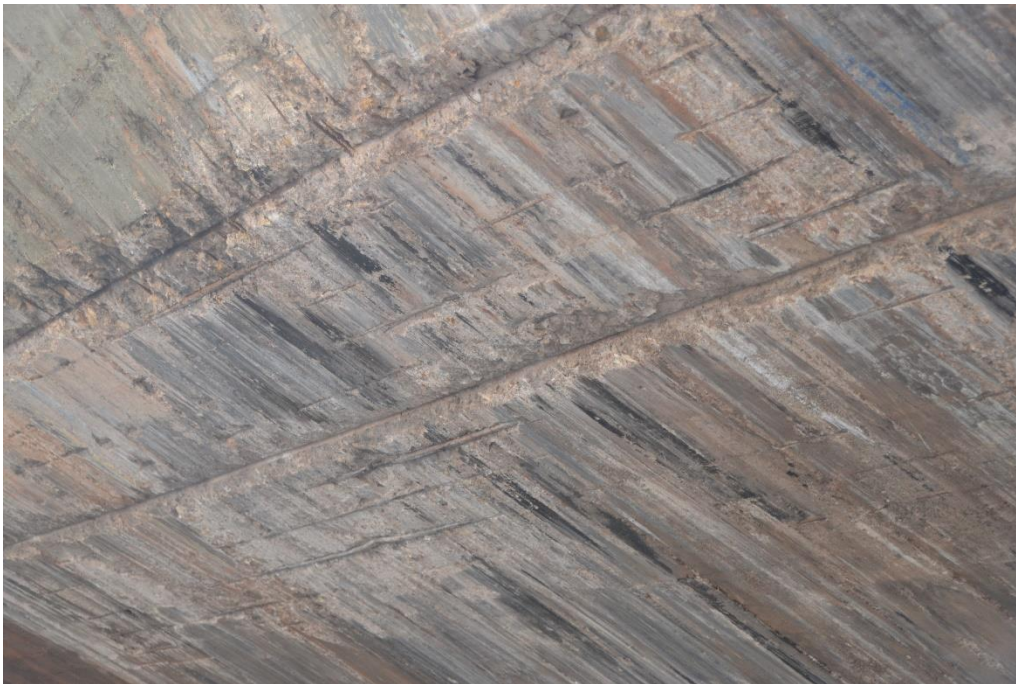


Figura 5.7: Elemento tabuleiro – Viaduto L – Quadra 03/04

Como a *Figura 5.7* deixa claro, o principal dano observado foi o de abrasão do concreto. Foi possível evidenciar marcas de arrastos fortes em todo o tabuleiro sendo que na parte de entrada algumas barras estavam expostas e outras já não estavam mais na localização, deixando apenas a evidencia pelas marcas no concreto.

### **5.3. QUADRA 05/06**

Os resultados obtidos para a quadra 05/06 estão divididos por cada viaduto componente da quadra em questão. Nesta parte constam os resultados que consideram todos os valores de  $G_{de}$  nos cálculos efetuados com a justificativa proposta anteriormente nesse capítulo.



### 5.3.1. Viaduto W – Quadra 05/06

Os resultados da aplicação da metodologia no Viaduto W desta quadra são apresentados, resumidamente, na *Tabela 5-8*.

Tabela 5-8: Resultados – Viaduto W – Quadra 05/06 Norte

Entrequadra 05/06 Norte					
Viaduto W					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento (G <sub>de</sub> )	Grau de Deterioração da Família (G <sub>df</sub> )	Fator de Relevância (F <sub>r</sub> )	Grau de Deterioração Estrutural (G <sub>d</sub> )	Nível de Deterioração da Estrutura
<i>Tabuleiro</i>	84,57	84,57	4	<b>60,35</b>	<b>Alto</b>
<i>Guarda-Rodas W</i>	11,56	35,62	1		
<i>Guarda-Rodas L</i>	31,64				
<i>Cortina Sul W</i>	4,80	41,82	3		
<i>Cortina Norte W</i>	36,00				
<i>Cortina Sul L</i>	7,80				
<i>Cortina Norte L</i>	6,72				
<i>Cortina Central Sul</i>	53,68	62,57	5		
<i>Cortina Central Norte</i>	30,00				
<i>Pista de Rolamento</i>	7,20	7,20	2		

O viaduto W da presente quadra teve pontuação com nível sofrível no tabuleiro e alta nas cortinas centrais, sendo que a situação geral da estrutura foi classificada com nível de deterioração alto. A situação do tabuleiro é preocupante em função de danos elevados de corrosão de armação, abrasão do concreto e algumas eflorescências. A *Figura 5.8* apresenta registro do tabuleiro do viaduto W na quadra 05/06.



Figura 5.8: Elemento tabuleiro – Viaduto W – Quadra 05/06

É possível constatar na *Figura 5.8* um caso de corrosão acentuada de armação principal do tabuleiro do viaduto, isso porque é possível perceber perda de seção da barra de aço, mostrando o seu real comprometimento em função do dano de corrosão. O dano de abrasão do concreto também estava muito preocupante, inclusive com armações expostas e ou caídas, sendo possível ver apenas as marcas das mesmas no concreto.

### 5.3.2. Viaduto Central – Quadra 05/06

Os resultados da aplicação da metodologia no Viaduto Central desta quadra são apresentados, resumidamente, na *Tabela 5-9*.

Tabela 5-9: Resultados – Viaduto Central – Quadra 05/06 Norte

Entrequadra 05/06 Norte					
Viaduto Central					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ )	Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ )	Fator de Relevância ( $F_r$ )	Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ )	Nível de Deterioração da Estrutura
Tabuleiro	25,50	25,50	4	23,86	Médio
Guarda-Rodas W	32,35	44,53	1		
Guarda-Rodas L	36,75				
Cortina Sul W	7,80	34,00	3		
Cortina Norte W	6,72				
Cortina Sul L	26,82				
Cortina Norte L	26,82	26,13	5		
Cortina Central Sul	21,33				
Cortina Central Norte	21,33				
Pista de Rolamento	6,40	6,40	2		

O viaduto central foi enquadrado com nível de deterioração médio, sendo que a família mais comprometida do mesmo foi a dos guarda-rodas. Essa família apresentava diversos danos como corrosão, desagregação, fissuras, manchas, eflorescências, deslocamento entre outros.

A *Figura 5.9* apresenta registro do guarda-rodas L do viaduto Central na quadra 05/06.



Figura 5.9: Elemento guarda-rodas L – Viaduto Central – Quadra 05/06

Na *Figura 5.9* é possível observar fissuras de corrosão, manchas na superfície de concreto, além de grande área com eflorescência na parte inferior do guarda-rodas. Tais fatores levaram a uma avaliação elevada para essa família de elementos.

### 5.3.3. Viaduto L – Quadra 05/06

Os resultados da aplicação da metodologia no Viaduto L desta quadra são apresentados, resumidamente, na *Tabela 5-10*.

Tabela 5-10: Resultados – Viaduto L – Quadra 05/06 Norte

Entrequadra 05/06 Norte					
Viaduto L					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ )	Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ )	Fator de Relevância ( $F_r$ )	Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ )	Nível de Deterioração da Estrutura
Tabuleiro	35,59	35,59	4	<b>50,17</b>	<b>Alto</b>
Guarda-Rodas W	35,80	81,56	1		
Guarda-Rodas L	70,55				
Cortina Sul W	7,80	10,15	3		
Cortina Norte W	7,80				
Cortina Sul L	3,20				
Cortina Norte L	6,72	58,32	5		
Cortina Central Sul	7,80				
Cortina Central Norte	55,00				
Pista de Rolamento	7,20	7,20	2		

A pior família em termos de estado de conservação para o presente viaduto consiste na família de guarda-rodas, entretanto a família de cortinas centrais também se encontra com nível de deterioração alto em função de danos de corrosão de armações e manchas. A *Figura 5.10* apresenta registro da cortina central norte do viaduto L na quadra 05/06.



Figura 5.10: Elemento cortina central norte – Viaduto L – Quadra 05/06

É possível na *Figura 5.10* observar que a parte de baixo da cortina central continha várias fissuras de corrosão com armações visivelmente corroídas em seu interior. O dano de corrosão foi o principal para enquadrar a família de elementos de cortinas centrais no nível de deterioração alto, justamente em função da grande área na qual o dano ocorria.

#### **5.4. QUADRA 07/08**

Os resultados obtidos para a quadra 07/08 estão divididos por cada viaduto componente da quadra em questão. Nesta parte constam os resultados que consideram todos os valores de  $G_{de}$  nos cálculos efetuados com a justificativa proposta anteriormente nesse capítulo.

### 5.4.1. Viaduto W – Quadra 07/08

Os resultados da aplicação da metodologia no Viaduto W desta quadra são apresentados, resumidamente, na *Tabela 5-11*.

Tabela 5-11: Resultados – Viaduto W – Quadra 07/08 Norte

Quadra 07/08 Norte					
Viaduto W					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento (G <sub>de</sub> )	Grau de Deterioração da Família (G <sub>df</sub> )	Fator de Relevância (F <sub>r</sub> )	Grau de Deterioração Estrutural (G <sub>d</sub> )	Nível de Deterioração da Estrutura
Tabuleiro	76,73	76,73	4	59,79	Alto
Guarda-Rodas W	32,68	36,76	1		
Guarda-Rodas L	11,79				
Cortina Sul W	6,72	45,06	3		
Cortina Norte W	4,80				
Cortina Sul L	38,14				
Cortina Norte L	13,50				
Cortina Central Sul	57,78	66,93	5		
Cortina Central Norte	30,00				
Pista de Rolamento	7,20	7,20	2		

O presente viaduto apresenta nível de deterioração altos para o tabuleiro e para as cortinas centrais. Os principais danos causadores dessa performance foram a desagregação, eflorescências, sinais de infiltração de água e abrasão no concreto, assim como corrosão de armações e falhas de concretagem. A *Figura 5.11* apresenta registro do tabuleiro do viaduto W na quadra 07/08.



Figura 5.11: Elemento tabuleiro – Viaduto W – Quadra 07/08

A *Figura 5.11* aponta caso grave de eflorescência no tabuleiro do viaduto. A extensão era grande e fortes manchas brancas (carbonato de cálcio) estavam visíveis, caracterizando assim o dano de eflorescência.

#### 5.4.2. Viaduto Central – Quadra 07/08

Os resultados da aplicação da metodologia no Viaduto Central desta quadra são apresentados, resumidamente, na *Tabela 5-12*.

Tabela 5-12: Resultados – Viaduto Central – Quadra 07/08 Norte

Quadra 07/08 Norte					
Viaduto Central					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ )	Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ )	Fator de Relevância ( $F_r$ )	Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ )	Nível de Deterioração da Estrutura
<i>Tabuleiro</i>	33,00	33,00	4	<b>36,20</b>	<b>Médio</b>
<i>Guarda-Rodas W</i>	12,36	39,91	1		
<i>Guarda-Rodas L</i>	35,59				
<i>Cortina Sul W</i>	6,00	10,19	3		
<i>Cortina Norte W</i>	6,00				
<i>Cortina Sul L</i>	6,72				
<i>Cortina Norte L</i>	7,80				
<i>Cortina Central Sul</i>	26,82	41,55	5		
<i>Cortina Central Norte</i>	34,67				
<i>Pista de Rolamento</i>	10,24	10,24	2		

O viaduto central teve equidade nos resultados para três das famílias: tabuleiro, guarda-rodas e cortinas centrais que tiveram avaliação como nível de deterioração médio. Já a família de cortinas laterais e a pista de rolamento detiveram nível de deterioração baixo. Como a cortina central norte teve maior grau de deterioração do elemento, pode-se analisar que esse resultado se deve a falhas de concretagem, fissuras e manchas na sua extensão. A *Figura 5.12* apresenta registro da cortina central norte do viaduto Central na quadra 07/08.





Figura 5.12: Elemento cortina central norte – Viaduto Central – Quadra 07/08

Como é possível observar na *Figura 5.12* acima, as fissuras se estendem por grande parte do comprimento da cortina. As mesmas foram caracterizadas como fissuras em função da maioria delas não permitirem a visualização de armações corroídas em seu interior.

#### 5.4.3. Viaduto L – Quadra 07/08

Os resultados da aplicação da metodologia no Viaduto L desta quadra são apresentados, resumidamente, na *Tabela 5-13*.

Tabela 5-13: Resultados – Viaduto L – Quadra 07/08 Norte

Quadra 07/08 Norte					
Viaduto L					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ )	Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ )	Fator de Relevância ( $F_r$ )	Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ )	Nível de Deterioração da Estrutura
Tabuleiro	40,00	40,00	4	49,65	Médio
Guarda-Rodas W	34,91	42,59	1		
Guarda-Rodas L	33,31				
Cortina Sul W	7,80	10,19	3		
Cortina Norte W	4,80				
Cortina Sul L	7,20				
Cortina Norte L	6,72				
Cortina Central Sul	47,74	58,10	5		
Cortina Central Norte	44,29				
Pista de Rolamento	7,20	7,20	2		

A situação do viaduto L da presente quadra foi classificada com nível de deterioração da estrutura médio. A pior família foi a das cortinas centrais que apresentaram cobrimentos deficientes, corrosão de armaduras e manchas. A *Figura 5.13* apresenta registro da cortina central norte do viaduto L na quadra 07/08.



Figura 5.13: Elemento cortina central norte – Viaduto L – Quadra 07/08

A Figura 5.13 apresenta parte da cortina central norte na qual é possível observar barras rompidas por corrosão e notório cobrimento deficiente em várias partes de sua extensão, motivo provável pelo qual a corrosão aconteceu e fez com que o aço exposto perdesse a função estrutural.

## 5.5. QUADRA 09/10

Os resultados obtidos para a quadra 09/10 estão divididos por cada viaduto componente da quadra em questão. Nesta parte constam os resultados que consideram todos os valores de  $G_{de}$  nos cálculos efetuados com a justificativa proposta anteriormente nesse capítulo.



### 5.5.1. Viaduto W – Quadra 09/10

Os resultados da aplicação da metodologia no Viaduto W desta quadra são apresentados, resumidamente, na *Tabela 5-14*.

Tabela 5-14: Resultados – Viaduto W – Quadra 09/10 Norte

Quadra 09/10					
Viaduto W					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ )	Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ )	Fator de Relevância ( $F_r$ )	Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ )	Nível de Deterioração da Estrutura
<i>Tabuleiro</i>	13,65	13,65	4	<b>12,82</b>	<b>Baixo</b>
<i>Guarda-Rodas W</i>	6,98	39,01	1		
<i>Guarda-Rodas L</i>	36,20				
<i>Cortina Sul W</i>	6,40	10,64	3		
<i>Cortina Norte W</i>	4,80				
<i>Cortina Sul L</i>	8,16				
<i>Cortina Norte L</i>	7,80				
<i>Cortina Central Sul</i>	11,56	14,15	5		
<i>Cortina Central Norte</i>	11,56				
<i>Pista de Rolamento</i>	0,00	0,00	2		

A família que se mostrou mais deteriorada foi a família de guarda rodas –  $G_{df} = 39,01$ . Tal resultado é função da presença de fissuras, machas, deslocamentos, abrasão, e sobretudo de cobertura deficiente e corrosão das armaduras. Tal família foi a única das famílias do presente viaduto que apresentou classificação de nível de deterioração médio, necessitando de manutenção em no máximo 2 anos. A análise do viaduto como um todo, por outro lado, constatou nível de deterioração baixo (manutenção preventiva indicada) em função do baixo fator de relevância atribuído à família guarda-rodas para a situação global da estrutura. A *Figura 5.14* apresenta ilustração da situação do guarda-rodas L, mais crítico dentre os dois guarda-rodas do viaduto W na quadra 09/10.



Figura 5.14: Elemento guarda-rodas L – Viaduto W – Quadra 09/10

Como é possível observar na *Figura 5.14* acima, a seção do guarda-rodas está completamente comprometida, apresentando cobertura deficiente com armaduras expostas e provável quebra de seção em função de abrasão, choque com veículo automotor.

### 5.5.2. Viaduto Central – Quadra 09/10

Os resultados da aplicação da metodologia no Viaduto Central desta quadra são apresentados, resumidamente, na *Tabela 5-15*.

Tabela 5-15: Resultados – Viaduto Central – Quadra 09/10 Norte

Quadra 09/10					
Viaduto Central					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ )	Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ )	Fator de Relevância ( $F_r$ )	Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ )	Nível de Deterioração da Estrutura
Tabuleiro	7,68	7,68	4	27,49	Médio
Guarda-Rodas W	12,36	15,63	1		
Guarda-Rodas L	12,80				
Cortina Sul W	8,35	10,94	3		
Cortina Norte W	7,91				
Cortina Sul L	6,40				
Cortina Norte L	6,98	33,85	5		
Cortina Central Sul	24,00				
Cortina Central Norte	28,00	0,00	2		
Pista de Rolamento	0,00				

A família com grau de deterioração mais elevado consistiu na família de cortinas centrais com  $G_{df} = 33,85$  em similaridade com a classificação geral da estrutura como nível de deterioração médio. A condição de maior gravidade da família cortina central perante as demais se deveu a presença de fissuras. As demais famílias apresentaram grau de deterioração baixo ou muito próximo de baixo. A *Figura 5.15* ilustra a cortina central sul do viaduto central da quadra 09/10.

A estrutura foi classificada com nível de deterioração médio, necessitando de manutenção em período de até 2 anos.



Figura 5.15: Elemento cortina central sul – Viaduto Central – Quadra 09/10

Como é possível observar na Figura 5.15 acima, houve fissuração na proximidade com junta de dilatação da cortina, indicando que as movimentações da estrutura foram maiores do que as previstas inicialmente e que deveriam ser combatidas pela junta.

### 5.5.3. Viaduto L – Quadra 09/10

Os resultados da aplicação da metodologia no Viaduto L são apresentados na *Tabela 5-16*.

Tabela 5-16: Resultados – Viaduto L – Quadra 09/10 Norte

Quadra 09/10					
Viaduto L					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ )	Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ )	Fator de Relevância ( $F_r$ )	Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ )	Nível de Deterioração da Estrutura
Tabuleiro	13,50	13,50	4	<b>36,93</b>	<b>Médio</b>
Guarda-Rodas W	13,65	33,89	1		
Guarda-Rodas L	29,54				
Cortina Sul W	11,56	16,29	3		
Cortina Norte W	12,67				
Cortina Sul L	4,80				
Cortina Norte L	7,54				
Cortina Central Sul	35,14	44,44	5		
Cortina Central Norte	36,39				
Pista de Rolamento	0,00	0,00	2		

O viaduto L apresentou nível de deterioração médio na análise global da obra. Na análise por família, observa-se que a família guarda-rodas e cortina central tiveram expressiva diferença para pior em relação as demais. Tal fato se deve principalmente a abrasão do concreto no guarda-rodas L e a desagregação observada nas cortinas centrais do viaduto. As *Figuras 5.16* ilustra os danos observados em campo.



Figura 5.16: Elemento cortina central sul - Viaduto L – Quadra 09/10

Observa-se na *Figura 5.16* a cortina central registrada possui falhas de concretagem e algumas perdas de seção por corrosão do aço na parte inferior da mesma. Esses danos foram responsáveis pela classificação da mesma como nível de deterioração médio.

## 5.6. QUADRA 11/12

Os resultados obtidos para a quadra 11/12 estão divididos por cada viaduto componente da quadra em questão. Nesta parte constam os resultados que consideram todos os valores de  $G_{de}$ .

### 5.6.1. Viaduto W – Quadra 11/12

Os resultados da aplicação da metodologia no Viaduto W desta quadra são apresentados, resumidamente, na *Tabela 5-17*.

Tabela 5-17: Resultados – Viaduto W – Quadra 11/12 Norte

Quadra 11/12 Norte					
Viaduto W					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ )	Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ )	Fator de Relevância ( $F_r$ )	Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ )	Nível de Deterioração da Estrutura
Tabuleiro	97,16	97,16	4	69,38	Alto
Guarda-Rodas W	12,92	16,97	1		
Guarda-Rodas L	13,95				
Cortina Sul W	19,69	74,27	3		
Cortina Norte W	6,00				
Cortina Sul L	7,54				
Cortina Norte L	64,13				
Cortina Central Sul	60,00	65,23	5		
Cortina Central Norte	13,33				
Pista de Rolamento	0,00	0,00	2		

O viaduto W da quadra 11/12 norte apresentou nível de deterioração alto, sendo que a família mais deteriorada foi a de tabuleiro com  $G_{df} = 97,39$  em função da abrasão – *Figura 5.17*, desagregação e corrosão das armaduras evidenciada. As únicas famílias que não apresentaram nível de deterioração alto foram a de guarda rodas – nível médio – e pista de rolamento com grau de deterioração da família nulo.



Figura 5.17: Elemento tabuleiro – Viaduto W – Quadra 11/12

A Figura 5.17 deixa clara a colisão e arrasto com veículos automotores com gabarito superior ao de passagem pelos viadutos. A abrasão caracterizada foi forte ao ponto de quebrar a seção e expor grande parte das armações.

### 5.6.2. Viaduto Central – Quadra 11/12

Os resultados da aplicação da metodologia no Viaduto Central desta quadra são apresentados, resumidamente, na Tabela 5-18.

Tabela 5-18: Resultados – Viaduto Central – Quadra 11/12 Norte

Quadra 11/12 Norte					
<i>Viaduto Central</i>					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ )	Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ )	Fator de Relevância ( $F_r$ )	Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ )	Nível de Deterioração da Estrutura
<i>Tabuleiro</i>	60,95	60,95	4	<b>57,35</b>	<b>Alto</b>
<i>Guarda-Rodas W</i>	75,00	91,86	1		
<i>Guarda-Rodas L</i>	75,00				
<i>Cortina Sul W</i>	13,33	44,93	3		
<i>Cortina Norte W</i>	37,09				
<i>Cortina Sul L</i>	12,19				
<i>Cortina Norte L</i>	6,98				
<i>Cortina Central Sul</i>	13,78	64,06	5		
<i>Cortina Central Norte</i>	58,72				
<i>Pista de Rolamento</i>	7,20	7,20	2		



O presente viaduto se enquadrou na classificação alta para o nível de deterioração geral da estrutura. A família com pior grau de deterioração foi a de guarda-rodas com  $G_{df} = 91,86$  resultante de danos como abrasão e deslocamentos, entretanto tal família tem fator de relevância baixo influenciando menos no grau de deterioração geral da estrutura. Por outro lado, as famílias de cortinas e tabuleiros, que apresentam maiores fatores de relevância, apresentaram  $G_{df}$  elevados principalmente devido à presença de armaduras corroídas. As Figuras 5.18 a 5.20 ilustram a situação do viaduto central na quadra 11/12 norte.



Figura 5.18: Elemento guarda-rodas L – Viaduto Central – Quadra 11/12



Figura 5.19: Elemento guarda-rodas W – Viaduto Central – Quadra 11/12



Figura 5.20: Elemento tabuleiro – Viaduto Central – Quadra 11/12

As figuras acima demonstram danos de abrasão, desagregação e corrosão nos elementos de guarda-rodas e tabuleiro do viaduto central da presente quadra. O nível de classificação de cada família culminou em nível de deterioração alto para a estrutura.

### 5.6.3. Viaduto L – Quadra 11/12

Os resultados da aplicação da metodologia no Viaduto L desta quadra são apresentados, resumidamente, na *Tabela 5-19*.

Tabela 5-19: Resultados – Viaduto L – Quadra 11/12 Norte

Quadra 11/12 Norte					
Viaduto L					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ )	Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ )	Fator de Relevância ( $F_r$ )	Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ )	Nível de Deterioração da Estrutura
<i>Tabuleiro</i>	35,59	35,59	4	<b>28,57</b>	<b>Médio</b>
<i>Guarda-Rodas W</i>	13,14	15,29	1		
<i>Guarda-Rodas L</i>	7,20				
<i>Cortina Sul W</i>	27,43	33,48	3		
<i>Cortina Norte W</i>	6,00				
<i>Cortina Sul L</i>	7,20				
<i>Cortina Norte L</i>	13,14				
<i>Cortina Central Sul</i>	6,98	31,74	5		
<i>Cortina Central Norte</i>	29,05				
<i>Pista de Rolamento</i>	0,00	0,00	2		

A família com deterioração mais crítica foi a família tabuleiro com  $G_{df} = 35,59$  cujos danos mais preponderantes foram de abrasão no concreto. As cortinas apresentaram avaliação similar contando com problemas de fissuração e infiltração de água. O viaduto L como um todo se enquadrou na classificação média para nível de deterioração da estrutura com  $G_d = 28,57$ . Seguem registros nas *Figuras 5.21* e *5.22*.





Figura 5.21: Elemento cortina central norte – Viaduto L – Quadra 11/12

A *Figuras 5.21* acima ilustra a condição de abrasão e corrosão das armaduras do tabuleiro do viaduto.

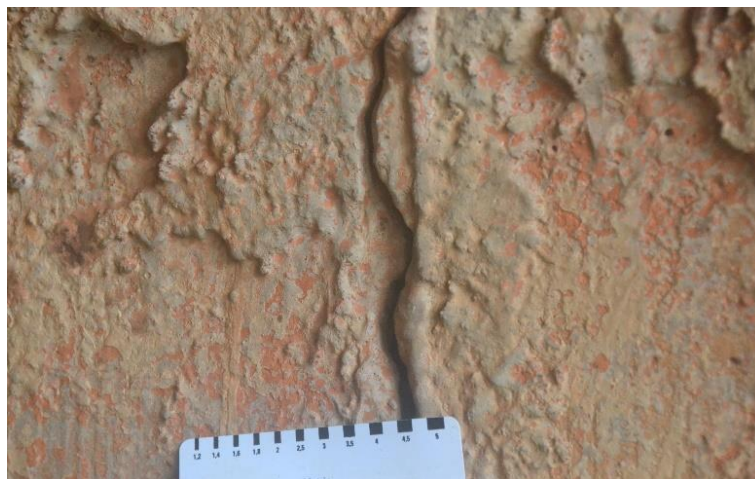


Figura 5.22: Elemento tabuleiro – Viaduto L – Quadra 11/12

A *Figura 5.22* acima registra a fissura com abertura acentuada na cortina central norte. Danos como esses levaram a estrutura a ter nível de deterioração médio.

## 5.7. QUADRA 13/14

Os resultados obtidos para a quadra 13/14 estão divididos por cada viaduto componente da quadra em questão. Nesta parte constam os resultados que consideram todos os valores de  $G_{de}$  nos cálculos efetuados com a justificativa proposta anteriormente nesse capítulo.

### 5.7.1. Viaduto W – Quadra 13/14

Os resultados da aplicação da metodologia no Viaduto W desta quadra são apresentados, resumidamente, na *Tabela 5-20*.

Tabela 5-20: Resultados – Viaduto W – Quadra 13/14 Norte

Quadra 13/14 Norte					
Viaduto W					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ )	Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ )	Fator de Relevância ( $F_r$ )	Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ )	Nível de Deterioração da Estrutura
Tabuleiro	12,67	12,67	4	<b>24,46</b>	<b>Médio</b>
Guarda-Rodas W	31,26	135,69	1		
Guarda-Rodas L	123,78				
Cortina Sul W	13,33	36,06	3		
Cortina Norte W	13,33				
Cortina Sul L	29,05				
Cortina Norte L	7,54				
Cortina Central Sul	12,67	13,36	5		
Cortina Central Norte	1,60				
Pista de Rolamento	0,00	0,00	2		

O viaduto W da quadra 13/14 norte se enquadrou no nível de deterioração médio para o grau de deterioração estrutural da obra de arte especial na sua totalidade. A família que mais se mostrou danificada foi a de guarda rodas com caso de corrosão de armaduras com perda relevante de seção das barras nos pilares do guarda rodas como ilustra a *Figura 5.23* em seguida.



Figura 5.23: Elemento guarda-rodas L – Viaduto W – Quadra 13/14

Na *Figura 5.23* é possível observar a barra de aço principal do pilarete com corrosão elevada chegando a apresentar perda de seção, além disso o revestimento se mostrava deficiente.

### 5.7.2. Viaduto Central – Quadra 13/14

Os resultados da aplicação da metodologia no Viaduto Central desta quadra são apresentados, resumidamente, na *Tabela 5-21*.

Tabela 5-21: Resultados – Viaduto Central – Quadra 13/14 Norte

Quadra 13/14 Norte					
Viaduto Central					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ )	Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ )	Fator de Relevância ( $F_r$ )	Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ )	Nível de Deterioração da Estrutura
<i>Tabuleiro</i>	16,00	16,00	4	<b>11,04</b>	<b>Baixo</b>
<i>Guarda-Rodas W</i>	8,00	9,80	1		
<i>Guarda-Rodas L</i>	8,00				
<i>Cortina Sul W</i>	7,80	10,29	3		
<i>Cortina Norte W</i>	7,80				
<i>Cortina Sul L</i>	6,72				
<i>Cortina Norte L</i>	7,54				
<i>Cortina Central Sul</i>	0,00	0,00	5		
<i>Cortina Central Norte</i>	0,00				
<i>Pista de Rolamento</i>	10,24	10,24	2		

Todas as famílias do viaduto central da quadra 13/14 norte se enquadraram no nível de deterioração baixo, ou seja, com valor abaixo de 15 unidades. No mesmo sentido, a avaliação geral do viaduto corroborou para nível baixo com  $G_d = 11,04$ . O pior retrato de dano foi registrado no elemento tabuleiro com ocorrência típica de eflorescência – *Figura 5.24*.



Figura 5.24: Elemento tabuleiro – Viaduto Central – Quadra 13/14 norte

Na Figura 5.24 é evidente a grande proporção da mancha de eflorescência frente a face exposta de concreto do tabuleiro indicando carreamento do carbonato de cálcio por fluxo de água no interior do concreto.

### 5.7.3. Viaduto L – Quadra 13/14

Os resultados da aplicação da metodologia no Viaduto L desta quadra são apresentados, resumidamente, na *Tabela 5-22*.

Tabela 5-22: Resultados – Viaduto L – Quadra 13/14 Norte

Quadra 13/14 Norte					
Viaduto L					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ )	Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ )	Fator de Relevância ( $F_r$ )	Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ )	Nível de Deterioração da Estrutura
Tabuleiro	13,14	13,14	4	<b>72,90</b>	<b>Alto</b>
Guarda-Rodas W	39,53	42,73	1		
Guarda-Rodas L	8,00				
Cortina Sul W	35,14	44,85	3		
Cortina Norte W	34,15				
Cortina Sul L	12,67				
Cortina Norte L	12,67				
Cortina Central Sul	83,41	89,04	5		
Cortina Central Norte	13,50				
Pista de Rolamento	0,00	0,00	2		

A classificação geral do viaduto L na quadra 13/14 norte foi de grau de deterioração estrutural enquadrado no nível alto com  $G_d = 72,90$  razoavelmente próximo da classificação sofrível (a partir de grau de deterioração 80). A família de guarda-rodas e de cortinas apresentaram grau de deterioração de família próximos a 40 unidades com apresentação de deslocamentos, desagregação e cobrimentos deficientes, mas a família de cortinas centrais destacou-se com maior grau de deterioração de família registrado –  $G_{df} = 89,04$  – principalmente ocasionado por danos oriundos de abrasão na cortina central sul. As *Figuras 5.25, 5.26 e 5.27* ilustram o registro feito em campo para os piores danos nos elementos da OAEs.



Figura 5.26: Elemento cortina central sul – Viaduto L – Quadra 13/14



Figura 5.25: Elemento cortina norte W – Viaduto L – Quadra 13/14



Figura 5.27: Elemento guarda-rodas W – Viaduto L – Quadra 13/14



Na *Figura 5.27* é possível perceber fissuras de corrosão na parte inferior do guarda-rodas. Já na *Figura 5.26* uma série de armações principais da cortina central se encontram expostas sendo que algumas rompidas provavelmente por ocorrência de abrasão e por fim o cobrimento deficiente registrado na *Figura 5.25* no elemento de cortina norte W.

## 5.8. QUADRA 15/16

Os resultados obtidos para a quadra 15/16 estão divididos por cada viaduto componente da quadra em questão. Nesta parte constam os resultados que consideram todos os valores de  $G_{de}$  nos cálculos efetuados com a justificativa proposta anteriormente nesse capítulo.

### 5.8.1. Viaduto W – Quadra 15/16

Os resultados da aplicação da metodologia no Viaduto W desta quadra são apresentados, resumidamente, na *Tabela 5-23*.

Tabela 5-23: Resultados – Viaduto W – Quadra 15/16 Norte

Quadra 15/16 Norte					
Viaduto W					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ )	Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ )	Fator de Relevância ( $F_r$ )	Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ )	Nível de Deterioração da Estrutura
<i>Tabuleiro</i>	65,61	65,61	4	47,45	Médio
<i>Guarda-Rodas W</i>	67,50	78,29	1		
<i>Guarda-Rodas L</i>	35,59				
<i>Cortina Sul W</i>	29,05	50,00	3		
<i>Cortina Norte W</i>	37,41				
<i>Cortina Sul L</i>	6,72				
<i>Cortina Norte L</i>	38,89				
<i>Cortina Central Sul</i>	37,71	45,30	5		
<i>Cortina Central Norte</i>	30,00				
<i>Pista de Rolamento</i>	0,00	0,00	2		

O presente viaduto teve avaliação estrutural com nível de deterioração médio, sendo que a piro família foi a dos guarda-rodas seguida do tabuleiro. O tabuleiro apresentou danos de cobrimento deficiente, corrosão de armações, desagregação, deslocamento, eflorescência e falhas de concretagem, além de manchas, abrasão e infiltração de água. A *Figura 5.28* registra a situação.



Figura 5.28: Elemento tabuleiro – Viaduto W – Quadra 15/16

Na *Figura 5.28* acima registra situação de parte do tabuleiro na qual é possível detectar dano de cobertura deficiente, desagregação e corrosão de armações. É importante ressaltar que grande parte do tabuleiro se encontrava nessa situação ou pior.

### 5.8.2. Viaduto Central – Quadra 15/16

Os resultados da aplicação da metodologia no Viaduto Central desta quadra são apresentados, resumidamente, na *Tabela 5-24*.

Tabela 5-24: Resultados – Viaduto Central – Quadra 15/16 Norte

Quadra 15/16 Norte					
Viaduto Central					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ )	Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ )	Fator de Relevância ( $F_r$ )	Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ )	Nível de Deterioração da Estrutura
<i>Tabuleiro</i>	57,27	57,27	4	<b>59,52</b>	<b>Alto</b>
<i>Guarda-Rodas W</i>	38,27	46,81	1		
<i>Guarda-Rodas L</i>	37,71				
<i>Cortina Sul W</i>	31,64	39,64	3		
<i>Cortina Norte W</i>	30,00				
<i>Cortina Sul L</i>	4,80				
<i>Cortina Norte L</i>	7,20				
<i>Cortina Central Sul</i>	57,78	67,57	5		
<i>Cortina Central Norte</i>	33,60				
<i>Pista de Rolamento</i>	10,24	10,24	2		

O viaduto central da presente entrequadra teve nível de deterioração avaliado como alto, sendo que, novamente, a pior família registrada foi a de tabuleiro. A *Figura 5.29* registra uma das situações encontradas no elemento.



Figura 5.29: Elemento tabuleiro – Viaduto Central – Quadra 15/16

A *Figura 5.29* apresenta dano localizado no elemento com dimensão reduzida, porém com gravidade elevada. Houve quebra de seção e corrosão de armadura principal com perda de seção.

### 5.8.3. Viaduto L – Quadra 15/16

Os resultados da aplicação da metodologia no Viaduto L desta quadra são apresentados, resumidamente, na *Tabela 5-25*.

Tabela 5-25: Resultados – Viaduto L – Quadra 15/16 Norte

Quadra 15/16 Norte					
Viaduto L					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento (G <sub>de</sub> )	Grau de Deterioração da Família (G <sub>df</sub> )	Fator de Relevância (F <sub>r</sub> )	Grau de Deterioração Estrutural (G <sub>d</sub> )	Nível de Deterioração da Estrutura
Tabuleiro	61,82	61,82	4	<b>44,82</b>	<b>Médio</b>
Guarda-Rodas W	41,08	43,17	1		
Guarda-Rodas L	4,80				
Cortina Sul W	30,00	43,73	3		
Cortina Norte W	33,60				
Cortina Sul L	23,11				
Cortina Norte L	23,11				
Cortina Central Sul	6,72	49,52	5		
Cortina Central Norte	46,67				
Pista de Rolamento	7,20	7,20	2		



A situação do viaduto L da entrequadra 15/16 norte foi classificado com nível de deterioração médio, sendo que foram identificados danos elevados de corrosão de armações, desagregação, eflorescência e falhas de concretagem, além de ocorrências de abrasão no concreto. A *Figura 5.30* registra a vistoria realizada.



Figura 5.30: Elemento tabuleiro – Viaduto L – Quadra 15/16

Na *Figura 5.30* acima é possível verificar ocorrência de cobrimento deficiente das armações, manchas, eflorescência e infiltração de água, bem como dano grave de corrosão de armação com perda de seção.

## 5.9. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Com a intenção de agregar todos os resultados obtidos, apresenta-se a *Figura 5.31*, a seguir, com os valores de grau de deterioração para os viadutos analisados.

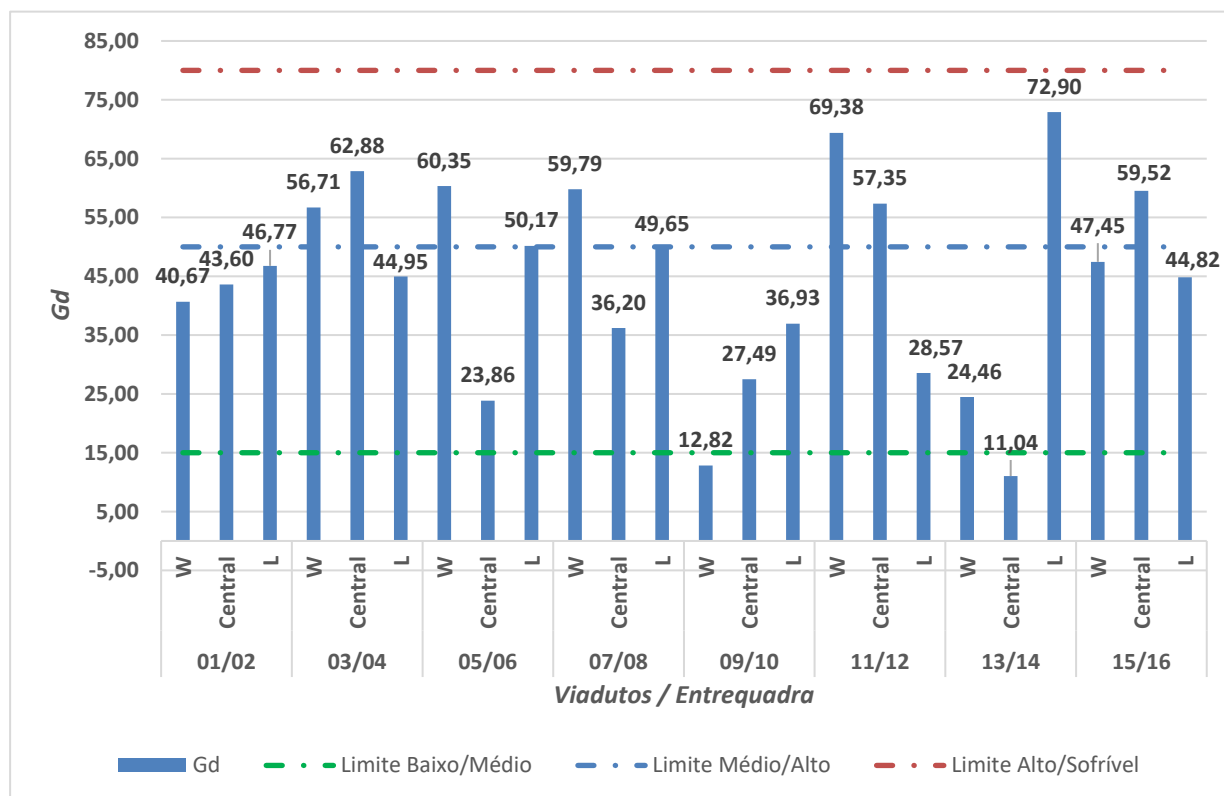


Figura 5.31: Resultados obtidos com a Metodologia GDE/UnB

A *Figura 5.31* acima apresenta a totalidade dos resultados obtidos na avaliação pela metodologia GDE/UnB dos viadutos do Eixo Rodoviário Norte de Brasília. Tal resultado pode ser visto como orientação relevante para elaboração de planos de manutenção das estruturas vistoriadas, uma vez que sinaliza a necessidade de intervir primeiramente nas OAEs mais deterioradas. Vale ressaltar que o resultado do grau de deterioração da estrutura por si só não é suficiente para tomada de decisão, sendo essencial a avaliação dos resultados referentes a eventuais danos, mesmo pontuais, mas com características alarmantes.

De maneira qualitativa é possível comparar os resultados finais (*Figura 5.31*) – com os resultados obtidos na inspeção preliminar (*Figura 5.32*) – realizada apenas para determinar os primeiros viadutos a serem inspecionados. Como é atribuído valor qualitativo nos resultados da inspeção preliminar e, valor quantitativo nos resultados finais da aplicação da metodologia

GDE/UnB, a correlação mútua pode servir para validar a avaliação realizada. Segue a *Figura 5.32*:

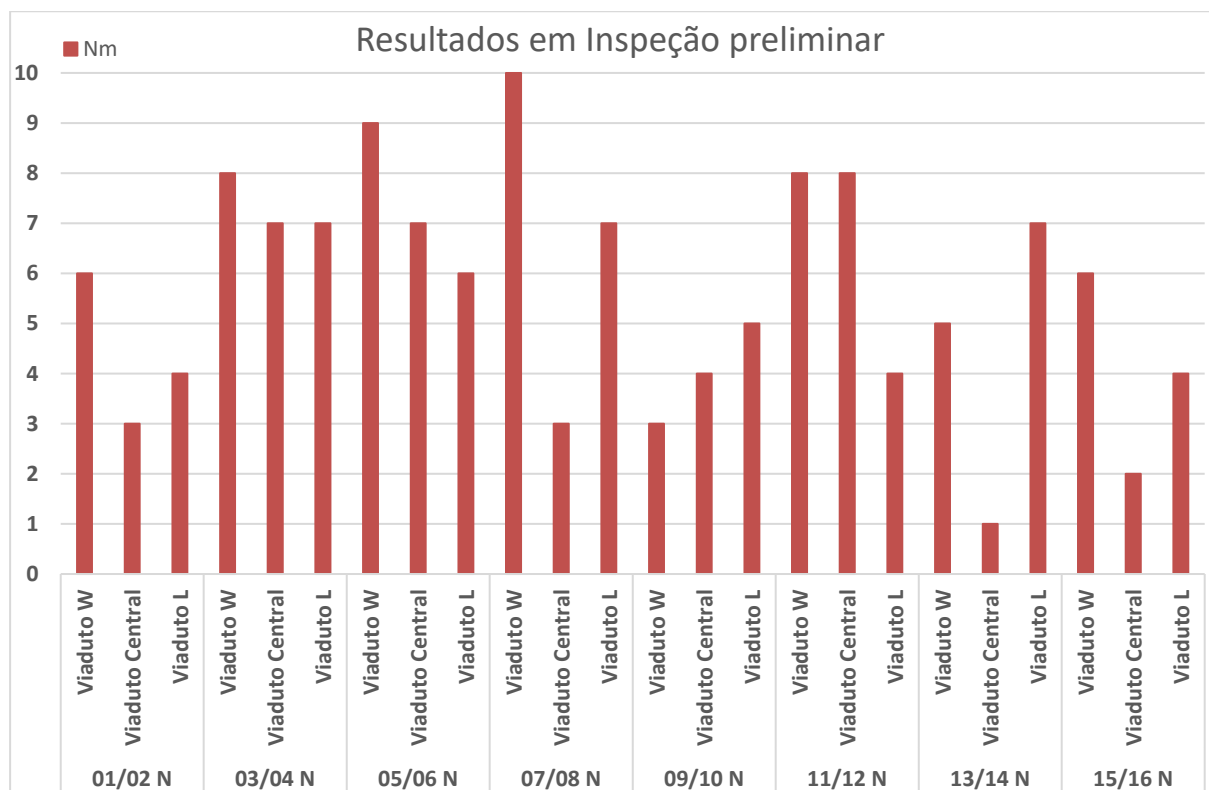


Figura 5.32: Resultados obtidos em Inspeção Preliminar

Ao observar na *Figura 5.32* percebe-se a dispersão dos resultados da inspeção preliminar, indicando forte coerência com os resultados obtidos em caráter final e completo pela metodologia GDE/UnB. Assim, se compararmos os resultados com o previsto na inspeção preliminar realizada, observamos uma convergência: a quadra identificada como tendo um melhor estado de conservação (quadra 09/10 N) foi a que teve o menor grau de deterioração médio entre os viadutos, já a quadra 11/12 N identificada preliminarmente como uma das piores entre quadras, com relação ao grau de deterioração dos viadutos avaliados, sendo melhor apenas que a quadra 03/04 N.

Analisando visualmente as duas dispersões de resultados – inspeção preliminar e metodologia GDE/UnB – é possível identificar similaridade de tendência, ou seja, viadutos bons na avaliação preliminar tenderam a graus de deterioração mais brandos na metodologia GDE/UnB, sendo

que o contrário também ocorreu. A referida constatação confirma a validade da análise realizada e dos resultados de aplicação da metodologia.

À título de resumo da classificação dos viadutos em níveis de deterioração. Segue a *Figura 5.33* com o percentual de viadutos enquadrados em cada nível proposto pela metodologia GDE/UnB.

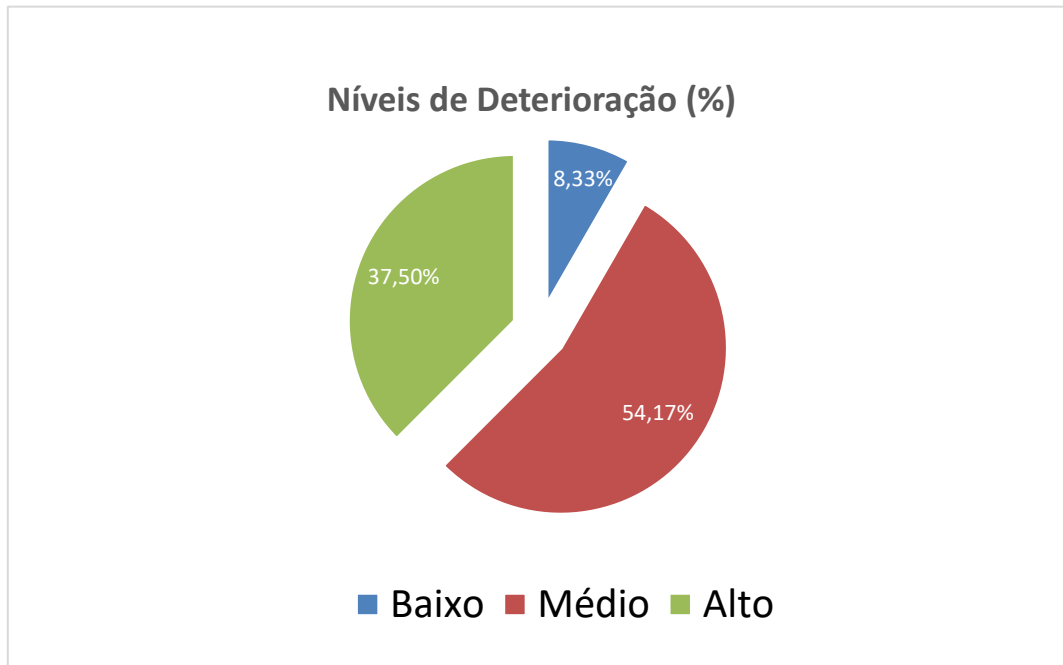


Figura 5.33: Percentual de viadutos enquadrados nos níveis de deterioração.

Observa-se que a maioria dos viadutos inspecionados se encontra na classificação com nível de deterioração médio (54,17%), sendo necessária intervenção de manutenção em no máximo 2 anos, segundo a metodologia. Outros 37,50% dos viadutos se encontram com nível de deterioração alto, necessitando manutenção em até 1 ano. Os 8,33% restantes enquadram-se no nível de deterioração baixo, indicando necessidade de manutenção preventiva e correção de danos pontuais mais graves.

É importante ressaltar que os resultados apresentados não contaram com sobreposição de danos e se basearam nos critérios estabelecidos na diretriz de avaliação apresentada. Danos que apresentavam fator de intensidade crescente ao serem vistoriados em conjunto com outro dano não foram considerados em duplicidade, o que elevaria o grau de deterioração do elemento e da estrutura analisada. Assim, considerou-se apenas o dano que detinha o critério de aplicação em função da presença de outro dano no elemento, segundo a diretriz de avaliação apresentada e baseada no manual de avaliação de OAES de Verly (2015).

Um resultado adicional é possível a partir da proporção entre níveis de classificação de deterioração ao separarmos os viadutos analisados com base em sua localização nos eixos. Assim, é possível obter os três gráficos dispostos nas *Figuras 5.34, 5.35 e 5.36* abaixo:

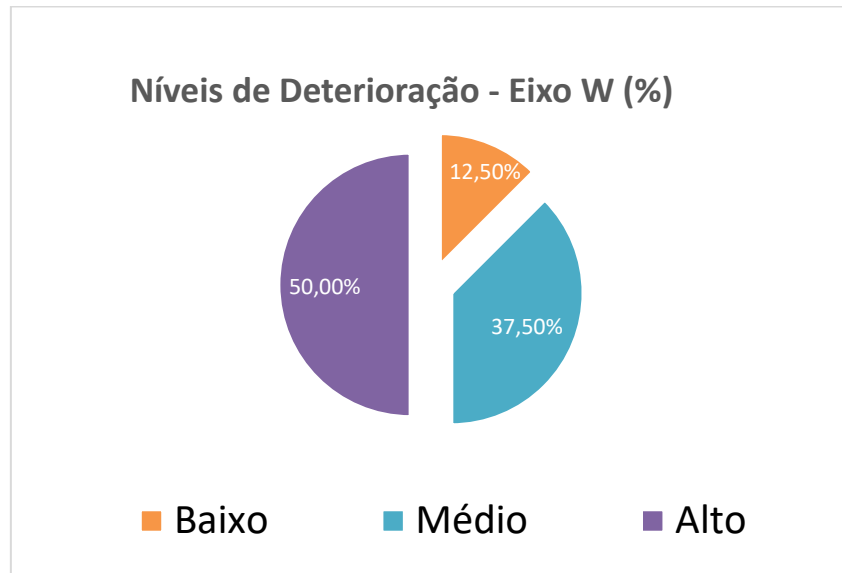


Figura 5.34: Percentual de viadutos W enquadrados nos níveis de deterioração.

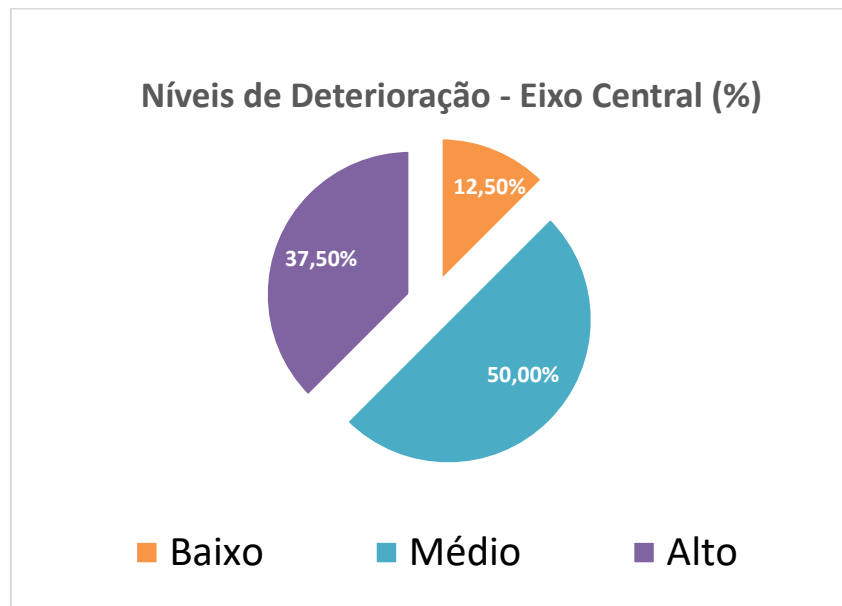


Figura 5.35: Percentual de viadutos Centrais enquadrados nos níveis de deterioração.

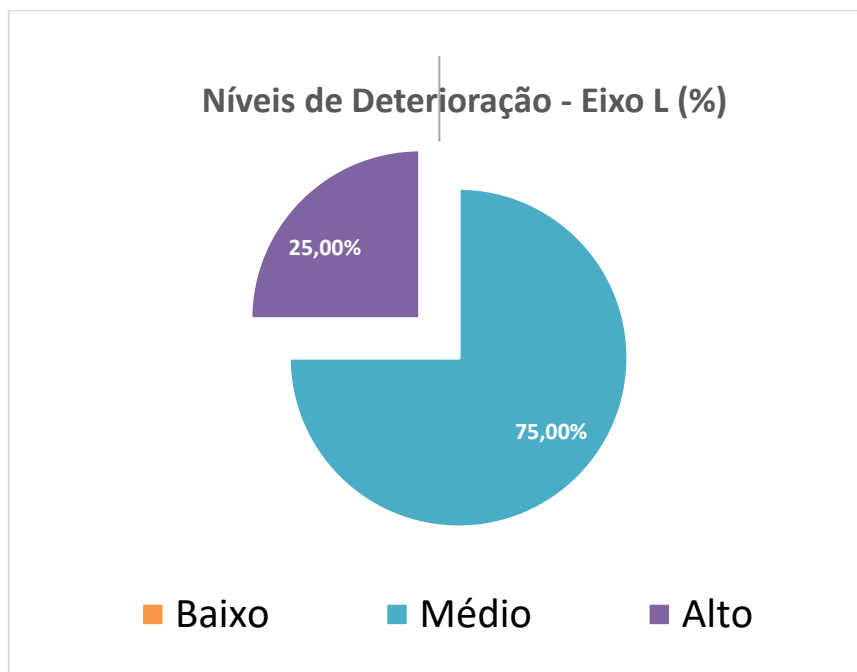


Figura 5.36: Percentual de viadutos L enquadrados nos níveis de deterioração.

A análise de tais resultados apresentados com base na localidade dos viadutos pode ser escopo de trabalhos futuros relacionados ao tema.

## 5.10. COMPARATIVO COM SANTIAGO & AZEVEDO (2012)

Em função do trabalho de Santiago & Azevedo (2012) ter avaliado exatamente as mesmas Obras de Arte Especiais estudadas por esse trabalho, torna-se interessante a comparação dos resultados obtidos. Para facilitar a comparação, foi elaborada a *Tabela 5-26* contendo os resultados finais de Santiago & Azevedo (2012) ao lado dos resultados atuais propostos por este trabalho, com a devida correção para as formulações empregadas na época do trabalho de Santiago & Azevedo (2012). Isto é, substituiu-se a formulação Verly (2015) para o cálculo do grau de deterioração da estrutura – *equação 2.17* – pela formulação adotada inicialmente por Castro (1994) – *equação 2.11* – na proposição da metodologia GDE/UnB empregada na avaliação de 2012. Adicionalmente, o gráfico contido na *Figura 5.37* facilita a análise comparativa dos dados.

Tabela 5-26: Comparativo de resultados obtidos entre SANTIAGO & AZEVEDO (2012) e PAVONI (2019)

Quadra	Viaduto	G <sub>d</sub> *	G <sub>d</sub> *
		(Santiago & Azevedo, 2012)	(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

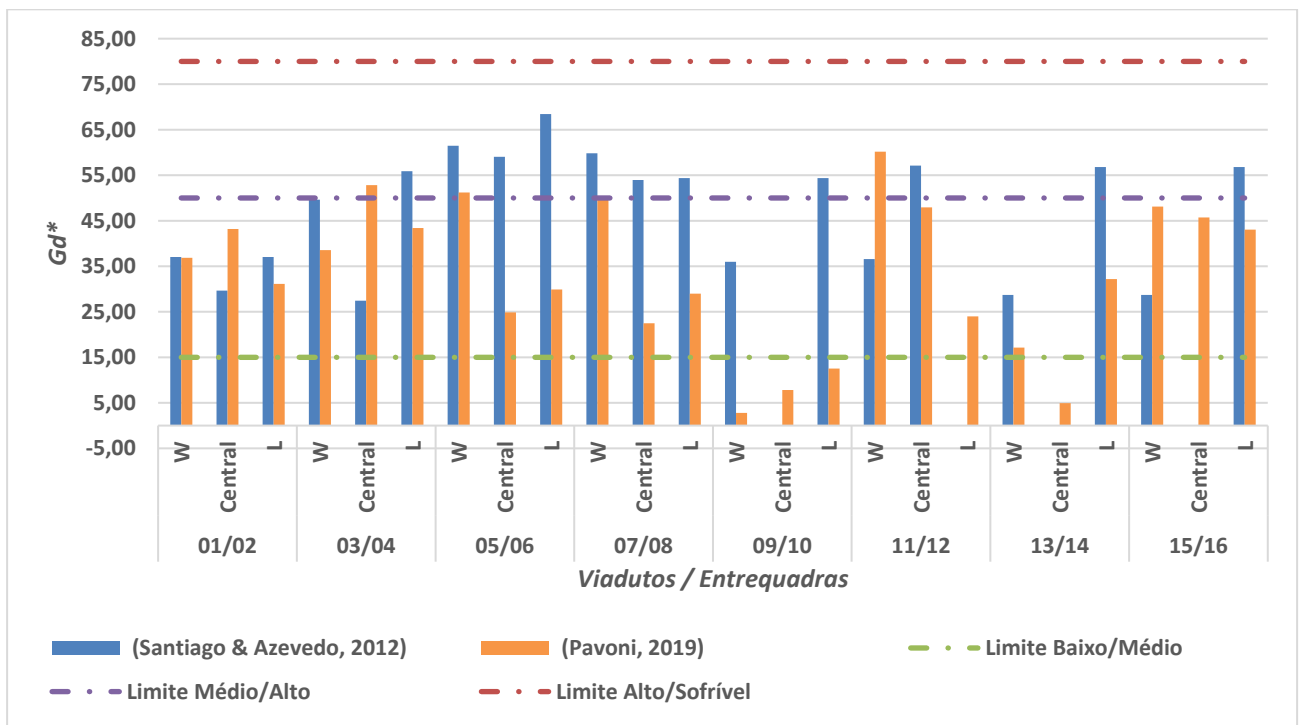


Figura 5.37: Comparativo entre resultados de Santiago & Azevedo (2012) e Pavoni (2019).

A comparação mostra uma grande divergência entre os resultados obtidos pelos autores em 2012 e os resultados oriundos da análise feita recentemente. Embora haja certa influência do avaliador durante as inspeções técnicas e na atribuição dos fatores de intensidade do dano, as diferenças são significativas, impondo em muitos casos a alteração de classificação do nível de deterioração das OAEs.

Primeiramente, pode-se constatar que três viadutos analisados por Santiago & Azevedo (2012) resultaram em grau de deterioração da estrutura nulo, em função da consideração de apenas  $G_{de} \geq 15$ . O mesmo não aconteceu para o presente estudo, mesmo com a consideração similar, entretanto, tais viadutos tiveram avaliação branda, mostrando que permaneceram em bom estado de conservação estrutural no período 2012 a 2019. Entende-se que a progressão dos danos é razoável nesse tempo, considerando que não houve operações de manutenção nas OAEs.

Em outra análise, vale apontar a grande divergência entre os resultados e o que se esperaria para os viadutos no decorrer do tempo, isto é, uma piora na condição estrutural. Dos 24 viadutos analisados, 15 apresentaram melhora de condição estrutural no tempo entre as avaliações (2012 a 2019), o que não parece razoável, deixando evidente a influência do avaliador no resultado da metodologia.

É importante ressaltar que dos viadutos que mudaram de classificação na comparação entre os dois estudos – 13 viadutos – apenas 4 mudaram de classificação para pior, mostrando evolução da deterioração estrutural no tempo. As outras 9 OAEs apresentaram melhora na classificação do nível de deterioração estrutural.

Por fim, apenas 6 dos viadutos analisados apresentaram diferença de até 10 pontos na avaliação, sendo que os demais apresentaram diferenças superiores. Tal fato indica uma divergência entre os resultados dos dois estudos. Tal constatação não invalida nenhuma das duas avaliações das OAEs analisadas, porém indica alerta para estudo e identificação dos fatores causadores dessas divergências elevadas. Nesse sentido, o material contido no *Anexo F* procura registrar as considerações feitas nas escolhas dos fatores de intensidade dos danos vistoriados de modo a promover paridade entre análises futuras.



## 6. CONCLUSÕES

A análise do grau de deterioração estrutural foi feita considerando todos os valores de grau de deterioração dos elementos –  $G_{de}$  – em função da pequena diferença evidenciada nos resultados com a aplicação das formulações para apenas valores de  $G_{de} \geq 15$ . Optou-se então por prosseguir com a análise apenas para todos os valores de grau de deterioração dos elementos.

Por ser uma análise essencialmente qualitativa, houve certa dificuldade para balizamento e calibragem dos fatores de intensidade corretos para cada caso, sendo necessárias revisões e reavaliações dos registros fotográficos feitos em campo. Após o correto entendimento da aplicação da metodologia foi possível considerar os resultados obtidos como satisfatórios, coerentes com a realidade dos viadutos vistoriados.

Com respeito aos viadutos analisados neste trabalho, o viaduto L da entrequadra 13/14 N teve o pior grau de deterioração estrutural, com  $G_d = 72,90$ , sendo classificado com nível de deterioração alto. Já a OAE em melhor condição foi o viaduto central da mesma quadra, com  $G_d = 11,04$ . Somente 2 dos viadutos analisados apresentaram nível de deterioração baixo, com necessidade apenas de manutenção preventiva; outros 13 foram classificados com nível médio, enquadrando-se no caso de manutenção em até 2 anos; e os 9 restantes foram classificados no nível de deterioração alta, necessitando de manutenção no período máximo de 18 meses.

Com relação aos danos detectados nas famílias de elementos, os guarda-rodas estavam majoritariamente em condição ruim. Só não estavam muito manchados quando havia pintura de cal recente aplicada sobre o concreto aparente, sendo também recorrente visualizar a exposição de armaduras. Além disso, havia partes de guarda-rodas colapsadas, isto é, caídas na via inferior de rolamento. A pista de rolamento obteve poucos casos de danos, e, quando detectados, detinham baixos fatores de intensidade para os danos de descontinuidade e desgaste superficial. Já as cortinas, sejam as laterais ou as centrais, apresentaram danos substanciais de desagregação, cobrimento deficiente e abrasão, além de recorrentes corrosões de armaduras. Os tabuleiros apresentaram eflorescências e casos de abrasão de leve a gravíssima, bem como casos de corrosão de armações.

Foi desenvolvida uma inspeção preliminar no Eixo Rodoviário Norte que permitiu a seleção dos primeiros viadutos para inspeção. O resultado dessa inspeção foi coerente com o resultado

pela metodologia GDE/UnB, isto é, os resultados confirmaram a avaliação qualitativa dos viadutos inspecionados inicialmente, sendo atribuído, portanto, respaldo mútuo.

O desenvolvimento de um relevante catálogo de danos (*seção 4*) para avaliação de Obras de Arte Especiais gerou documentação que facilitará o processo avaliativo dos danos detectados. Além disso, um manual de cálculo da metodologia foi desenvolvido e exemplificado com base em um viaduto, tendo sido feito com intenção de auxiliar em análises futuras (*seção 3.4*). Uma diretriz para avaliação de fatores de intensidade – *anexo F* – foi documentada para facilitar que futuros avaliadores identifiquem os critérios utilizados pra enquadramento em cada fator de intensidade dos danos de modo a permitir avaliações imparciais pelo responsável da avaliação.

Do ponto de vista da metodologia, o dano de abrasão ao concreto teve fatores de intensidade reformulados para englobar estruturas sem revestimento, isto é, em concreto aparente. Também foram considerados os critérios elencados na diretriz de avaliação para evitar sobreposição de danos e considerar ocorrência simultânea de danos com fator de intensidade embarcado na aplicação de um único dano.

A comparação com os resultados obtidos por Santiago & Azevedo (2012) mostrou-se insatisfatória, apresentando vários pontos de divergência entre as duas análises, demonstrando em alguns casos progressão da deterioração, e em outros, regressão, não permitindo conclusão acertada a respeito da comparação. Dessa maneira, fica constatada a interferência qualitativa do avaliador na metodologia, sendo requeridas análises mais profundas para entendimento das interferências na aplicação da metodologia.

Com base nos resultados dispostos neste trabalho, pode-se estruturar um panorama das condições estruturais dos viadutos analisados, podendo servir para tomadas de decisão relacionadas a planos de manutenção para a infraestrutura urbana, considerando os limites temporais de intervenção propostos na metodologia e os danos mais graves que requerem cuidado imediato em elementos isolados, mostrando a importância da promoção de análise pontual para cada elemento (não englobada no escopo do presente trabalho). Valida-se então a aplicação da metodologia GDE/UnB e recomenda-se sua aplicação periódica para acompanhar e entender o agravamento dos danos, gerando banco de dados que auxiliará no constante desenvolvimento e aperfeiçoamento da metodologia.

## 6.1. SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Com a intenção de incentivar a pesquisa e proposição de novos trabalhos, julga-se relevante a sugestão de alguns temas prováveis para aplicação no futuro próximo e que complementem a análise realizada no presente trabalho.

- Análise do desempenho dos viadutos divididos na localização por eixo:
  - Viadutos W;
  - Viadutos Central;
  - Viadutos L.
  
- Correlação do Grau de Deterioração da Estrutura com o risco promovido ao usuário;
  
- Correlação da ocorrência de alagamentos e abrasão no concreto com a localidade dos viadutos em cada eixo;
  
- Análise das classificações em níveis de deterioração estrutural por elementos considerados para avaliação da estrutura.

## 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.

Escombros da garagem que desabou na Asa Norte começam a ser retirados. G1, Distrito Federal, 06 de fevereiro de 2018. Disponível em: <<https://g1.globo.com/df/distrito-federal/noticia/escombros-de-garagem-que-desabou-na-asa-norte-comecam-a-ser-retirados-nesta-terca.ghtml>> Acesso em: 7 de maio de 2019.

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.correio braziliense.com.br/app/noticia/cidades/2017/12/07/interna\\_cidadesdf,646122/ha-30-anos-brasilia-se-tornava-patrimonio-cultural-da-humanidade.shtml](https://www.correio braziliense.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.

# ANEXOS

## A. FICHAS DE INSPEÇÃO



Tabela 1: Ficha de inspeção - Viaduto W  
 INSPEÇÃO PARA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE GRAU DE DETERIORAÇÃO ESTRUTURAL / UNB  
 Responsáveis pela Inspeção:



Data:

### VIADUTO W

Nome do Elemento			Guarda-rodas W			Nome do Elemento			Guarda-rodas L		
Fator de relevância			1		Quadra	Fator de relevância			1		Quadra
Local			Viaduto W		/	Local			Viaduto W		/
Danos			Check	Observações		Danos			Check	Observações	
Cobrimento deficiente						Cobrimento deficiente					
Corrosão de armaduras											
Desagregação											
Desplacamento											
Eflorescência											
Falhas de concretagem											
Fissuras											
Manchas											
Sinais de esmagamento											
Infiltração de água											

Nome do Elemento			Tabuleiro			Nome do Elemento			Pista de Rolamento		
Fator de relevância			4		Quadra	Fator de relevância			2		Quadra
Local			Viaduto W		/	Local			Viaduto W		/
Danos			Check	Observações		Danos			Check	Observações	
Cobrimento deficiente						Descontinuidade					
Corrosão de armaduras											
Desagregação											
Desplacamento											
Eflorescência											
Falhas de concretagem											
Fissuras											
Flechas											
Infiltração de água											
Abrasão											

Tabela 2: Ficha de inspeção – Viaduto W (continuação)



INSPEÇÃO PARA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE GRAU DE DETERIORAÇÃO ESTRUTURAL / UNB

Responsáveis pela Inspeção:

Data:



**VIADUTO W**

Cortina Sul W			Cortina Central Sul			Cortina Sul L		
Nome do Elemento	Fator de relevância		Nome do Elemento	Fator de relevância		Nome do Elemento	Fator de relevância	
	3	Quadra		5	Quadra		3	Quadra
Local	Viaduto W /		Local	Viaduto W /		Local	Viaduto W /	
Danos	Check	Observações	Danos	Check	Observações	Danos	Check	Observações
Cobrimento deficiente			Cobrimento deficiente			Cobrimento deficiente		
Corrosão de armaduras			Corrosão de armaduras			Corrosão de armaduras		
Desagregação			Desagregação			Desagregação		
Deslocamento por empuxo			Deslocamento por empuxo			Deslocamento por empuxo		
Desplacamento			Desplacamento			Desplacamento		
Desvio de geometria			Desvio de geometria			Desvio de geometria		
Eflorescência			Eflorescência			Eflorescência		
Falhas de concretagem			Falhas de concretagem			Falhas de concretagem		
Fissuras			Fissuras			Fissuras		
Infiltração de água			Infiltração de água			Infiltração de água		
Manchas			Manchas			Manchas		
Sinais de esmagamento			Sinais de esmagamento			Sinais de esmagamento		
Abrasão			Abrasão			Abrasão		

Cortina Norte W			Cortina Central Norte			Cortina Norte L		
Nome do Elemento	Fator de relevância		Nome do Elemento	Fator de relevância		Nome do Elemento	Fator de relevância	
	3	Quadra		5	Quadra		3	Quadra
Local	Viaduto W /		Local	Viaduto W /		Local	Viaduto W /	
Danos	Check	Observações	Danos	Check	Observações	Danos	Check	Observações
Cobrimento deficiente			Cobrimento deficiente			Cobrimento deficiente		
Corrosão de armaduras			Corrosão de armaduras			Corrosão de armaduras		
Desagregação			Desagregação			Desagregação		
Deslocamento por empuxo			Deslocamento por empuxo			Deslocamento por empuxo		
Desplacamento			Desplacamento			Desplacamento		
Desvio de geometria			Desvio de geometria			Desvio de geometria		
Eflorescência			Eflorescência			Eflorescência		
Falhas de concretagem			Falhas de concretagem			Falhas de concretagem		
Fissuras			Fissuras			Fissuras		
Infiltração de água			Infiltração de água			Infiltração de água		
Manchas			Manchas			Manchas		
Sinais de esmagamento			Sinais de esmagamento			Sinais de esmagamento		
Abrasão			Abrasão			Abrasão		



Tabela 3: Ficha de inspeção – Viaduto Central



INSPEÇÃO PARA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE GRAU DE DETERIORAÇÃO ESTRUTURAL / UNB

Responsáveis pela Inspeção:

Data:



**VIADUTO CENTRAL**

Nome do Elemento	Guarda-rodas W	
Fator de relevância	1	Quadra
Local	Viaduto Central	/
Danos	Check	Observações
Cobrimento deficiente		
Corrosão de armaduras		
Desagregação		
Desplacamento		
Eflorescência		
Falhas de concretagem		
Fissuras		
Manchas		
Sinais de esmagamento		
Infiltração de água		

Nome do Elemento	Guarda-rodas L	
Fator de relevância	1	Quadra
Local	Viaduto Central	/
Danos	Check	Observações
Cobrimento deficiente		
Corrosão de armaduras		
Desagregação		
Desplacamento		
Eflorescência		
Falhas de concretagem		
Fissuras		
Manchas		
Sinais de esmagamento		
Infiltração de água		

Nome do Elemento	Tabuleiro	
Fator de relevância	4	Quadra
Local	Viaduto Central	/
Danos	Check	Observações
Cobrimento deficiente		
Corrosão de armaduras		
Desagregação		
Desplacamento		
Eflorescência		
Falhas de concretagem		
Fissuras		
Flechas		
Infiltração de água		
Manchas		
Abrasão		

Nome do Elemento	Pista de Rolamento	
Fator de relevância	2	Quadra
Local	Viaduto Central	/
Danos	Check	Observações
Descontinuidade		
Desgaste superficial		
Desgaste da sinalização		

Tabela 4: Ficha de inspeção – Viaduto Central (continuação)



INSPEÇÃO PARA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE GRAU DE DETERIORAÇÃO ESTRUTURAL / UNB

Responsáveis pela Inspeção:

Data:



**VIADUTO CENTRAL**

Cortina Sul W			Cortina Central Sul			Cortina Sul L		
Nome do Elemento	Fator de relevância		Nome do Elemento	Fator de relevância		Nome do Elemento	Fator de relevância	
	3	Quadra		5	Quadra		3	Quadra
Local	Viaduto Central	/	Local	Viaduto Central	/	Local	Viaduto Central	/
Danos	Check	Observações	Danos	Check	Observações	Danos	Check	Observações
Cobrimento deficiente			Cobrimento deficiente			Cobrimento deficiente		
Corrosão de armaduras			Corrosão de armaduras			Corrosão de armaduras		
Desagregação			Desagregação			Desagregação		
Deslocamento por empuxo			Deslocamento por empuxo			Deslocamento por empuxo		
Desplacamento			Desplacamento			Desplacamento		
Desvio de geometria			Desvio de geometria			Desvio de geometria		
Eflorescência			Eflorescência			Eflorescência		
Falhas de concretagem			Falhas de concretagem			Falhas de concretagem		
Fissuras			Fissuras			Fissuras		
Infiltração de água			Infiltração de água			Infiltração de água		
Manchas			Manchas			Manchas		
Sinais de esmagamento			Sinais de esmagamento			Sinais de esmagamento		
Abrasão			Abrasão			Abrasão		

Cortina Norte W			Cortina Central Norte			Cortina Norte L		
Nome do Elemento	Fator de relevância		Nome do Elemento	Fator de relevância		Nome do Elemento	Fator de relevância	
	3	Quadra		5	Quadra		3	Quadra
Local	Viaduto Central	/	Local	Viaduto Central	/	Local	Viaduto Central	/
Danos	Check	Observações	Danos	Check	Observações	Danos	Check	Observações
Cobrimento deficiente			Cobrimento deficiente			Cobrimento deficiente		
Corrosão de armaduras			Corrosão de armaduras			Corrosão de armaduras		
Desagregação			Desagregação			Desagregação		
Deslocamento por empuxo			Deslocamento por empuxo			Deslocamento por empuxo		
Desplacamento			Desplacamento			Desplacamento		
Desvio de geometria			Desvio de geometria			Desvio de geometria		
Eflorescência			Eflorescência			Eflorescência		
Falhas de concretagem			Falhas de concretagem			Falhas de concretagem		
Fissuras			Fissuras			Fissuras		
Infiltração de água			Infiltração de água			Infiltração de água		
Manchas			Manchas			Manchas		
Sinais de esmagamento			Sinais de esmagamento			Sinais de esmagamento		
Abrasão			Abrasão			Abrasão		

Tabela 5: Ficha de inspeção – Viaduto L



INSPEÇÃO PARA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE GRAU DE DETERIORAÇÃO ESTRUTURAL / UNB

Responsáveis pela Inspeção:

Data:



**VIADUTO L**

Nome do Elemento	Guarda-rodas W	
Fator de relevância	1	Quadra
Local	Viaduto L	/
Danos	Check	Observações
Cobrimento deficiente		
Corrosão de armaduras		
Desagregação		
Desplacamento		
Eflorescência		
Falhas de concretagem		
Fissuras		
Manchas		
Sinais de esmagamento		
Infiltração de água		

Nome do Elemento	Guarda-rodas L	
Fator de relevância	1	Quadra
Local	Viaduto L	/
Danos	Check	Observações
Cobrimento deficiente		
Corrosão de armaduras		
Desagregação		
Desplacamento		
Eflorescência		
Falhas de concretagem		
Fissuras		
Manchas		
Sinais de esmagamento		
Infiltração de água		

Nome do Elemento	Tabuleiro	
Fator de relevância	4	Quadra
Local	Viaduto L	/
Danos	Check	Observações
Cobrimento deficiente		
Corrosão de armaduras		
Desagregação		
Desplacamento		
Eflorescência		
Falhas de concretagem		
Fissuras		
Flechas		
Infiltração de água		
Manchas		
Abrasão		

Nome do Elemento	Pista de Rolamento	
Fator de relevância	2	Quadra
Local	Viaduto L	/
Danos	Check	Observações
Descontinuidade		
Desgaste superficial		
Desgaste da sinalização		

Tabela 6: Ficha de inspeção – Viaduto L (continuação)



INSPEÇÃO PARA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE GRAU DE DETERIORAÇÃO ESTRUTURAL / UNB

Responsáveis pela Inspeção:

Data:



**VIADUTO L**

Cortina Sul W			Cortina Central Sul			Cortina Sul L		
Nome do Elemento	Fator de relevância		Nome do Elemento	Fator de relevância		Nome do Elemento	Fator de relevância	
	3	Quadra		5	Quadra		3	Quadra
Local	Viaduto L /		Local	Viaduto L /		Local	Viaduto L /	
Danos	Check	Observações	Danos	Check	Observações	Danos	Check	Observações
Cobrimento deficiente			Cobrimento deficiente			Cobrimento deficiente		
Corrosão de armaduras			Corrosão de armaduras			Corrosão de armaduras		
Desagregação			Desagregação			Desagregação		
Deslocamento por empuxo			Deslocamento por empuxo			Deslocamento por empuxo		
Desplacamento			Desplacamento			Desplacamento		
Desvio de geometria			Desvio de geometria			Desvio de geometria		
Eflorescência			Eflorescência			Eflorescência		
Falhas de concretagem			Falhas de concretagem			Falhas de concretagem		
Fissuras			Fissuras			Fissuras		
Infiltração de água			Infiltração de água			Infiltração de água		
Manchas			Manchas			Manchas		
Sinais de esmagamento			Sinais de esmagamento			Sinais de esmagamento		
Abrasão			Abrasão			Abrasão		

Cortina Norte W			Cortina Central Norte			Cortina Norte L		
Nome do Elemento	Fator de relevância		Nome do Elemento	Fator de relevância		Nome do Elemento	Fator de relevância	
	3	Quadra		5	Quadra		3	Quadra
Local	Viaduto L /		Local	Viaduto L /		Local	Viaduto L /	
Danos	Check	Observações	Danos	Check	Observações	Danos	Check	Observações
Cobrimento deficiente			Cobrimento deficiente			Cobrimento deficiente		
Corrosão de armaduras			Corrosão de armaduras			Corrosão de armaduras		
Desagregação			Desagregação			Desagregação		
Deslocamento por empuxo			Deslocamento por empuxo			Deslocamento por empuxo		
Desplacamento			Desplacamento			Desplacamento		
Desvio de geometria			Desvio de geometria			Desvio de geometria		
Eflorescência			Eflorescência			Eflorescência		
Falhas de concretagem			Falhas de concretagem			Falhas de concretagem		
Fissuras			Fissuras			Fissuras		
Infiltração de água			Infiltração de água			Infiltração de água		
Manchas			Manchas			Manchas		
Sinais de esmagamento			Sinais de esmagamento			Sinais de esmagamento		
Abrasão			Abrasão			Abrasão		

## B. TABELAS DE ANÁLISE

Tabela 7: Danos avaliados do elemento tabuleiro – 1/3

ELEMENTO	Quadra		Entrequadra 01/02 Norte						Entrequadra 03/04 Norte						Entrequadra 05/06 Norte						
	Danos	F <sub>p</sub>	Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		
			F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	
TABULEIRO	Fator de Relevância - Fr = 4	Cobrimento deficiente	3		0		0		0		0		0		0		0		0		0
		Corrosão de armaduras	5	3	40		0		0	2	8	3	40		0	3	40		0	2	8
		Desagregação	3		0		0		0	3	24		0		0		0		0		0
		Desplacamento	3		0	2	4,8	2	4,8		0		0		0		0		0		0
		Eflorescência	2		0	4	40		0		0	2	3,2		0	1	1,6	1	1,6	2	3,2
		Falhas de concretagem	2		0		0		0	3	16	3	16		0		0		0		0
		Fissuras	2 a 5		0		0		0		0		0		0		0		0	2	6,4
		Flechas	5		0		0		0		0		0		0		0		0		0
		Infiltração de água	3		0		0		0		0		0		0		0		0		0
		Manchas	3	2	4,8	2	4,8	2	4,8		0		0		0		0	3	24	2	4,8
		Abrasão do concreto	3	3	24		0	4	60	3	24	4	60	4	60	4	60		0	3	24
					<b>G<sub>de</sub></b>	56,74	<b>G<sub>de</sub></b>	47,74	<b>G<sub>de</sub></b>	68,28	<b>G<sub>de</sub></b>	40,00	<b>G<sub>de</sub></b>	89,80	<b>G<sub>de</sub></b>	60,00	<b>G<sub>de</sub></b>	84,57	<b>G<sub>de</sub></b>	25,50	<b>G<sub>de</sub></b>
			<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	56,74	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	47,74	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	68,28	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	40,00	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	89,80	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	60,00	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	84,57	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	25,50	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	35,59	

Tabela 8: Danos avaliados do elemento tabuleiro – 2/3

ELEMENTO	Quadra		Entrequadra 07/08 Norte						Entrequadra 09/10 Norte						Entrequadra 11/12 Norte						
	Danos	F <sub>p</sub>	Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		
			F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	
TABULEIRO	Fator de Relevância - Fr = 4	Cobrimento deficiente	3		0		0		0	2	4,8		0	2	4,8	2	4,8	2	4,8	2	4,8
		Corrosão de armaduras	5		0	2	8	2	8	2	8		0	2	8	3	40	3	40	2	8
		Desagregação	3	2	4,8		0		0	2	4,8		0	2	4,8	3	24	2	4,8	2	4,8
		Desplacamento	3		0		0		0		0	2	4,8		0		0		0		0
		Eflorescência	2	3	16	1	1,6	3	16		0		0	2	3,2	2	3,2	2	3,2		0
		Falhas de concretagem	2		0		0		0		0		0		0	3	16		0		0
		Fissuras	2 a 5		0		0		0		0		0		0		0		0		0
		Flechas	5		0		0		0		0		0		0		0		0		0
		Infiltração de água	3	1	2,4		0	3	24		0	1	2,4		0	2	4,8	1	2,4		0
		Manchas	3		0	2	4,8		0	2	4,8	2	4,8		0	2	4,8	2	4,8	2	4,8
		Abrasão do concreto	3	4	60	3	24	3	24	2	4,8		0	2	4,8	4	60	3	24	3	24
					<b>G<sub>de</sub></b>	76,73	<b>G<sub>de</sub></b>	33,00	<b>G<sub>de</sub></b>	40,00	<b>G<sub>de</sub></b>	13,65	<b>G<sub>de</sub></b>	7,68	<b>G<sub>de</sub></b>	13,50	<b>G<sub>de</sub></b>	97,16	<b>G<sub>de</sub></b>	60,95	<b>G<sub>de</sub></b>
			<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	76,73	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	33,00	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	40,00	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	0,00	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	0,00	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	0,00	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	97,16	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	60,95	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	35,59	

Tabela 9: Danos avaliados do elemento tabuleiro – 3/3

ELEMENTO	Quadra		Entrequadra 13/14 Norte						Entrequadra 15/16 Norte						
	Danos	F <sub>p</sub>	Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		
			F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	
<b>TABULEIRO</b>	Fator de Relevância - Fr = 4	Cobrimento deficiente	3	2	4,8		0	2	4,8	3	24		0		0
		Corrosão de armaduras	5	2	8		0	2	8	3	40	3	40	3	40
		Desagregação	3		0		0		0	2	4,8		0	3	24
		Desplacamento	3		0		0		0	3	24		0		0
		Eflorescência	2	1	1,6	3	16		0	2	3,2	1	1,6	3	16
		Falhas de concretagem	2		0		0		0	2	3,2		0	2	3,2
		Fissuras	2 a 5		0		0		0		0		0		0
		Flechas	5		0		0		0		0		0		0
		Infiltração de água	3		0		0		0	1	2,4		0		0
		Manchas	3	2	4,8		0	2	4,8	2	4,8	2	4,8		0
Abrasão do concreto	3		0		0	2	4,8	2	4,8	3	24	2	4,8		
			<b>G<sub>de</sub></b>	12,67	<b>G<sub>de</sub></b>	16,00	<b>G<sub>de</sub></b>	13,14	<b>G<sub>de</sub></b>	65,61	<b>G<sub>de</sub></b>	57,27	<b>G<sub>de</sub></b>	61,82	
			<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	16,00	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	65,61	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	57,27	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	61,82	

Tabela 10: Danos avaliados do elemento Guarda-rodas W – 1/3

ELEMENTO	Quadra		Entrequadra 01/02 Norte						Entrequadra 03/04 Norte						Entrequadra 05/06 Norte							
	Danos	F <sub>p</sub>	Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L			
			F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D		
<b>Guarda-Rodas W</b>	Fator de Relevância - Fr = 1	Cobrimento deficiente	3		0		0		0		0		0		0		0		0		0	
		Corrosão de armaduras	5	2	8	2	8	3	40	2	8	2	8	2	8	2	8	2	8	2	8	0
		Desagregação	3		0		0		0		0	3	24	2	4,8		0		0	3	24	
		Desplacamento	3		0	2	4,8		0		0		0		0		0		0		0	
		Eflorescência	2		0		0		0		0		0		0		0		0		0	
		Falhas de concretagem	2		0		0	2	3,2		0		0	2	3,2	1	1,6		0	3	16	
		Fissuras	2 a 5	3	16		0	4	40		0	3	16		0		0		0		0	
		Manchas	3	3	24	2	4,8	3	24	2	4,8	3	24	2	4,8	2	4,8	2	4,8	2	4,8	
		Sinais de Esmagamento	4		0		0		0		0		0		0		0		0		0	
		Infiltração de água	3	1	2,4	1	2,4	2	4,8	1	2,4	3	24	3	24		0	3	24	1	2,4	
Abrasão do Concreto	3		0		0		0		0		0		0		0		0		0			
			<b>G<sub>de</sub></b>	36,57	<b>G<sub>de</sub></b>	12,80	<b>G<sub>de</sub></b>	65,71	<b>G<sub>de</sub></b>	11,79	<b>G<sub>de</sub></b>	42,00	<b>G<sub>de</sub></b>	35,14	<b>G<sub>de</sub></b>	11,56	<b>G<sub>de</sub></b>	32,35	<b>G<sub>de</sub></b>	35,80		
			<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	36,57	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	65,71	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	42,00	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	35,14	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	32,35	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	35,80		

Tabela 11: Danos avaliados do elemento Guarda-rodas W – 2/3

ELEMENTO	Quadra		Entrequadra 07/08 Norte						Entrequadra 09/10 Norte						Entrequadra 11/12 Norte						
	Danos	F <sub>p</sub>	Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		
			F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	
Guarda-Rodas W	Fator de Relevância - Fr = 1	Cobrimento deficiente	3		0		0		0		0		0	2	4,8	1	2,4	2	4,8	2	4,8
		Corrosão de armaduras	5	2	8	2	8	2	8		0	2	8	2	8	2	8	2	8	2	8
		Desagregação	3		0		0	2	4,8		0		0		0		0		0		0
		Desplacamento	3		0		0		0		0		0	2	4,8		0	4	60	2	4,8
		Eflorescência	2		0		0		0		0		0		0		0		0		0
		Falhas de concretagem	2		0		0		0		0		0		0		0		0		0
		Fissuras	2 a 5	2	3,2		0		0	1	1,6	1	2,4	1	2,4	2	3,2		0		0
		Manchas	3	3	24	2	4,8	2	4,8	2	4,8	2	4,8	2	4,8	2	4,8	2	4,8	2	4,8
		Sinais de Esmagamento	4		0		0		0		0		0		0		0		0		0
		Infiltração de água	3	1	2,4	2	4,8	1	2,4	1	2,4	1	2,4	1	2,4	1	2,4	1	2,4		0
Abrasão do Concreto	3		0		0	3	24		0		0		0		0		0		0		
			<b>G<sub>de</sub></b>	32,68	<b>G<sub>de</sub></b>	12,36	<b>G<sub>de</sub></b>	34,91	<b>G<sub>de</sub></b>	6,98	<b>G<sub>de</sub></b>	12,36	<b>G<sub>de</sub></b>	13,65	<b>G<sub>de</sub></b>	12,92	<b>G<sub>de</sub></b>	75,00	<b>G<sub>de</sub></b>	13,14	
			<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	32,68	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	0,00	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	34,91	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	0,00	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	0,00	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	0,00	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	0,00	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	75,00	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	0,00	

Tabela 12: Danos avaliados do elemento Guarda-rodas W – 3/3

ELEMENTO	Quadra		Entrequadra 13/14 Norte						Entrequadra 15/16 Norte						
	Danos	F <sub>p</sub>	Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		
			F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	
Guarda-Rodas W	Fator de Relevância - Fr = 1	Cobrimento deficiente	3	3	24		0	3	24		0		0		0
		Corrosão de armaduras	5	2	8	2	8	2	8	3	40	2	8	2	8
		Desagregação	3		0		0	2	4,8		0		0	3	24
		Desplacamento	3		0		0	3	24	3	24		0		0
		Eflorescência	2		0		0		0		0		0		0
		Falhas de concretagem	2		0		0		0		0		0		0
		Fissuras	2 a 5	1	2,4		0		0	3	16	2	3,2	2	3,2
		Manchas	3		0		0	2	4,8	3	24	3	24	3	24
		Sinais de Esmagamento	4		0		0		0		0		0		0
		Infiltração de água	3		0		0	1	2,4	3	24	3	24	3	24
Abrasão do Concreto	3		0		0		0		0		0		0		
			<b>G<sub>de</sub></b>	31,26	<b>G<sub>de</sub></b>	8,00	<b>G<sub>de</sub></b>	39,53	<b>G<sub>de</sub></b>	67,50	<b>G<sub>de</sub></b>	38,27	<b>G<sub>de</sub></b>	41,08	
			<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	31,26	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	0,00	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	39,53	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	67,50	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	38,27	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	41,08	

Tabela 13: Danos avaliados do elemento Guarda-rodas L – 1/3

ELEMENTO	Quadra		Entrequadra 01/02 Norte						Entrequadra 03/04 Norte						Entrequadra 05/06 Norte						
	Danos	F <sub>p</sub>	Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		
			F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	
Guarda-Rodas L	Fator de Relevância - Fr = 1	Cobrimento deficiente	3		0		0		0		2	4,8		0		0		0		0	
		Corrosão de armaduras	5	2	8	3	40	2	8	2	8	2	8		0	2	8	2	8	2	8
		Desagregação	3		0		0		0	2	4,8		0		0		0		0		0
		Desplacimento	3		0		0	2	4,8		0	3	24		0		0		0		0
		Eflorescência	2		0		0		0		0		0		0		0	3	16		0
		Falhas de concretagem	2		0		0		0	3	16	2	3,2	1	1,6		0		0		0
		Fissuras	2 a 5	4	40	3	16		0		0	3	24		0	2	3,2	2	3,2		0
		Manchas	3	2	4,8	3	24	2	4,8		0	3	24	2	4,8	3	24	3	24	2	4,8
		Sinais de Esmagamento	4		0		0		0		0		0		0		0		0		0
		Infiltração de água	3	1	2,4	1	2,4	1	2,4		0	2	4,8		0		0		0		0
Abrassão do Concreto	3		0		0		0		0		0		0		0		0	4	60		
			<b>G<sub>de</sub></b>	51,01	<b>G<sub>de</sub></b>	60,58	<b>G<sub>de</sub></b>	12,80	<b>G<sub>de</sub></b>	23,11	<b>G<sub>de</sub></b>	41,79	<b>G<sub>de</sub></b>	6,00	<b>G<sub>de</sub></b>	31,64	<b>G<sub>de</sub></b>	36,75	<b>G<sub>de</sub></b>	70,55	
			<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	51,01	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	60,58	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	23,11	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	41,79	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	31,64	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	36,75	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	70,55	

Tabela 14: Danos avaliados do elemento Guarda-rodas L – 2/3

ELEMENTO	Quadra		Entrequadra 07/08 Norte						Entrequadra 09/10 Norte						Entrequadra 11/12 Norte						
	Danos	F <sub>p</sub>	Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		
			F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	
Guarda-Rodas L	Fator de Relevância - Fr = 1	Cobrimento deficiente	3		0		0		0	3	24		0		0	2	4,8	2	4,8	1	2,4
		Corrosão de armaduras	5	2	8	2	8	2	8	2	8	2	8		0	2	8	2	8		0
		Desagregação	3		0	2	4,8	2	4,8		0		0		0	2	4,8		0		0
		Desplacimento	3		0		0		0	2	4,8	2	4,8		0		0		0		0
		Eflorescência	2		0		0		0		0		0		0	1	1,6		0		0
		Falhas de concretagem	2		0		0		0		0		0		0		0		0		0
		Fissuras	2 a 5		0	3	24		0		0		0		0	2	4,8		0		0
		Manchas	3	2	4,8	2	4,8	3	24	2	4,8	2	4,8	2	4,8	2	4,8	2	4,8	2	4,8
		Sinais de Esmagamento	4		0		0		0		0		0		0		0		0		0
		Infiltração de água	3	1	2,4	2	4,8	1	2,4	1	2,4	1	2,4	1	2,4	1	2,4	1	2,4	1	2,4
Abrassão do Concreto	3		0		0		0	2	4,8		0	3	24		0	4	60		0		
			<b>G<sub>de</sub></b>	11,79	<b>G<sub>de</sub></b>	35,59	<b>G<sub>de</sub></b>	33,31	<b>G<sub>de</sub></b>	36,20	<b>G<sub>de</sub></b>	12,80	<b>G<sub>de</sub></b>	29,54	<b>G<sub>de</sub></b>	13,95	<b>G<sub>de</sub></b>	75,00	<b>G<sub>de</sub></b>	7,20	
			<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	35,59	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	33,31	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	36,20	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	29,54	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	75,00	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	



Tabela 15: Danos avaliados do elemento Guarda-rodas L – 3/3

ELEMENTO	Fator de Relevância - Fr =	Quadra		Entrequadra 13/14 Norte						Entrequadra 15/16 Norte									
		Danos	F <sub>p</sub>	Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L					
				F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D				
Guarda-Rodas L	1	Cobrimento deficiente	3	1	2,4	0	0	2	4,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Corrosão de armaduras	5	4	100	2	8	0	0	2	8	2	8	0	0	0	0	0	0
		Desagregação	3		0		0		0	3	24		0		0		0		0
		Desplacamento	3		0		0		0	2	4,8		0		2	4,8		0	
		Eflorescência	2		0		0		0		0		0		0		0		0
		Falhas de concretagem	2		0		0		0		0		0		0		0		0
		Fissuras	2 a 5	3	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Manchas	3	2	4,8		0	2	4,8	2	4,8	3	24		0		0		0
		Sinais de Esmagamento	4		0		0		0		0		0		0		0		0
		Infiltração de água	3		0		0	2	4,8	2	4,8	3	24		0		0		0
		Abrasão do Concreto	3		0		0		0		0		0		0		0		0
		<b>G<sub>de</sub></b>	123,78	<b>G<sub>de</sub></b>	8,00	<b>G<sub>de</sub></b>	8,00	<b>G<sub>de</sub></b>	35,59	<b>G<sub>de</sub></b>	37,71	<b>G<sub>de</sub></b>	4,80						
		<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	123,78	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	0,00	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	0,00	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	35,59	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	37,71	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	0,00						

Tabela 16: Danos avaliados do elemento Pista de Rolamento – 1/3

ELEMENTO	Fator de Relevância - Fr =	Quadra		Entrequadra 01/02 Norte						Entrequadra 03/04 Norte						Entrequadra 05/06 Norte					
		Danos	F <sub>p</sub>	Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L	
				F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D
PISTA DE ROLAMENTO	2	Descontinuidade	3	0	3	24	2	4,8	2	4,8	2	4,8	0	0	2	4,8	0	0	2	4,8	
		Desgaste superficial	3	2	4,8	2	4,8	0	0	2	4,8	3	24	2	4,8	2	4,8	0	0	2	4,8
		Desgaste da sinalização	4		0	2	6,4		0		0	2	6,4		0		0	2	6,4		0
					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
				<b>G<sub>de</sub></b>	4,80	<b>G<sub>de</sub></b>	31,64	<b>G<sub>de</sub></b>	4,80	<b>G<sub>de</sub></b>	7,20	<b>G<sub>de</sub></b>	31,64	<b>G<sub>de</sub></b>	4,80	<b>G<sub>de</sub></b>	7,20	<b>G<sub>de</sub></b>	6,40	<b>G<sub>de</sub></b>	7,20
		<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	0,00	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	31,64	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	0,00	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	0,00	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	31,64	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	0,00	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	0,00	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	0,00	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	0,00		

Tabela 17: Danos avaliados do elemento Pista de Rolamento – 2/3

ELEMENTO	Quadra		Entrequadra 07/08 Norte						Entrequadra 09/10 Norte						Entrequadra 11/12 Norte						
	Danos	F <sub>p</sub>	Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		
			F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	
PISTA DE ROLAMENTO	Fator de Relevância - Fr = 2	Descontinuidade	3	2	4,8	2	4,8	2	4,8		0		0		0		0	2	4,8		0
		Desgaste superficial	3	2	4,8	2	4,8	2	4,8		0		0		0		0	2	4,8		0
		Desgaste da sinalização	4		0	2	6,4		0		0		0		0		0		0		0
					0		0		0		0		0		0		0		0		0
					0		0		0		0		0		0		0		0		0
					0		0		0		0		0		0		0		0		0
					0		0		0		0		0		0		0		0		0
					0		0		0		0		0		0		0		0		0
					0		0		0		0		0		0		0		0		0
					0		0		0		0		0		0		0		0		0
					0		0		0		0		0		0		0		0		0
			G <sub>de</sub>	7,20	G <sub>de</sub>	10,24	G <sub>de</sub>	7,20	G <sub>de</sub>	0,00	G <sub>de</sub>	0,00	G <sub>de</sub>	0,00	G <sub>de</sub>	0,00	G <sub>de</sub>	7,20	G <sub>de</sub>	0,00	
			G <sub>de (&gt;=15)</sub>	0,00	G <sub>de (&gt;=15)</sub>	0,00	G <sub>de (&gt;=15)</sub>	0,00	G <sub>de (&gt;=15)</sub>	0,00	G <sub>de (&gt;=15)</sub>	0,00	G <sub>de (&gt;=15)</sub>	0,00	G <sub>de (&gt;=15)</sub>	0,00	G <sub>de (&gt;=15)</sub>	0,00	G <sub>de (&gt;=15)</sub>	0,00	

Tabela 18: Danos avaliados do elemento Pista de Rolamento – 3/3

ELEMENTO	Quadra		Entrequadra 13/14 Norte						Entrequadra 15/16 Norte						
	Danos	F <sub>p</sub>	Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		
			F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	
PISTA DE ROLAMENTO	Fator de Relevância - Fr = 2	Descontinuidade	3		0	2	4,8		0		0	2	4,8	2	4,8
		Desgaste superficial	3		0	2	4,8		0		0	2	4,8	2	4,8
		Desgaste da sinalização	4		0	2	6,4		0		0	2	6,4		0
					0		0		0		0		0		0
					0		0		0		0		0		0
					0		0		0		0		0		0
					0		0		0		0		0		0
					0		0		0		0		0		0
					0		0		0		0		0		0
					0		0		0		0		0		0
					0		0		0		0		0		0
			G <sub>de</sub>	0,00	G <sub>de</sub>	10,24	G <sub>de</sub>	0,00	G <sub>de</sub>	0,00	G <sub>de</sub>	10,24	G <sub>de</sub>	7,20	
			G <sub>de (&gt;=15)</sub>	0,00	G <sub>de (&gt;=15)</sub>	0,00	G <sub>de (&gt;=15)</sub>	0,00	G <sub>de (&gt;=15)</sub>	0,00	G <sub>de (&gt;=15)</sub>	0,00	G <sub>de (&gt;=15)</sub>	0,00	

Tabela 19: Danos avaliados do elemento Cortina Sul W – 1/3

ELEMENTO	Quadra		Entrequadra 01/02 Norte						Entrequadra 03/04 Norte						Entrequadra 05/06 Norte						
	Danos	F <sub>p</sub>	Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		
			F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	
CORTINA SUL W	Fator de Relevância - Fr = 3	Cobrimento deficiente	3		0		0		0		0		0		0		0		0		0
		Corrosão de armaduras	5		0		0		0		0		0	3	40		0		0		0
		Desagregação	3		0		0		0		0		0		0		0		0		0
		Deslocamento por empuxo	5		0		0		0		0		0		0		0		0		0
		Desplacamento	3		0		0		0	3	24		0	2	4,8		0	2	4,8	2	4,8
		Desvio de geometria	3		0		0		0		0		0		0		0		0		0
		Eflorescência	2		0		0		0		0		0		0		0		0		0
		Falhas de concretagem	2	1	1,6	1	1,6	2	3,2		0	2	3,2	2	3,2		0		0		0
		Fissuras	2 a 5		0	2	4,8		0		0		0		0		0	2	3,2	2	3,2
		Infiltração de água	3		0		0		0		0		0		0		0		0		0
		Manchas	3	2	4,8	2	4,8	2	4,8	2	4,8	2	4,8	2	4,8	2	4,8	2	4,8	2	4,8
		Sinais de Esmagamento	4		0		0		0		0		0		0		0		0		0
		Abrasão do concreto	3		0		0		0		0		0		0		0		0		0
			<b>G<sub>de</sub></b>	6,00	<b>G<sub>de</sub></b>	7,54	<b>G<sub>de</sub></b>	6,72	<b>G<sub>de</sub></b>	28,00	<b>G<sub>de</sub></b>	6,72	<b>G<sub>de</sub></b>	49,70	<b>G<sub>de</sub></b>	4,80	<b>G<sub>de</sub></b>	7,80	<b>G<sub>de</sub></b>	7,80	
			<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	28,00	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	49,70	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	

Tabela 20: Danos avaliados do elemento Cortina Sul W – 2/3

ELEMENTO	Quadra		Entrequadra 07/08 Norte						Entrequadra 09/10 Norte						Entrequadra 11/12 Norte						
	Danos	F <sub>p</sub>	Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		
			F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	
CORTINA SUL W	Fator de Relevância - Fr = 3	Cobrimento deficiente	3		0		0		0		0	2	4,8		0		0	2	4,8		0
		Corrosão de armaduras	5		0		0		0		0		0	2	8		0	2	8		0
		Desagregação	3		0		0		0		0		0		0		0	2	4,8		0
		Deslocamento por empuxo	5		0		0		0		0		0		0		0		0		0
		Desplacamento	3		0		0	2	4,8		0	2	4,8	2	4,8		0		0		0
		Desvio de geometria	3		0		0		0		0		0		0		0		0		0
		Eflorescência	2		0		0		0		0		0		0		0		0		0
		Falhas de concretagem	2	2	3,2	1	1,6	2	3,2		0	1	1,6	1	1,6		0	1	1,6	1	1,6
		Fissuras	2 a 5		0		0		0	1	2,4	1	2,4		0	3	16		0	1	2,4
		Infiltração de água	3		0		0		0		0		0		0		0		0		0
		Manchas	3	2	4,8	2	4,8	2	4,8	2	4,8	2	4,8		0	2	4,8	2	4,8	3	24
		Sinais de Esmagamento	4		0		0		0		0		0		0		0		0		0
		Abrasão do concreto	3		0		0		0		0		0		0		0		0		0
			<b>G<sub>de</sub></b>	6,72	<b>G<sub>de</sub></b>	6,00	<b>G<sub>de</sub></b>	7,80	<b>G<sub>de</sub></b>	6,40	<b>G<sub>de</sub></b>	8,35	<b>G<sub>de</sub></b>	11,56	<b>G<sub>de</sub></b>	19,69	<b>G<sub>de</sub></b>	13,33	<b>G<sub>de</sub></b>	27,43	
			<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	19,69	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	27,43	

Tabela 21: Danos avaliados do elemento Cortina Sul W – 3/3

ELEMENTO	Quadra		Entrequadra 13/14 Norte						Entrequadra 15/16 Norte						
	Danos	F <sub>p</sub>	Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		
			F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	
CORTINA SUL W	Fator de Relevância - Fr = 3	Cobrimento deficiente	3	2	4,8		0	2	4,8	2	4,8		0	2	4,8
		Corrosão de armaduras	5	2	8		0	2	8		0	2	8		0
		Desagregação	3	2	4,8		0	3	24		0		0		0
		Deslocamento por empuxo	5		0		0		0		0		0		0
		Desplacamento	3		0	2	4,8		0		0		0		0
		Desvio de geometria	3		0		0		0		0		0		0
		Eflorescência	2		0		0		0		0		0		0
		Falhas de concretagem	2	1	1,6		0		0	1	1,6	2	3,2	2	3,2
		Fissuras	2 a 5		0	2	3,2	2	3,2		0		0		0
		Infiltração de água	3		0		0		0		0		0		0
		Manchas	3	2	4,8	2	4,8	2	4,8	3	24	3	24	3	24
		Sinais de Esmagamento	4		0		0		0		0		0		0
		Abrasão do concreto	3		0		0		0		0		0		0
			<b>G<sub>de</sub></b>	13,33	<b>G<sub>de</sub></b>	7,80	<b>G<sub>de</sub></b>	35,14	<b>G<sub>de</sub></b>	29,05	<b>G<sub>de</sub></b>	31,64	<b>G<sub>de</sub></b>	30,00	
			<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	0,00	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	0,00	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	35,14	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	29,05	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	31,64	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	30,00	

Tabela 22: Danos avaliados do elemento Cortina Norte W – 1/3

ELEMENTO	Quadra		Entrequadra 01/02 Norte						Entrequadra 03/04 Norte						Entrequadra 05/06 Norte						
	Danos	F <sub>p</sub>	Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		
			F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	
CORTINA NORTE W	Fator de Relevância - Fr = 3	Cobrimento deficiente	3		0		0		0		0		0		0		0		0		0
		Corrosão de armaduras	5		0		0		0		0		0		0		0		0		0
		Desagregação	3		0		0		0		0		0		0		0		0		0
		Deslocamento por empuxo	5		0		0		0		0		0		0		0		0		0
		Desplacamento	3		0		0	2	4,8	2	4,8		0		0		0		0	2	4,8
		Desvio de geometria	3		0		0		0		0		0		0		0		0		0
		Eflorescência	2		0		0		0		0		0		0		0		0		0
		Falhas de concretagem	2	1	1,6	1	1,6	1	1,6		0	1	1,6		0		0	2	3,2	2	3,2
		Fissuras	2 a 5		0		0		0		0		0		0		0		0		0
		Infiltração de água	3		0		0		0		0		0		0		0		0		0
		Manchas	3	2	4,8	2	4,8	2	4,8	2	4,8	2	4,8	2	4,8	3	24	2	4,8	2	4,8
		Sinais de Esmagamento	4		0		0		0		0		0		0		0		0		0
		Abrasão do concreto	3		0		0		0		0		0		0	3	24		0		0
			<b>G<sub>de</sub></b>	6,00	<b>G<sub>de</sub></b>	6,00	<b>G<sub>de</sub></b>	7,54	<b>G<sub>de</sub></b>	7,20	<b>G<sub>de</sub></b>	6,00	<b>G<sub>de</sub></b>	4,80	<b>G<sub>de</sub></b>	36,00	<b>G<sub>de</sub></b>	6,72	<b>G<sub>de</sub></b>	7,80	
			<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	0,00	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	0,00	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	0,00	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	0,00	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	0,00	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	0,00	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	36,00	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	0,00	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	0,00	

Tabela 23: Danos avaliados do elemento Cortina Norte W – 2/3

ELEMENTO	Quadra		Entrequadra 07/08 Norte						Entrequadra 09/10 Norte						Entrequadra 11/12 Norte						
	Danos	F <sub>p</sub>	Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		
			F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	
CORTINA NORTE W	Fator de Relevância - Fr = 3	Cobrimento deficiente	3		0		0	2	4,8		0		0		0		0	2	4,8		0
		Corrosão de armaduras	5		0		0		0		0		0	2	8		0	2	8		0
		Desagregação	3		0		0		0		0	2	4,8		0		0	2	4,8		0
		Deslocamento por empuxo	5		0		0		0		0		0		0		0		0		0
		Desplacamento	3		0		0		0		0		0	2	4,8		0	2	4,8		0
		Desvio de geometria	3		0		0		0		0		0		0		0		0		0
		Eflorescência	2		0		0		0		0		0		0		0		0		0
		Falhas de concretagem	2		0	1	1,6		0		0	1	1,6	1	1,6	1	1,6	1	1,6	1	1,6
		Fissuras	2 a 5		0		0		0		0	1	2,4		0		0		0		0
		Infiltração de água	3		0		0		0		0		0		0		0	3	24		0
		Manchas	3	2	4,8	2	4,8		0	2	4,8	2	4,8	2	4,8	2	4,8	2	4,8	2	4,8
		Sinais de Esmagamento	4		0		0		0		0		0		0		0		0		0
		Abrasão do concreto	3		0		0		0		0		0		0		0		0		0
			<b>G<sub>de</sub></b>	4,80	<b>G<sub>de</sub></b>	6,00	<b>G<sub>de</sub></b>	4,80	<b>G<sub>de</sub></b>	4,80	<b>G<sub>de</sub></b>	7,91	<b>G<sub>de</sub></b>	12,67	<b>G<sub>de</sub></b>	6,00	<b>G<sub>de</sub></b>	37,09	<b>G<sub>de</sub></b>	6,00	
			<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	37,09	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	

Tabela 24: Danos avaliados do elemento Cortina Norte W – 3/3

ELEMENTO	Quadra		Entrequadra 13/14 Norte						Entrequadra 15/16 Norte						
	Danos	F <sub>p</sub>	Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		
			F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	
CORTINA NORTE W	Fator de Relevância - Fr = 3	Cobrimento deficiente	3	2	4,8		0	3	24	2	4,8		0		0
		Corrosão de armaduras	5	2	8		0	2	8		0	2	8		0
		Desagregação	3	2	4,8		0	2	4,8		0		0		0
		Deslocamento por empuxo	5		0		0		0		0		0		0
		Desplacamento	3		0	2	4,8		0		0		0		0
		Desvio de geometria	3		0		0		0		0		0		0
		Eflorescência	2		0		0		0		0		0		0
		Falhas de concretagem	2	1	1,6		0		0	1	1,6		0	3	16
		Fissuras	2 a 5		0	2	3,2		0		0		0		0
		Infiltração de água	3		0		0		0		0		0		0
		Manchas	3	2	4,8	2	4,8	2	4,8	3	24	3	24	3	24
		Sinais de Esmagamento	4		0		0		0		0		0		0
		Abrasão do concreto	3		0		0		0	3	24		0		0
			<b>G<sub>de</sub></b>	13,33	<b>G<sub>de</sub></b>	7,80	<b>G<sub>de</sub></b>	34,15	<b>G<sub>de</sub></b>	37,41	<b>G<sub>de</sub></b>	30,00	<b>G<sub>de</sub></b>	33,60	
			<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	34,15	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	37,41	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	30,00	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	33,60	

Tabela 25: Danos avaliados do elemento Cortina Central Sul – 1/3

ELEMENTO	Quadra	F <sub>p</sub>	Entrequadra 01/02 Norte						Entrequadra 03/04 Norte						Entrequadra 05/06 Norte						
			Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		
			F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	
CORTINA CENTRAL SUL	Fator de Relevância - Fr = 5	Cobrimento deficiente	3	1	2,4	0	0	0	0	2	4,8	2	4,8	0	0	0	0	0	0	2	4,8
		Corrosão de armaduras	5		0	3	40		0	3	40		0		0	3	40		0		0
		Desagregação	3		0		0	2	4,8		0		0		0		0		0		0
		Deslocamento por empuxo	5		0		0	0	0		0		0		0		0		0		0
		Desplacamento	3		0		0	0	0		0		0		0		0		0		0
		Desvio de geometria	3		0		0	0	0		0		0		0		0		0		0
		Eflorescência	2		0		0	0	0		0		0		0		0		0		0
		Falhas de concretagem	2	1	1,6	1	1,6	3	16		0	2	3,2	2	3,2	3	16	2	3,2	2	3,2
		Fissuras	2 a 5		0		0	0	0		0		0		0	3	16		0		0
		Infiltração de água	3		0		0	0	0		0		0		0		0		0		0
		Manchas	3	3	24	2	4,8	2	4,8	3	24	3	24	2	4,8	2	4,8	2	4,8	2	4,8
		Sinais de Esmagamento	4		0		0	0	0		0		0		0		0		0		0
		Abrasão do concreto	3		0		0	0	0		0		0		0		0		0		0
<b>G<sub>de</sub></b>			27,43	<b>G<sub>de</sub></b>	45,52	<b>G<sub>de</sub></b>	22,00	<b>G<sub>de</sub></b>	56,74	<b>G<sub>de</sub></b>	30,00	<b>G<sub>de</sub></b>	6,72	<b>G<sub>de</sub></b>	53,68	<b>G<sub>de</sub></b>	21,33	<b>G<sub>de</sub></b>	7,80		
<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>			27,43	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	45,52	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	22,00	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	56,74	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	30,00	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	0,00	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	53,68	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	21,33	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	0,00		

Tabela 26: Danos avaliados do elemento Cortina Central Sul – 2/3

ELEMENTO	Quadra	F <sub>p</sub>	Entrequadra 07/08 Norte						Entrequadra 09/10 Norte						Entrequadra 11/12 Norte						
			Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		
			F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	
CORTINA CENTRAL SUL	Fator de Relevância - Fr = 5	Cobrimento deficiente	3		0		0	2	4,8	2	4,8		0	2	4,8	2	4,8	2	4,8		0
		Corrosão de armaduras	5	3	40		0	3	40	2	8		0	2	8	3	40	2	8		0
		Desagregação	3	3	24		0	0	0		0		0	3	24	2	4,8		0		0
		Deslocamento por empuxo	5		0		0	0	0		0		0		0		0		0		0
		Desplacamento	3		0		0	0	0		0		0		0		0	2	4,8		0
		Desvio de geometria	3		0		0	0	0		0		0		0		0		0		0
		Eflorescência	2		0		0	0	0		0		0		0		0		0		0
		Falhas de concretagem	2	2	3,2	2	3,2		0	1	1,6		0	2	3,2	1	1,6	1	1,6	1	1,6
		Fissuras	2 a 5		0		0	0	0		0	3	24		0	2	4,8	2	4,8	1	2,4
		Infiltração de água	3		0		0	0	0		0		0		0		0		0		0
		Manchas	3	2	4,8	3	24	2	4,8		0		0	2	4,8	3	24	2	4,8	2	4,8
		Sinais de Esmagamento	4		0		0	0	0		0		0		0		0		0		0
		Abrasão do concreto	3		0		0	0	0		0		0		0		0		0		0
<b>G<sub>de</sub></b>			57,78	<b>G<sub>de</sub></b>	26,82	<b>G<sub>de</sub></b>	47,74	<b>G<sub>de</sub></b>	11,56	<b>G<sub>de</sub></b>	24,00	<b>G<sub>de</sub></b>	35,14	<b>G<sub>de</sub></b>	60,00	<b>G<sub>de</sub></b>	13,78	<b>G<sub>de</sub></b>	6,98		
<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>			57,78	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	26,82	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	47,74	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	0,00	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	24,00	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	35,14	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	60,00	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	0,00	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	0,00		

Tabela 27: Danos avaliados do elemento Cortina Central Sul – 3/3

ELEMENTO	Quadra		Entrequadra 13/14 Norte						Entrequadra 15/16 Norte						
	Danos	F <sub>p</sub>	Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		
			F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	
<b>CORTINA CENTRAL SUL</b>	Fator de Relevância - Fr = 5	Cobrimento deficiente	3		0		0	3	24	2	4,8	2	4,8		0
		Corrosão de armaduras	5	2	8		0	2	8		0	2	8		0
		Desagregação	3		0		0	2	4,8	3	24		0		0
		Deslocamento por empuxo	5		0		0		0		0		0		0
		Desplacamento	3		0		0		0		0		0		0
		Desvio de geometria	3		0		0		0		0		0		0
		Eflorescência	2		0		0		0		0		0		0
		Falhas de concretagem	2	1	1,6		0	1	1,6	2	3,2	2	3,2	2	3,2
		Fissuras	2 a 5	2	4,8		0		0		0		0		0
		Infiltração de água	3		0		0		0		0		0		0
		Manchas	3	2	4,8		0		0	3	24	3	24	2	4,8
		Sinais de Esmagamento	4		0		0		0		0		0		0
		Abrasão do concreto	3		0		0	4	60		0		0		0
			<b>G<sub>de</sub></b>	12,67	<b>G<sub>de</sub></b>	0,00	<b>G<sub>de</sub></b>	83,41	<b>G<sub>de</sub></b>	37,71	<b>G<sub>de</sub></b>	33,60	<b>G<sub>de</sub></b>	6,72	
			<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	0,00	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	0,00	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	83,41	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	37,71	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	33,60	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	0,00	

Tabela 28: Danos avaliados do elemento Cortina Central Norte – 1/3

ELEMENTO	Quadra		Entrequadra 01/02 Norte						Entrequadra 03/04 Norte						Entrequadra 05/06 Norte							
	Danos	F <sub>p</sub>	Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L			
			F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D		
<b>CORTINA CENTRAL NORTE</b>	Fator de Relevância - Fr = 5	Cobrimento deficiente	3	1	2,4		0		0	2	4,8	2	4,8		0		0		0		0	
		Corrosão de armaduras	5		0		0	2	8		0		0	3	40		0		0	3	40	
		Desagregação	3		0		0	2	4,8		0		0		0	2	4,8		0		0	
		Deslocamento por empuxo	5		0		0		0		0		0		0		0		0		0	
		Desplacamento	3		0		0		0		0		0		0		0		0		0	
		Desvio de geometria	3		0		0		0		0		0		0		0		0		0	
		Eflorescência	2		0		0		0		0		0		0		0		0		0	
		Falhas de concretagem	2	2	3,2		1	1,6	2	3,2	0	2	3,2	2	3,2	2	3,2	2	3,2	2	3,2	
		Fissuras	2 a 5		0		0		0		0		0		0		0	3	16		0	
		Infiltração de água	3		0		0		0		0		0		0		0		0		0	
		Manchas	3	3	24		2	4,8	2	4,8	3	24	2	4,8	2	4,8	3	24	2	4,8	3	24
		Sinais de Esmagamento	4		0		0		0		0		0		0		0		0		0	
		Abrasão do concreto	3		0		0		0		0		0		0		0		0		0	
			<b>G<sub>de</sub></b>	28,54	<b>G<sub>de</sub></b>	6,00	<b>G<sub>de</sub></b>	12,92	<b>G<sub>de</sub></b>	28,00	<b>G<sub>de</sub></b>	7,80	<b>G<sub>de</sub></b>	46,67	<b>G<sub>de</sub></b>	30,00	<b>G<sub>de</sub></b>	21,33	<b>G<sub>de</sub></b>	55,00		
			<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	28,54	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	0,00	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	0,00	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	28,00	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	0,00	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	46,67	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	30,00	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	21,33	<b>G<sub>de (&gt;=15)</sub></b>	55,00		

Tabela 29: Danos avaliados do elemento Cortina Central Norte – 2/3

ELEMENTO	Quadra		Entrequadra 07/08 Norte						Entrequadra 09/10 Norte						Entrequadra 11/12 Norte									
	Danos	F <sub>p</sub>	Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L					
			F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D				
CORTINA CENTRAL NORTE	Fator de Relevância - Fr = 5	Cobrimento deficiente	3		0		0		0		2	4,8		0		2	4,8		3	24		0		
		Corrosão de armaduras	5		0		0		3	40		2	8		0		2	8		3	40		0	
		Desagregação	3	3	24		0		0		0		0		3	24		0		0		2	4,8	
		Deslocamento por empuxo	5		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0	
		Desplacamento	3		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0	
		Desvio de geometria	3		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0	
		Eflorescência	2		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0	
		Falhas de concretagem	2	2	3,2	2	3,2		0		1	1,6		0		2	3,2	1	1,6	1	1,6	1	1,6	
		Fissuras	2 a 5		0	3	16		0		0		3	24	2	4,8	2	4,8		0		3	24	
		Infiltração de água	3		0		0		0		0		2	4,8		0		0		2	4,8		0	
		Manchas	3	2	4,8	3	24	2	4,8		0		0		2	4,8	2	4,8	2	4,8	2	4,8		0
		Sinais de Esmagamento	4		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0	
		Abrasão do concreto	3		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0	
			G <sub>de</sub>	30,00	G <sub>de</sub>	34,67	G <sub>de</sub>	44,29	G <sub>de</sub>	11,56	G <sub>de</sub>	28,00	G <sub>de</sub>	36,39	G <sub>de</sub>	13,33	G <sub>de</sub>	58,72	G <sub>de</sub>	29,05				
			G <sub>de (&gt;=15)</sub>	30,00	G <sub>de (&gt;=15)</sub>	34,67	G <sub>de (&gt;=15)</sub>	44,29	G <sub>de (&gt;=15)</sub>	0,00	G <sub>de (&gt;=15)</sub>	28,00	G <sub>de (&gt;=15)</sub>	36,39	G <sub>de (&gt;=15)</sub>	0,00	G <sub>de (&gt;=15)</sub>	58,72	G <sub>de (&gt;=15)</sub>	29,05				

Tabela 30: Danos avaliados do elemento Cortina Central Norte – 3/3

ELEMENTO	Quadra		Entrequadra 13/14 Norte						Entrequadra 15/16 Norte									
	Danos	F <sub>p</sub>	Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L					
			F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D				
CORTINA CENTRAL NORTE	Fator de Relevância - Fr = 5	Cobrimento deficiente	3		0		0		2	4,8		0		2	4,8		0	
		Corrosão de armaduras	5		0		0		2	8		0		2	8		3	40
		Desagregação	3		0		0		2	4,8	2	4,8		0			0	
		Deslocamento por empuxo	5		0		0		0		0		0		0		0	
		Desplacamento	3		0		0		0		0		0		0		0	
		Desvio de geometria	3		0		0		0		0		0		0		0	
		Eflorescência	2		0		0		0		0		0		0		0	
		Falhas de concretagem	2	1	1,6		0		1	1,6	2	3,2	2	3,2	2	3,2	2	3,2
		Fissuras	2 a 5		0		0		1	1,6		0		0		0		0
		Infiltração de água	3		0		0		0		0		0		0		0	
		Manchas	3		0		0		2	4,8	3	24	3	24	2	4,8		0
		Sinais de Esmagamento	4		0		0		0		0		0		0		0	
		Abrasão do concreto	3		0		0		0		0		0		0		0	
			G <sub>de</sub>	1,60	G <sub>de</sub>	0,00	G <sub>de</sub>	13,50	G <sub>de</sub>	30,00	G <sub>de</sub>	33,60	G <sub>de</sub>	46,67				
			G <sub>de (&gt;=15)</sub>	0,00	G <sub>de (&gt;=15)</sub>	0,00	G <sub>de (&gt;=15)</sub>	0,00	G <sub>de (&gt;=15)</sub>	30,00	G <sub>de (&gt;=15)</sub>	33,60	G <sub>de (&gt;=15)</sub>	46,67				



Tabela 31: Danos avaliados do elemento Cortina Sul L – 1/3

ELEMENTO	Quadra		Entrequadra 01/02 Norte						Entrequadra 03/04 Norte						Entrequadra 05/06 Norte						
	Danos	F <sub>p</sub>	Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		
			F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	
CORTINA SULL	Fator de Relevância - Fr = 3	Cobrimto deficiente	3		0		0		0		0		0		0	2	4,8		0		0
		Corrosão de armaduras	5		0		0		0		0		0		0		0		0		0
		Desagregação	3		0		0		0		0		0		0		0		0		0
		Deslocamento por empuxo	5		0		0		0		0		0		0		0		0		0
		Desplacamento	3	2	4,8	3	24		0		0		0	2	4,8		0		0		0
		Desvio de geometria	3		0		0		0		0		0		0		0		0		0
		Eflorescência	2		0		0		0		0		0		0		0		0		0
		Falhas de concretagem	2	1	1,6	1	1,6	1	1,6	3	16	3	16	1	1,6	2	3,2	2	3,2	2	3,2
		Fissuras	2 a 5		0		0		0		0		0		0		0		0		0
		Infiltração de água	3		0	1	2,4		0		0	3	24		0		0		0		0
		Manchas	3	2	4,8	2	4,8	2	4,8	3	24	2	4,8		0	2	4,8	3	24		0
		Sinais de Esmagamento	4		0		0		0		0		0		0		0		0		0
		Abrasão do concreto	3		0		0		0		0		0		0		0		0		0
			<b>G<sub>de</sub></b>	7,54	<b>G<sub>de</sub></b>	30,44	<b>G<sub>de</sub></b>	6,00	<b>G<sub>de</sub></b>	33,60	<b>G<sub>de</sub></b>	35,14	<b>G<sub>de</sub></b>	6,00	<b>G<sub>de</sub></b>	7,80	<b>G<sub>de</sub></b>	26,82	<b>G<sub>de</sub></b>	3,20	
			<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	30,44	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	33,60	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	35,14	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	26,82	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	

Tabela 32: Danos avaliados do elemento Cortina Sul L – 2/3

ELEMENTO	Quadra		Entrequadra 07/08 Norte						Entrequadra 09/10 Norte						Entrequadra 11/12 Norte						
	Danos	F <sub>p</sub>	Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		
			F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	
CORTINA SULL	Fator de Relevância - Fr = 3	Cobrimto deficiente	3		0		0		0	2	4,8		0		0		0	1	2,4		0
		Corrosão de armaduras	5		0		0		0		0		0		0		0	2	8		0
		Desagregação	3		0		0		0		0		0		0	2	4,8		0		0
		Deslocamento por empuxo	5		0		0		0		0		0		0		0		0		0
		Desplacamento	3	3	24		0	2	4,8	2	4,8		0		0		0		0		0
		Desvio de geometria	3		0		0		0		0		0		0		0		0		0
		Eflorescência	2		0		0		0		0		0		0		0		0		0
		Falhas de concretagem	2	2	3,2	2	3,2		0	1	1,6		0		0	1	1,6	1	1,6	1	1,6
		Fissuras	2 a 5		0		0		0		0	1	2,4		0		0		0	2	3,2
		Infiltração de água	3	1	2,4		0		0		0		0		0		0		0		0
		Manchas	3	2	4,8	2	4,8	2	4,8	2	4,8	2	4,8	2	4,8	2	4,8	2	4,8	2	4,8
		Sinais de Esmagamento	4		0		0		0		0		0		0		0		0		0
		Abrasão do concreto	3	3	24		0		0		0		0		0		0		0		0
			<b>G<sub>de</sub></b>	38,14	<b>G<sub>de</sub></b>	6,72	<b>G<sub>de</sub></b>	7,20	<b>G<sub>de</sub></b>	8,16	<b>G<sub>de</sub></b>	6,40	<b>G<sub>de</sub></b>	4,80	<b>G<sub>de</sub></b>	7,54	<b>G<sub>de</sub></b>	12,19	<b>G<sub>de</sub></b>	7,20	
			<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	38,14	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	

Tabela 33: Danos avaliados do elemento Cortina Sul L – 3/3

ELEMENTO	Quadra		Entrequadra 13/14 Norte						Entrequadra 15/16 Norte								
	Danos	F <sub>p</sub>	Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L				
			F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D			
CORTINA SULL	Fator de Relevância - Fr = 3	Cobrimento deficiente	3		0		0		0		0		0		0		0
		Corrosão de armaduras	5		0		0	2	8		0		0		0		0
		Desagregação	3		0		0		0		0		0		0		0
		Deslocamento por empuxo	5		0		0		0		0		0		0		0
		Desplacamento	3	3	24		0	2	4,8		0		0	2	4,8		0
		Desvio de geometria	3		0		0		0		0		0		0		0
		Eflorescência	2		0		0		0		0		0		0		0
		Falhas de concretagem	2	1	1,6		0		0		2	3,2		0		3	16
		Fissuras	2 a 5		0	2	3,2	1	1,6		0		0	2	3,2		0
		Infiltração de água	3		0		0		0		0		0		0		0
		Manchas	3	2	4,8	2	4,8	2	4,8	2	4,8	2	4,8	2	4,8	2	4,8
		Sinais de Esmagamento	4		0		0		0		0		0		0		0
		Abrasão do concreto	3		0		0		0		0		0		0		0
			<b>G<sub>de</sub></b>	29,05	<b>G<sub>de</sub></b>	6,72	<b>G<sub>de</sub></b>	12,67	<b>G<sub>de</sub></b>	6,72	<b>G<sub>de</sub></b>	4,80	<b>G<sub>de</sub></b>	23,11			
			<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	29,05	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	23,11			

Tabela 34: Danos avaliados do elemento Cortina Norte L – 1/3

ELEMENTO	Quadra		Entrequadra 01/02 Norte						Entrequadra 03/04 Norte						Entrequadra 05/06 Norte						
	Danos	F <sub>p</sub>	Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		
			F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	
CORTINA NORTE L	Fator de Relevância - Fr = 3	Cobrimento deficiente	3		0		0		0	2	4,8		0		0		0		0		0
		Corrosão de armaduras	5		0		0		0	2	8		0		0		0		0		0
		Desagregação	3		0		0		0		0		0		0		0		0		0
		Deslocamento por empuxo	5		0		0		0		0		0		0		0		0		0
		Desplacamento	3		0		0		0	2	4,8		0	2	4,8		0		0		0
		Desvio de geometria	3		0		0		0		0		0		0		0		0		0
		Eflorescência	2		0		0		0		0		0		0		0		0		0
		Falhas de concretagem	2	1	1,6	1	1,6	1	1,6	1	1,6	3	16	1	1,6	2	3,2		0	2	3,2
		Fissuras	2 a 5		0		0		0		0		0		0		0	2	3,2		0
		Infiltração de água	3		0		0		0		0		0		0		0		0		0
		Manchas	3	2	4,8	3	24		0	2	4,8	2	4,8	2	4,8	2	4,8	3	24	2	4,8
		Sinais de Esmagamento	4		0		0		0		0		0		0		0		0		0
		Abrasão do concreto	3	3	24		0		0		0		0		0		0		0		0
			<b>G<sub>de</sub></b>	29,05	<b>G<sub>de</sub></b>	25,50	<b>G<sub>de</sub></b>	1,60	<b>G<sub>de</sub></b>	13,33	<b>G<sub>de</sub></b>	19,69	<b>G<sub>de</sub></b>	7,54	<b>G<sub>de</sub></b>	6,72	<b>G<sub>de</sub></b>	26,82	<b>G<sub>de</sub></b>	6,72	
			<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	29,05	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	25,50	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	19,69	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	26,82	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	

Tabela 35: Danos avaliados do elemento Cortina Norte L – 2/3

ELEMENTO	Quadra		Entrequadra 07/08 Norte						Entrequadra 09/10 Norte						Entrequadra 11/12 Norte						
	Danos	F <sub>p</sub>	Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		
			F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	
CORTINA NORTE L	Fator de Relevância - Fr = 3	Cobrimto deficiente	3	2	4,8		0		0	2	4,8		0		0	2	4,8	1	2,4	2	4,8
		Corrosão de armaduras	5	2	8		0		0		0		0		0	3	40		0	2	8
		Desagregação	3		0		0		0		0		0	1	2,4		0		0		0
		Deslocamento por empuxo	5		0		0		0		0		0		0		0		0		0
		Desplacamento	3	2	4,8	2	4,8		0		0		0		0		0		0		0
		Desvio de geometria	3		0		0		0		0		0		0		0		0		0
		Eflorescência	2		0		0		0		0		0		0		0		0		0
		Falhas de concretagem	2	2	3,2	2	3,2		0	1	1,6	1	1,6	1	1,6	3	16	1	1,6	1	1,6
		Fissuras	2 a 5		0		0	2	3,2	1	1,6	1	2,4	1	2,4	3	16		0	2	3,2
		Infiltração de água	3		0		0		0		0		0		0		0		0		0
		Manchas	3	2	4,8	2	4,8	2	4,8	2	4,8	2	4,8	2	4,8	3	24	2	4,8	2	4,8
		Sinais de Esmagamento	4		0		0		0		0		0		0		0		0		0
		Abrasão do concreto	3		0		0		0		0		0		0		0		0		0
			<b>G<sub>de</sub></b>	13,50	<b>G<sub>de</sub></b>	7,80	<b>G<sub>de</sub></b>	6,72	<b>G<sub>de</sub></b>	7,80	<b>G<sub>de</sub></b>	6,98	<b>G<sub>de</sub></b>	7,54	<b>G<sub>de</sub></b>	64,13	<b>G<sub>de</sub></b>	6,98	<b>G<sub>de</sub></b>	13,14	
			<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	64,13	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	

Tabela 36: Danos avaliados do elemento Cortina Norte L – 3/3

ELEMENTO	Quadra		Entrequadra 13/14 Norte						Entrequadra 15/16 Norte						
	Danos	F <sub>p</sub>	Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		Viaduto W		Viaduto Central		Viaduto L		
			F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	F <sub>i</sub>	D	
CORTINA NORTE L	Fator de Relevância - Fr = 3	Cobrimto deficiente	3		0		0		0	1	2,4		0		0
		Corrosão de armaduras	5		0		0	2	8	2	8		0	2	8
		Desagregação	3	2	4,8		0		0		0		0		0
		Deslocamento por empuxo	5		0		0		0		0		0		0
		Desplacamento	3		0	2	4,8	2	4,8	3	24	2	4,8		0
		Desvio de geometria	3		0		0		0		0		0		0
		Eflorescência	2		0		0		0		0		0		0
		Falhas de concretagem	2	1	1,6		0	1	1,6		0		0	3	16
		Fissuras	2 a 5		0	1	1,6		0		0		0		0
		Infiltração de água	3		0		0		0		0		0		0
		Manchas	3	2	4,8	2	4,8	2	4,8	2	4,8	2	4,8	2	4,8
		Sinais de Esmagamento	4		0		0		0		0		0		0
		Abrasão do concreto	3		0		0		0	3	24		0		0
			<b>G<sub>de</sub></b>	7,54	<b>G<sub>de</sub></b>	7,54	<b>G<sub>de</sub></b>	12,67	<b>G<sub>de</sub></b>	38,89	<b>G<sub>de</sub></b>	7,20	<b>G<sub>de</sub></b>	23,11	
			<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	38,89	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	0,00	<b>G<sub>de</sub> (&gt;=15)</b>	23,11	

## C. RESULTADOS COMPLETOS

### i. QUADRA 01/02

Tabela 37: Resultados dos viadutos da quadra 01/02 para todos os valores de  $G_{de}$

Quadra 01/02 Norte					
Viaduto W					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ )	Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ )	Fator de Relevância ( $F_r$ )	Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ )	Nível de Deterioração da Estrutura
Tabuleiro	56,74	56,74	4	40,67	Médio
Guarda-Rodas W	36,57	60,74	1		
Guarda-Rodas L	51,01				
Cortina Sul W	6,00	34,40	3		
Cortina Norte W	6,00				
Cortina Sul L	7,54				
Cortina Norte L	29,05				
Cortina Central Sul	27,43	34,84	5		
Cortina Central Norte	28,54				
Pista de Rolamento	4,80	4,80	2		
Viaduto Central					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ )	Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ )	Fator de Relevância ( $F_r$ )	Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ )	Nível de Deterioração da Estrutura
Tabuleiro	47,74	47,74	4	43,60	Médio
Guarda-Rodas W	12,80	65,65	1		
Guarda-Rodas L	60,58				
Cortina Sul W	7,54	38,04	3		
Cortina Norte W	6,00				
Cortina Sul L	30,44				
Cortina Norte L	25,50				
Cortina Central Sul	45,52	48,09	5		
Cortina Central Norte	6,00				
Pista de Rolamento	31,64	31,64	2		
Viaduto L					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ )	Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ )	Fator de Relevância ( $F_r$ )	Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ )	Nível de Deterioração da Estrutura
Tabuleiro	68,28	68,28	4	46,77	Médio
Guarda-Rodas W	65,71	70,87	1		
Guarda-Rodas L	12,80				
Cortina Sul W	6,72	9,70	3		
Cortina Norte W	7,54				
Cortina Sul L	6,00				
Cortina Norte L	1,60				
Cortina Central Sul	22,00	25,75	5		
Cortina Central Norte	12,92				
Pista de Rolamento	4,80	4,80	2		

Tabela 38: Resultados dos viadutos da quadra 01/02 para todos os valores de  $G_{de} \geq 15$

Quadra 01/02 Norte					
Viaduto W					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ )	Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ )	Fator de Relevância ( $F_r$ )	Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ )	Nível de Deterioração da Estrutura
Tabuleiro	56,74	56,74	4	40,44	Médio
Guarda-Rodas W	36,57	60,74	1		
Guarda-Rodas L	51,01				
Cortina Sul W	0,00	29,05	3		
Cortina Norte W	0,00				
Cortina Sul L	0,00				
Cortina Norte L	29,05	34,84	5		
Cortina Central Sul	27,43				
Cortina Central Norte	28,54	0,00	2		
Pista de Rolamento	0,00				
Viaduto Central					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ )	Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ )	Fator de Relevância ( $F_r$ )	Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ )	Nível de Deterioração da Estrutura
Tabuleiro	47,74	47,74	4	41,37	Médio
Guarda-Rodas W	0,00	60,58	1		
Guarda-Rodas L	60,58				
Cortina Sul W	0,00	36,73	3		
Cortina Norte W	0,00				
Cortina Sul L	30,44				
Cortina Norte L	25,50	45,52	5		
Cortina Central Sul	45,52				
Cortina Central Norte	0,00	31,64	2		
Pista de Rolamento	31,64				
Viaduto L					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ )	Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ )	Fator de Relevância ( $F_r$ )	Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ )	Nível de Deterioração da Estrutura
Tabuleiro	68,28	68,28	4	45,57	Médio
Guarda-Rodas W	65,71	65,71	1		
Guarda-Rodas L	0,00				
Cortina Sul W	0,00	0,00	3		
Cortina Norte W	0,00				
Cortina Sul L	0,00				
Cortina Norte L	0,00	22,00	5		
Cortina Central Sul	22,00				
Cortina Central Norte	0,00	0,00	2		
Pista de Rolamento	0,00				

## ii. QUADRA 03/04

Tabela 39: Resultados dos viadutos da quadra 03/04 para todos os valores de  $G_{de}$

Quadra 03/04 Norte					
Viaduto W					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ )	Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ )	Fator de Relevância ( $F_r$ )	Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ )	Nível de Deterioração da Estrutura
Tabuleiro	40,00	40,00	4	56,71	Alto
Guarda-Rodas W	11,79	26,73	1		
Guarda-Rodas L	23,11				
Cortina Sul W	28,00	42,38	3		
Cortina Norte W	7,20				
Cortina Sul L	33,60				
Cortina Norte L	13,33				
Cortina Central Sul	56,74	65,45	5		
Cortina Central Norte	28,00				
Pista de Rolamento	7,20	7,20	2		
Viaduto Central					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ )	Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ )	Fator de Relevância ( $F_r$ )	Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ )	Nível de Deterioração da Estrutura
Tabuleiro	89,80	89,80	4	62,88	Alto
Guarda-Rodas W	42,00	51,42	1		
Guarda-Rodas L	41,79				
Cortina Sul W	6,72	42,75	3		
Cortina Norte W	6,00				
Cortina Sul L	35,14				
Cortina Norte L	19,69				
Cortina Central Sul	30,00	32,95	5		
Cortina Central Norte	7,80				
Pista de Rolamento	31,64	31,64	2		
Viaduto L					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ )	Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ )	Fator de Relevância ( $F_r$ )	Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ )	Nível de Deterioração da Estrutura
Tabuleiro	60,00	60,00	4	44,95	Médio
Guarda-Rodas W	35,14	37,62	1		
Guarda-Rodas L	6,00				
Cortina Sul W	49,70	56,00	3		
Cortina Norte W	4,80				
Cortina Sul L	6,00				
Cortina Norte L	7,54				
Cortina Central Sul	6,72	49,52	5		
Cortina Central Norte	46,67				
Pista de Rolamento	4,80	4,80	2		

Tabela 40: Resultados dos viadutos da quadra 03/04 para todos os valores de  $G_{de} \geq 15$

Quadra 03/04 Norte					
Viaduto W					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ )	Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ )	Fator de Relevância ( $F_r$ )	Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ )	Nível de Deterioração da Estrutura
Tabuleiro	40,00	40,00	4	56,35	Alto
Guarda-Rodas W	0,00	23,11	1		
Guarda-Rodas L	23,11				
Cortina Sul W	28,00	40,52	3		
Cortina Norte W	0,00				
Cortina Sul L	33,60				
Cortina Norte L	0,00	65,45	5		
Cortina Central Sul	56,74				
Cortina Central Norte	28,00				
Pista de Rolamento	0,00	0,00	2		
Viaduto Central					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ )	Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ )	Fator de Relevância ( $F_r$ )	Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ )	Nível de Deterioração da Estrutura
Tabuleiro	89,80	89,80	4	62,62	Alto
Guarda-Rodas W	42,00	51,42	1		
Guarda-Rodas L	41,79				
Cortina Sul W	0,00	40,97	3		
Cortina Norte W	0,00				
Cortina Sul L	35,14				
Cortina Norte L	19,69	30,00	5		
Cortina Central Sul	30,00				
Cortina Central Norte	0,00				
Pista de Rolamento	31,64	31,64	2		
Viaduto L					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ )	Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ )	Fator de Relevância ( $F_r$ )	Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ )	Nível de Deterioração da Estrutura
Tabuleiro	60,00	60,00	4	43,41	Médio
Guarda-Rodas W	35,14	35,14	1		
Guarda-Rodas L	0,00				
Cortina Sul W	49,70	49,70	3		
Cortina Norte W	0,00				
Cortina Sul L	0,00				
Cortina Norte L	0,00	46,67	5		
Cortina Central Sul	0,00				
Cortina Central Norte	46,67				
Pista de Rolamento	0,00	0,00	2		

### iii. QUADRA 05/06

Tabela 41: Resultados dos viadutos da quadra 05/06 para todos os valores de  $G_{de}$

Entrequadra 05/06 Norte					
Viaduto W					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ )	Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ )	Fator de Relevância ( $F_r$ )	Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ )	Nível de Deterioração da Estrutura
Tabuleiro	84,57	84,57	4	60,35	Alto
Guarda-Rodas W	11,56	35,62	1		
Guarda-Rodas L	31,64				
Cortina Sul W	4,80	41,82	3		
Cortina Norte W	36,00				
Cortina Sul L	7,80				
Cortina Norte L	6,72	62,57	5		
Cortina Central Sul	53,68				
Cortina Central Norte	30,00				
Pista de Rolamento	7,20	7,20	2		
Viaduto Central					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ )	Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ )	Fator de Relevância ( $F_r$ )	Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ )	Nível de Deterioração da Estrutura
Tabuleiro	25,50	25,50	4	23,86	Médio
Guarda-Rodas W	32,35	44,53	1		
Guarda-Rodas L	36,75				
Cortina Sul W	7,80	34,00	3		
Cortina Norte W	6,72				
Cortina Sul L	26,82				
Cortina Norte L	26,82	26,13	5		
Cortina Central Sul	21,33				
Cortina Central Norte	21,33				
Pista de Rolamento	6,40	6,40	2		
Viaduto L					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ )	Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ )	Fator de Relevância ( $F_r$ )	Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ )	Nível de Deterioração da Estrutura
Tabuleiro	35,59	35,59	4	50,17	Alto
Guarda-Rodas W	35,80	81,56	1		
Guarda-Rodas L	70,55				
Cortina Sul W	7,80	10,15	3		
Cortina Norte W	7,80				
Cortina Sul L	3,20				
Cortina Norte L	6,72	58,32	5		
Cortina Central Sul	7,80				
Cortina Central Norte	55,00				
Pista de Rolamento	7,20	7,20	2		



Tabela 42: Resultados dos viadutos da quadra 05/06 para todos os valores de  $G_{de} \geq 15$

Entrequadra 05/06 Norte					
Viaduto W					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ )	Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ )	Fator de Relevância ( $F_r$ )	Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ )	Nível de Deterioração da Estrutura
Tabuleiro	84,57	84,57	4	59,99	Alto
Guarda-Rodas W	0,00	31,64	1		
Guarda-Rodas L	31,64				
Cortina Sul W	0,00	36,00	3		
Cortina Norte W	36,00				
Cortina Sul L	0,00				
Cortina Norte L	0,00	62,57	5		
Cortina Central Sul	53,68				
Cortina Central Norte	30,00				
Pista de Rolamento	0,00	0,00	2		
Viaduto Central					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ )	Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ )	Fator de Relevância ( $F_r$ )	Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ )	Nível de Deterioração da Estrutura
Tabuleiro	25,50	25,50	4	23,75	Médio
Guarda-Rodas W	32,35	44,53	1		
Guarda-Rodas L	36,75				
Cortina Sul W	0,00	32,85	3		
Cortina Norte W	0,00				
Cortina Sul L	26,82				
Cortina Norte L	26,82	26,13	5		
Cortina Central Sul	21,33				
Cortina Central Norte	21,33				
Pista de Rolamento	0,00	0,00	2		
Viaduto L					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ )	Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ )	Fator de Relevância ( $F_r$ )	Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ )	Nível de Deterioração da Estrutura
Tabuleiro	35,59	35,59	4	46,82	Médio
Guarda-Rodas W	35,80	81,56	1		
Guarda-Rodas L	70,55				
Cortina Sul W	0,00	0,00	3		
Cortina Norte W	0,00				
Cortina Sul L	0,00				
Cortina Norte L	0,00	55,00	5		
Cortina Central Sul	0,00				
Cortina Central Norte	55,00				
Pista de Rolamento	0,00	0,00	2		

#### iv. QUADRA 07/08

Tabela 43: Resultados dos viadutos da quadra 07/08 para todos os valores de  $G_{de}$

Quadra 07/08 Norte					
Viaduto W					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ )	Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ )	Fator de Relevância ( $F_r$ )	Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ )	Nível de Deterioração da Estrutura
Tabuleiro	76,73	76,73	4	59,79	Alto
Guarda-Rodas W	32,68	36,76	1		
Guarda-Rodas L	11,79				
Cortina Sul W	6,72	45,06	3		
Cortina Norte W	4,80				
Cortina Sul L	38,14				
Cortina Norte L	13,50				
Cortina Central Sul	57,78	66,93	5		
Cortina Central Norte	30,00				
Pista de Rolamento	7,20	7,20	2		
Viaduto Central					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ )	Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ )	Fator de Relevância ( $F_r$ )	Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ )	Nível de Deterioração da Estrutura
Tabuleiro	33,00	33,00	4	36,20	Médio
Guarda-Rodas W	12,36	39,91	1		
Guarda-Rodas L	35,59				
Cortina Sul W	6,00	10,19	3		
Cortina Norte W	6,00				
Cortina Sul L	6,72				
Cortina Norte L	7,80				
Cortina Central Sul	26,82	41,55	5		
Cortina Central Norte	34,67				
Pista de Rolamento	10,24	10,24	2		
Viaduto L					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ )	Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ )	Fator de Relevância ( $F_r$ )	Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ )	Nível de Deterioração da Estrutura
Tabuleiro	40,00	40,00	4	49,65	Médio
Guarda-Rodas W	34,91	42,59	1		
Guarda-Rodas L	33,31				
Cortina Sul W	7,80	10,19	3		
Cortina Norte W	4,80				
Cortina Sul L	7,20				
Cortina Norte L	6,72				
Cortina Central Sul	47,74	58,10	5		
Cortina Central Norte	44,29				
Pista de Rolamento	7,20	7,20	2		

Tabela 44: Resultados dos viadutos da quadra 07/08 para todos os valores de  $G_{de} \geq 15$

Quadra 07/08 Norte					
Viaduto W					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ )	Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ )	Fator de Relevância ( $F_r$ )	Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ )	Nível de Deterioração da Estrutura
Tabuleiro	76,73	76,73	4	59,41	Alto
Guarda-Rodas W	32,68	32,68	1		
Guarda-Rodas L	0,00				
Cortina Sul W	0,00				
Cortina Norte W	0,00	38,14	3		
Cortina Sul L	38,14				
Cortina Norte L	0,00				
Cortina Central Sul	57,78	66,93	5		
Cortina Central Norte	30,00				
Pista de Rolamento	0,00				
Viaduto Central					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ )	Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ )	Fator de Relevância ( $F_r$ )	Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ )	Nível de Deterioração da Estrutura
Tabuleiro	33,00	33,00	4	35,34	Médio
Guarda-Rodas W	0,00	35,59	1		
Guarda-Rodas L	35,59				
Cortina Sul W	0,00				
Cortina Norte W	0,00	0,00	3		
Cortina Sul L	0,00				
Cortina Norte L	0,00				
Cortina Central Sul	26,82	41,55	5		
Cortina Central Norte	34,67				
Pista de Rolamento	0,00				
Viaduto L					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ )	Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ )	Fator de Relevância ( $F_r$ )	Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ )	Nível de Deterioração da Estrutura
Tabuleiro	40,00	40,00	4	48,81	Médio
Guarda-Rodas W	34,91	42,59	1		
Guarda-Rodas L	33,31				
Cortina Sul W	0,00				
Cortina Norte W	0,00	0,00	3		
Cortina Sul L	0,00				
Cortina Norte L	0,00				
Cortina Central Sul	47,74	58,10	5		
Cortina Central Norte	44,29				
Pista de Rolamento	0,00				

## v. QUADRA 09/10

Tabela 45: Resultados dos viadutos da quadra 09/10 para todos os valores de  $G_{de}$

Quadra 09/10					
Viaduto W					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ )	Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ )	Fator de Relevância ( $F_r$ )	Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ )	Nível de Deterioração da Estrutura
Tabuleiro	13,65	13,65	4	12,82	Baixo
Guarda-Rodas W	6,98	39,01	1		
Guarda-Rodas L	36,20				
Cortina Sul W	6,40	10,64	3		
Cortina Norte W	4,80				
Cortina Sul L	8,16				
Cortina Norte L	7,80				
Cortina Central Sul	11,56	14,15	5		
Cortina Central Norte	11,56				
Pista de Rolamento	0,00	0,00	2		
Viaduto Central					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ )	Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ )	Fator de Relevância ( $F_r$ )	Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ )	Nível de Deterioração da Estrutura
Tabuleiro	7,68	7,68	4	27,49	Médio
Guarda-Rodas W	12,36	15,63	1		
Guarda-Rodas L	12,80				
Cortina Sul W	8,35	10,94	3		
Cortina Norte W	7,91				
Cortina Sul L	6,40				
Cortina Norte L	6,98				
Cortina Central Sul	24,00	33,85	5		
Cortina Central Norte	28,00				
Pista de Rolamento	0,00	0,00	2		
Viaduto L					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ )	Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ )	Fator de Relevância ( $F_r$ )	Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ )	Nível de Deterioração da Estrutura
Tabuleiro	13,50	13,50	4	36,93	Médio
Guarda-Rodas W	13,65	33,89	1		
Guarda-Rodas L	29,54				
Cortina Sul W	11,56	16,29	3		
Cortina Norte W	12,67				
Cortina Sul L	4,80				
Cortina Norte L	7,54				
Cortina Central Sul	35,14	44,44	5		
Cortina Central Norte	36,39				
Pista de Rolamento	0,00	0,00	2		

Tabela 46: Resultados dos viadutos da quadra 09/10 para todos os valores de  $G_{de} \geq 15$

Quadra 09/10					
Viaduto W					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ )	Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ )	Fator de Relevância ( $F_r$ )	Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ )	Nível de Deterioração da Estrutura
Tabuleiro	0,00	0,00	4	5,12	Baixo
Guarda-Rodas W	0,00	36,20	1		
Guarda-Rodas L	36,20				
Cortina Sul W	0,00	0,00	3		
Cortina Norte W	0,00				
Cortina Sul L	0,00				
Cortina Norte L	0,00				
Cortina Central Sul	0,00	0,00	5		
Cortina Central Norte	0,00				
Pista de Rolamento	0,00	0,00	2		
Viaduto Central					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ )	Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ )	Fator de Relevância ( $F_r$ )	Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ )	Nível de Deterioração da Estrutura
Tabuleiro	0,00	0,00	4	23,94	Médio
Guarda-Rodas W	0,00	0,00	1		
Guarda-Rodas L	0,00				
Cortina Sul W	0,00	0,00	3		
Cortina Norte W	0,00				
Cortina Sul L	0,00				
Cortina Norte L	0,00				
Cortina Central Sul	24,00	33,85	5		
Cortina Central Norte	28,00				
Pista de Rolamento	0,00	0,00	2		
Viaduto L					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ )	Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ )	Fator de Relevância ( $F_r$ )	Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ )	Nível de Deterioração da Estrutura
Tabuleiro	0,00	0,00	4	33,22	Médio
Guarda-Rodas W	0,00	29,54	1		
Guarda-Rodas L	29,54				
Cortina Sul W	0,00	0,00	3		
Cortina Norte W	0,00				
Cortina Sul L	0,00				
Cortina Norte L	0,00				
Cortina Central Sul	35,14	44,44	5		
Cortina Central Norte	36,39				
Pista de Rolamento	0,00	0,00	2		

vi. **QUADRA 11/12**

Tabela 47: Resultados dos viadutos da quadra 11/12 para todos os valores de  $G_{de}$

Quadra 11/12 Norte					
Viaduto W					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ )	Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ )	Fator de Relevância ( $F_r$ )	Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ )	Nível de Deterioração da Estrutura
Tabuleiro	97,16	97,16	4	69,38	Alto
Guarda-Rodas W	12,92	16,97	1		
Guarda-Rodas L	13,95				
Cortina Sul W	19,69	74,27	3		
Cortina Norte W	6,00				
Cortina Sul L	7,54				
Cortina Norte L	64,13	65,23	5		
Cortina Central Sul	60,00				
Cortina Central Norte	13,33				
Pista de Rolamento	0,00	0,00	2		
Viaduto Central					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ )	Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ )	Fator de Relevância ( $F_r$ )	Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ )	Nível de Deterioração da Estrutura
Tabuleiro	60,95	60,95	4	57,35	Alto
Guarda-Rodas W	75,00	91,86	1		
Guarda-Rodas L	75,00				
Cortina Sul W	13,33	44,93	3		
Cortina Norte W	37,09				
Cortina Sul L	12,19				
Cortina Norte L	6,98	64,06	5		
Cortina Central Sul	13,78				
Cortina Central Norte	58,72				
Pista de Rolamento	7,20	7,20	2		
Viaduto L					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ )	Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ )	Fator de Relevância ( $F_r$ )	Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ )	Nível de Deterioração da Estrutura
Tabuleiro	35,59	35,59	4	28,57	Médio
Guarda-Rodas W	13,14	15,29	1		
Guarda-Rodas L	7,20				
Cortina Sul W	27,43	33,48	3		
Cortina Norte W	6,00				
Cortina Sul L	7,20				
Cortina Norte L	13,14	31,74	5		
Cortina Central Sul	6,98				
Cortina Central Norte	29,05				
Pista de Rolamento	0,00	0,00	2		

Tabela 48: Resultados dos viadutos da quadra 11/12 para todos os valores de  $G_{de} \geq 15$

Quadra 11/12 Norte					
Viaduto W					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ )	Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ )	Fator de Relevância ( $F_r$ )	Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ )	Nível de Deterioração da Estrutura
Tabuleiro	97,16	97,16	4	68,86	Alto
Guarda-Rodas W	0,00	0,00	1		
Guarda-Rodas L	0,00				
Cortina Sul W	19,69	71,26	3		
Cortina Norte W	0,00				
Cortina Sul L	0,00				
Cortina Norte L	64,13				
Cortina Central Sul	60,00	60,00	5		
Cortina Central Norte	0,00				
Pista de Rolamento	0,00	0,00	2		
Viaduto Central					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ )	Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ )	Fator de Relevância ( $F_r$ )	Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ )	Nível de Deterioração da Estrutura
Tabuleiro	60,95	60,95	4	52,59	Alto
Guarda-Rodas W	75,00	91,86	1		
Guarda-Rodas L	75,00				
Cortina Sul W	0,00	37,09	3		
Cortina Norte W	37,09				
Cortina Sul L	0,00				
Cortina Norte L	0,00				
Cortina Central Sul	0,00	58,72	5		
Cortina Central Norte	58,72				
Pista de Rolamento	0,00	0,00	2		
Viaduto L					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ )	Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ )	Fator de Relevância ( $F_r$ )	Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ )	Nível de Deterioração da Estrutura
Tabuleiro	35,59	35,59	4	26,05	Médio
Guarda-Rodas W	0,00	0,00	1		
Guarda-Rodas L	0,00				
Cortina Sul W	27,43	27,43	3		
Cortina Norte W	0,00				
Cortina Sul L	0,00				
Cortina Norte L	0,00				
Cortina Central Sul	0,00	29,05	5		
Cortina Central Norte	29,05				
Pista de Rolamento	0,00	0,00	2		

vii. **QUADRA 13/14**

Tabela 49: Resultados dos viadutos da quadra 13/14 para todos os valores de  $G_{de}$

Quadra 13/14 Norte					
Viaduto W					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ )	Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ )	Fator de Relevância ( $F_r$ )	Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ )	Nível de Deterioração da Estrutura
Tabuleiro	12,67	12,67	4	24,46	Médio
Guarda-Rodas W	31,26	135,69	1		
Guarda-Rodas L	123,78				
Cortina Sul W	13,33	36,06	3		
Cortina Norte W	13,33				
Cortina Sul L	29,05				
Cortina Norte L	7,54				
Cortina Central Sul	12,67	13,36	5		
Cortina Central Norte	1,60				
Pista de Rolamento	0,00	0,00	2		
Viaduto Central					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ )	Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ )	Fator de Relevância ( $F_r$ )	Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ )	Nível de Deterioração da Estrutura
Tabuleiro	16,00	16,00	4	11,04	Baixo
Guarda-Rodas W	8,00	9,80	1		
Guarda-Rodas L	8,00				
Cortina Sul W	7,80	10,29	3		
Cortina Norte W	7,80				
Cortina Sul L	6,72				
Cortina Norte L	7,54				
Cortina Central Sul	0,00	0,00	5		
Cortina Central Norte	0,00				
Pista de Rolamento	10,24	10,24	2		
Viaduto L					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ )	Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ )	Fator de Relevância ( $F_r$ )	Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ )	Nível de Deterioração da Estrutura
Tabuleiro	13,14	13,14	4	72,90	Alto
Guarda-Rodas W	39,53	42,73	1		
Guarda-Rodas L	8,00				
Cortina Sul W	35,14	44,85	3		
Cortina Norte W	34,15				
Cortina Sul L	12,67				
Cortina Norte L	12,67				
Cortina Central Sul	83,41	89,04	5		
Cortina Central Norte	13,50				
Pista de Rolamento	0,00	0,00	2		



Tabela 50: Resultados dos viadutos da quadra 13/14 para todos os valores de  $G_{de} \geq 15$

Quadra 13/14 Norte					
Viaduto W					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ )	Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ )	Fator de Relevância ( $F_r$ )	Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ )	Nível de Deterioração da Estrutura
Tabuleiro	0,00	0,00	4	22,64	Médio
Guarda-Rodas W	31,26	135,69	1		
Guarda-Rodas L	123,78				
Cortina Sul W	0,00	29,05	3		
Cortina Norte W	0,00				
Cortina Sul L	29,05				
Cortina Norte L	0,00				
Cortina Central Sul	0,00	0,00	5		
Cortina Central Norte	0,00				
Pista de Rolamento	0,00	0,00	2		
Viaduto Central					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ )	Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ )	Fator de Relevância ( $F_r$ )	Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ )	Nível de Deterioração da Estrutura
Tabuleiro	16,00	16,00	4	9,05	Baixo
Guarda-Rodas W	0,00	0,00	1		
Guarda-Rodas L	0,00				
Cortina Sul W	0,00	0,00	3		
Cortina Norte W	0,00				
Cortina Sul L	0,00				
Cortina Norte L	0,00				
Cortina Central Sul	0,00	0,00	5		
Cortina Central Norte	0,00				
Pista de Rolamento	0,00	0,00	2		
Viaduto L					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ )	Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ )	Fator de Relevância ( $F_r$ )	Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ )	Nível de Deterioração da Estrutura
Tabuleiro	0,00	0,00	4	66,94	Alto
Guarda-Rodas W	39,53	39,53	1		
Guarda-Rodas L	0,00				
Cortina Sul W	35,14	42,94	3		
Cortina Norte W	34,15				
Cortina Sul L	0,00				
Cortina Norte L	0,00				
Cortina Central Sul	83,41	83,41	5		
Cortina Central Norte	0,00				
Pista de Rolamento	0,00	0,00	2		

viii. QUADRA 15/16

Tabela 51: Resultados dos viadutos da quadra 15/16 para todos os valores de  $G_{de}$

Quadra 15/16 Norte					
Viaduto W					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ )	Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ )	Fator de Relevância ( $F_r$ )	Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ )	Nível de Deterioração da Estrutura
Tabuleiro	65,61	65,61	4	47,45	Médio
Guarda-Rodas W	67,50	78,29	1		
Guarda-Rodas L	35,59				
Cortina Sul W	29,05	50,00	3		
Cortina Norte W	37,41				
Cortina Sul L	6,72				
Cortina Norte L	38,89				
Cortina Central Sul	37,71	45,30	5		
Cortina Central Norte	30,00				
Pista de Rolamento	0,00	0,00	2		
Viaduto Central					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ )	Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ )	Fator de Relevância ( $F_r$ )	Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ )	Nível de Deterioração da Estrutura
Tabuleiro	57,27	57,27	4	59,52	Alto
Guarda-Rodas W	38,27	46,81	1		
Guarda-Rodas L	37,71				
Cortina Sul W	31,64	39,64	3		
Cortina Norte W	30,00				
Cortina Sul L	4,80				
Cortina Norte L	7,20				
Cortina Central Sul	57,78	67,57	5		
Cortina Central Norte	33,60				
Pista de Rolamento	10,24	10,24	2		
Viaduto L					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ )	Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ )	Fator de Relevância ( $F_r$ )	Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ )	Nível de Deterioração da Estrutura
Tabuleiro	61,82	61,82	4	44,82	Médio
Guarda-Rodas W	41,08	43,17	1		
Guarda-Rodas L	4,80				
Cortina Sul W	30,00	43,73	3		
Cortina Norte W	33,60				
Cortina Sul L	23,11				
Cortina Norte L	23,11				
Cortina Central Sul	6,72	49,52	5		
Cortina Central Norte	46,67				
Pista de Rolamento	7,20	7,20	2		

Tabela 52: Resultados dos viadutos da quadra 13/14 para todos os valores de  $G_{de} \geq 15$

Quadra 15/16 Norte					
Viaduto W					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ )	Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ )	Fator de Relevância ( $F_r$ )	Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ )	Nível de Deterioração da Estrutura
Tabuleiro	65,61	65,61	4	47,45	Médio
Guarda-Rodas W	67,50	78,29	1		
Guarda-Rodas L	35,59				
Cortina Sul W	29,05	49,66	3		
Cortina Norte W	37,41				
Cortina Sul L	0,00				
Cortina Norte L	38,89				
Cortina Central Sul	37,71	45,30	5		
Cortina Central Norte	30,00				
Pista de Rolamento	0,00	0,00	2		
Viaduto Central					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ )	Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ )	Fator de Relevância ( $F_r$ )	Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ )	Nível de Deterioração da Estrutura
Tabuleiro	57,27	57,27	4	59,24	Alto
Guarda-Rodas W	38,27	46,81	1		
Guarda-Rodas L	37,71				
Cortina Sul W	31,64	38,57	3		
Cortina Norte W	30,00				
Cortina Sul L	0,00				
Cortina Norte L	0,00				
Cortina Central Sul	57,78	67,57	5		
Cortina Central Norte	33,60				
Pista de Rolamento	0,00	0,00	2		
Viaduto L					
Elementos	Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ )	Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ )	Fator de Relevância ( $F_r$ )	Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ )	Nível de Deterioração da Estrutura
Tabuleiro	61,82	61,82	4	44,53	Médio
Guarda-Rodas W	41,08	41,08	1		
Guarda-Rodas L	0,00				
Cortina Sul W	30,00	43,73	3		
Cortina Norte W	33,60				
Cortina Sul L	23,11				
Cortina Norte L	23,11				
Cortina Central Sul	0,00	46,67	5		
Cortina Central Norte	46,67				
Pista de Rolamento	0,00	0,00	2		

D. PROJETOS DOS VIADUTOS – ARQUIVO PÚBLICO DE BRASÍLIA

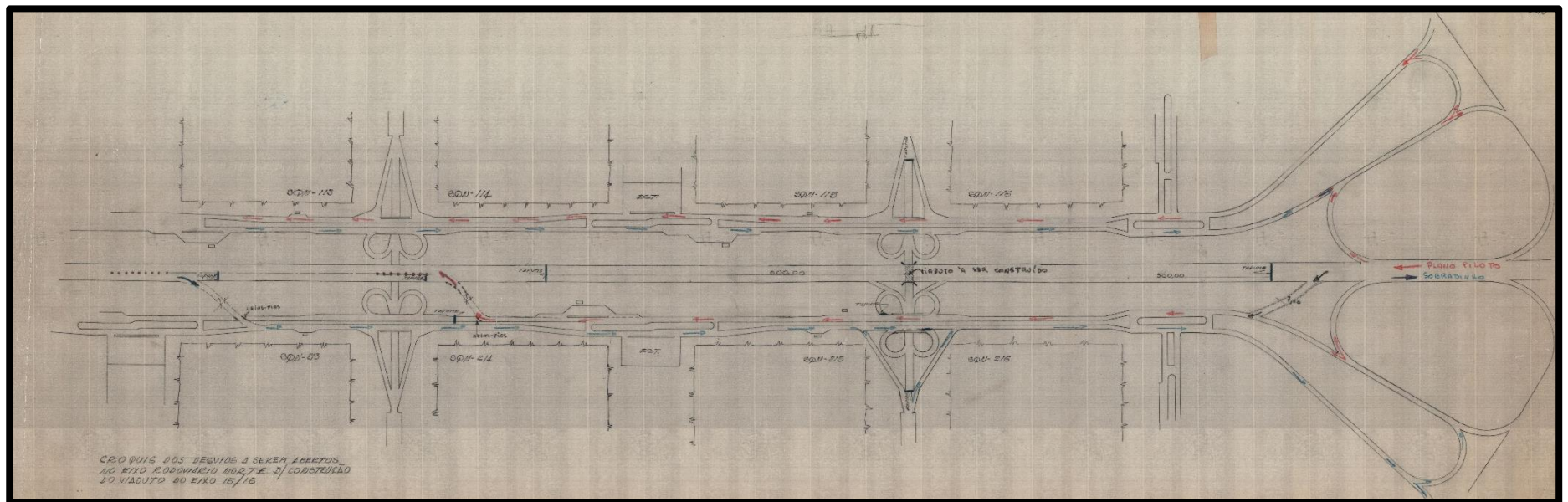


Figura 1: Croquis dos desvios para construção do viaduto central 15/16 Norte (ARQUIVO PÚBLICO DE BRASÍLIA)

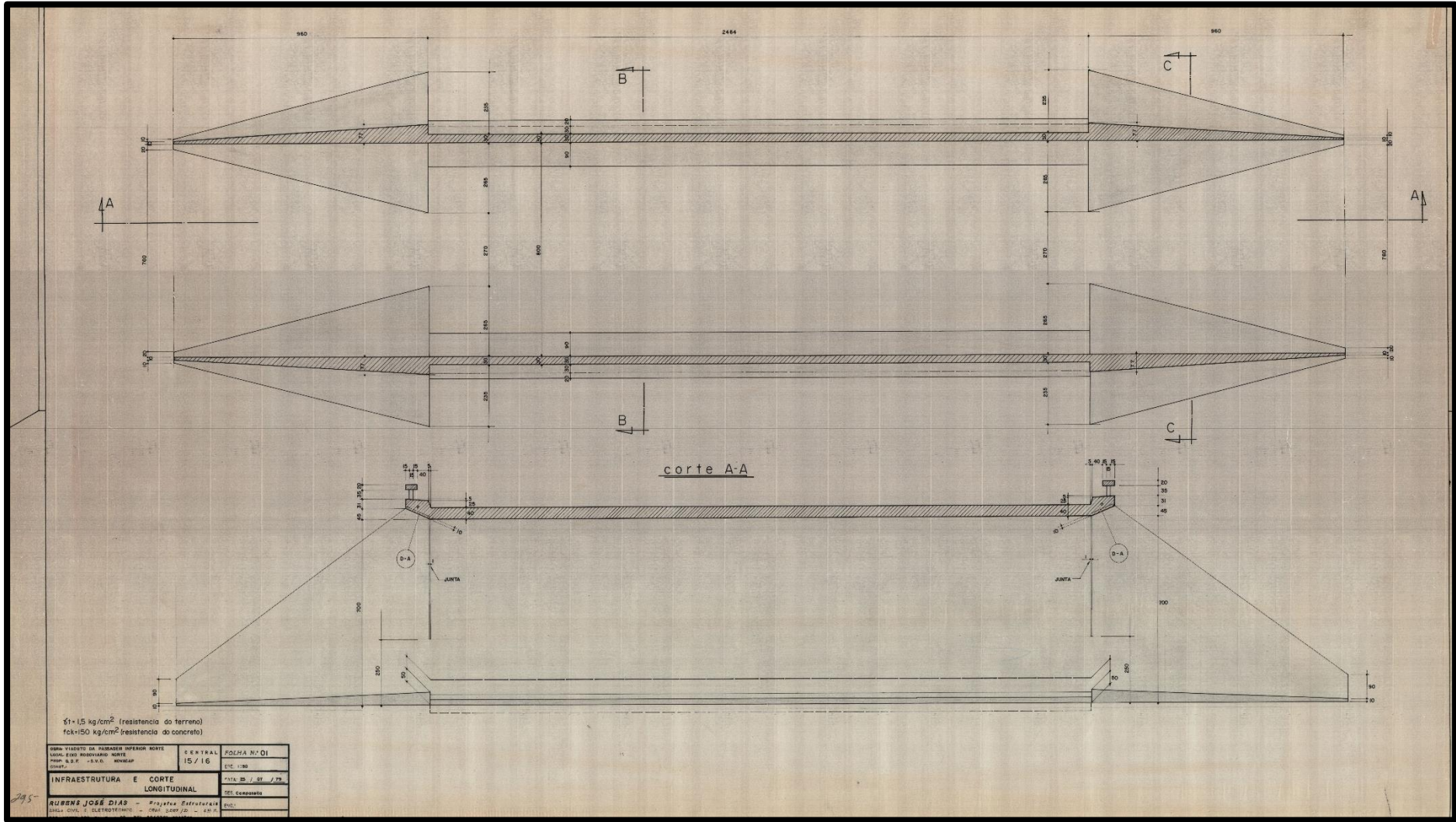


Figura 2: Infraestrutura e corte longitudinal – viaduto central 15/16 Norte (ARQUIVO PÚBLICO DE BRASÍLIA)



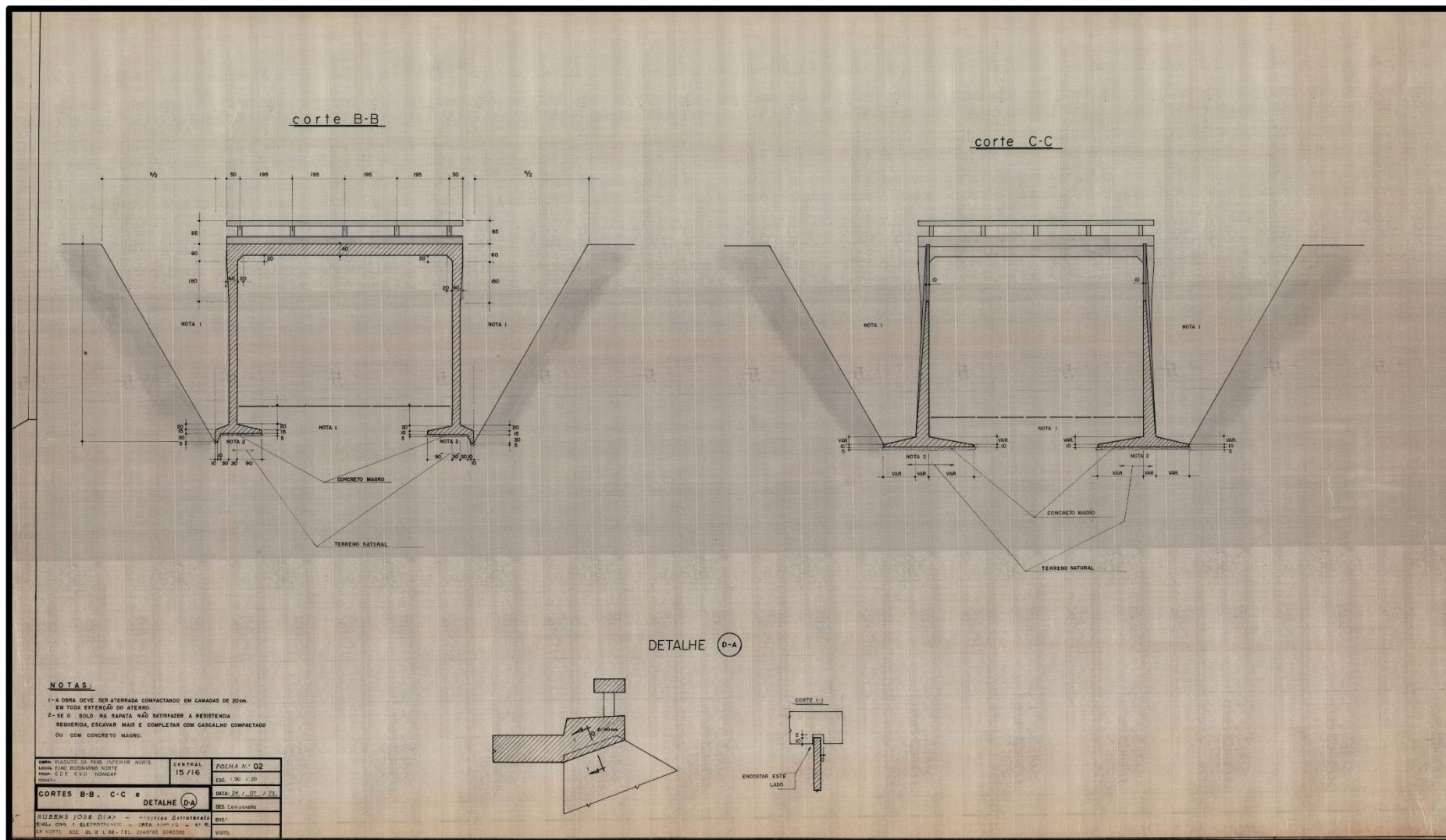


Figura 3: Cortes transversais e detalhe – viaduto central 15/16 Norte (ARQUIVO PÚBLICO DE BRASÍLIA)









**E. MAPA ESQUEMÁTICO PLANO PILOTO – BRASÍLIA, DF**



Figura 6: Panorama dos viadutos analisados pela localização nas entrequadras do Eixo Rodoviário de Brasília

## F. DIRETRIZ PARA AVALIAÇÃO DE FATORES DE INTENSIDADE

O presente anexo tem a intenção de guiar futuros avaliadores da metodologia GDE/UnB com exemplos dos fatores de intensidade aplicados a danos recorrentes. Foram exemplificados os principais danos ocorrentes nas vistorias realizadas nesse trabalho. Dessa maneira, para cada fator de intensidade apresenta-se figuras para ilustrarem a situação considerada para enquadramento naquele fator de intensidade. Tomou-se como base a descrição de VERLY, 2015 em seu Manual de Aplicação da Metodologia GDE/UnB à OAEs, no qual define uma breve descrição para cada fator de intensidade vinculado aos respectivos danos, porém a consideração para alguns fatores foi alterada neste trabalho sendo a mesma apresentada para cada caso ao longo da diretriz seguinte.

### ▪ COBRIMENTO DEFICIENTE:

- $F_i = 1$  – Menor que o previsto em norma sem, no entanto, permitir a localização da armadura;



Figura 7: Exemplo A - cobertura deficiente com fator de intensidade 1



Figura 8: Exemplo B - cobrimento deficiente com fator de intensidade 1

As figuras acima definem a consideração utilizada para fator de intensidade igual a 1 no dano de cobrimento deficiente. É importante ressaltar que se considerou enquadrado nesse quesito peças que notoriamente apresentavam comprometimento do cobrimento, porém sem permitir visualização das armações. É importante ressaltar que problemas de cobrimento podem ter piora significativa com os anos da estrutura resultando na situação agravante evidenciada.

- **$F_i = 2$  – Menor que o previsto em norma permitindo a localização visual da armadura ou armadura exposta em pequenas dimensões;**



Figura 9: Exemplo A - cobrimento deficiente com fator de intensidade 2





Figura 10: Exemplo B - cobertura deficiente com fator de intensidade 2



Figura 11: Exemplo C - cobertura deficiente com fator de intensidade 2

As figuras acima definem a consideração utilizada para fator de intensidade igual a 2 no dano de cobertura deficiente. A referência de armações expostas em pequenas dimensões foi tomada em relação ao elemento estrutural no qual o dano era encontrado, isto é, quanto maior o elemento em área, maior se tornava a área de cobertura deficiente tolerado com armações expostas para enquadramento no segundo fator de intensidade e não no seguinte.

- $F_i = 3$  – Deficiente, com armaduras expostas em extensões significativas.



Figura 12: Exemplo A - cobrimento deficiente com fator de intensidade 3

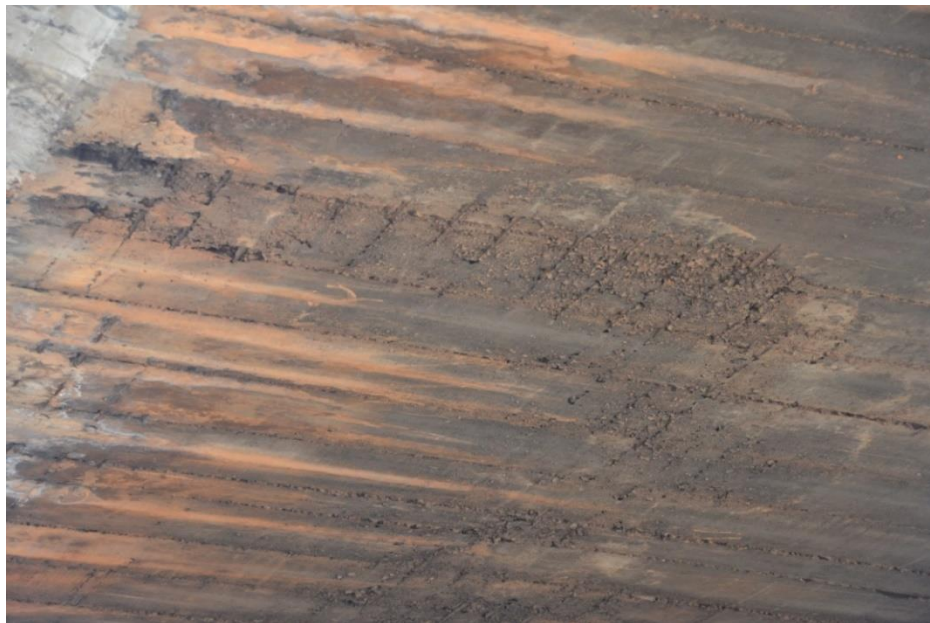


Figura 13: Exemplo B - cobrimento deficiente com fator de intensidade 3

As figuras acima definem a consideração utilizada para fator de intensidade igual a 3 no dano de cobrimento deficiente. A referência de extensões significativas foi tomada em relação ao elemento estrutural no qual o dano era encontrado, isto é, caso o elemento fosse pequeno em dimensão, menor também era a extensão considerada grande para caracterizar cobrimento deficiente com fator de intensidade igual a 3.

- **CORROSÃO DE ARMADURAS:**

- $F_i = 2$  – Manifestações leves, pequenas manchas;



Figura 14: Exemplo A - corrosão das armaduras com fator de intensidade 2

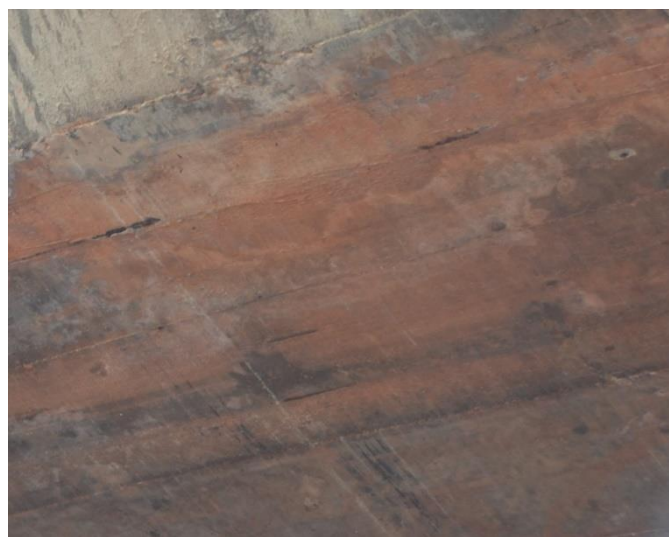


Figura 15: Exemplo B - corrosão das armaduras com fator de intensidade 2





Figura 16: Exemplo C - corrosão das armaduras com fator de intensidade 2

As ilustrações acima definem a consideração utilizada para fator de intensidade igual a 2 no dano de corrosão das armaduras. A consideração de manifestações leves e pequenas manchas foi atribuída em casos de manchas pequenas em relação ao tamanho dos elementos como é possível ver nas figuras, mas também, em alguns casos, fissuras rasas foram consideradas com fator de intensidade 2, considerando a sua relevância nas dimensões da peça.

- **$F_i = 3$  – Grandes manchas e/ou fissuras de corrosão;**



Figura 17: Exemplo A - corrosão das armaduras com fator de intensidade 3



Figura 18: Exemplo B - corrosão das armaduras com fator de intensidade 2



Figura 19: Exemplo C - corrosão das armaduras com fator de intensidade 3

As figuras acima definem a consideração utilizada para fator de intensidade igual a 3 no dano de corrosão das armaduras. A consideração de grandes manchas ou fissuras de corrosão foi atribuída em casos de elevado índice de manchas alaranjadas no elemento e também de fissuras com extensão significativa com conseqüente exposição de armações em processo corrosivo.



- $F_i = 4$  – Corrosão acentuada da armadura principal, com perda relevante de seção (>20% do diâmetro).



Figura 20: Exemplo A - corrosão das armaduras com fator de intensidade 4



Figura 21: Exemplo B - corrosão das armaduras com fator de intensidade 4



Figura 22: Exemplo C - corrosão das armaduras com fator de intensidade 4 (Fonte: [www.axfiber.com.br](http://www.axfiber.com.br))

As figuras acima definem a consideração utilizada para fator de intensidade igual a 4 no dano de corrosão das armaduras. A consideração de grande exposição da armadura frente ao tamanho do elemento foi determinante assim como a perda de seção da bitola de aço como requisito obrigatório para enquadramento nesse fator de intensidade.

▪ **DESAGREGAÇÃO:**

- $F_i = 2$  – Início da manifestação;

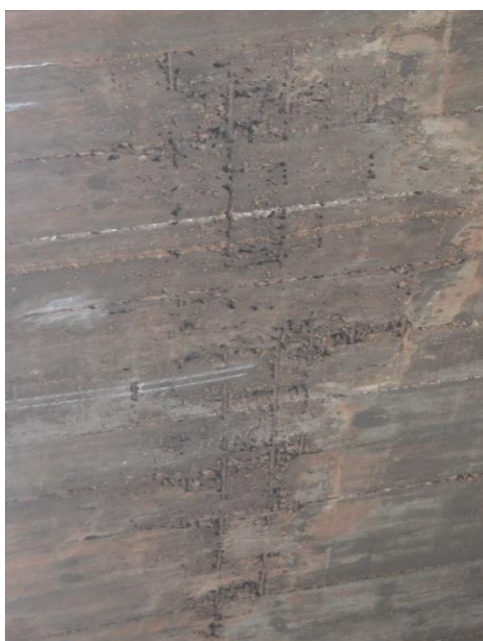


Figura 23: Exemplo A - desagregação com fator de intensidade 2





Figura 24: Exemplo B - desagregação com fator de intensidade 2

As figuras acima definem a consideração utilizada para fator de intensidade igual a 2 no dano de desagregação. A consideração feita foi a de início de aparecimento dos agregados em pequena extensão frente ao tamanho do elemento, porém sem caráter generalizado.

- **$F_i = 3$  – Manifestações leves, início do estofamento do concreto;**

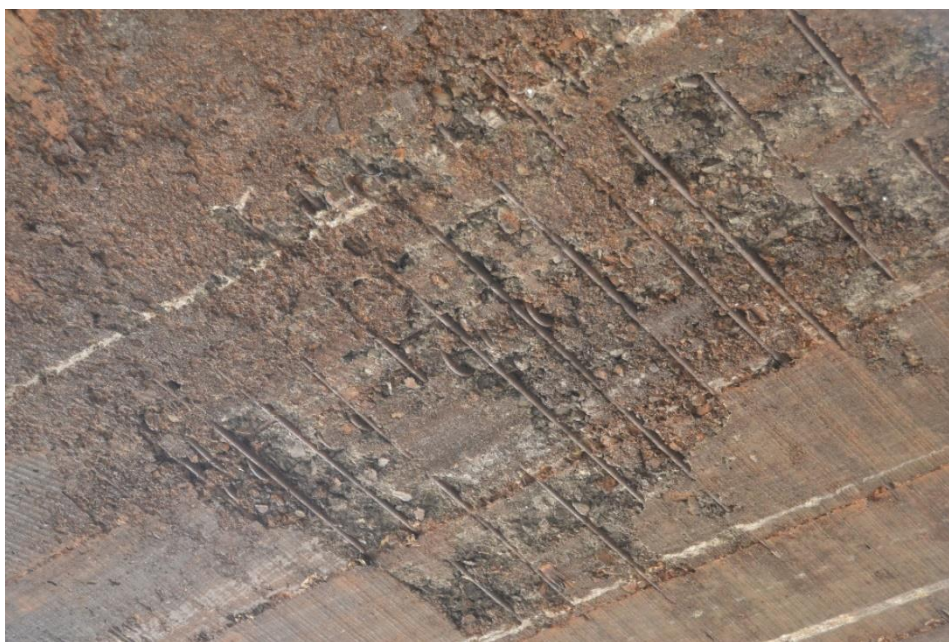


Figura 25: Exemplo A - desagregação com fator de intensidade 3

A figura acima define a consideração utilizada para fator de intensidade igual a 3 no dano de desagregação. A consideração feita foi a de início de estofamento do concreto em dimensões maiores na proporção do elemento estrutural e também na percepção clara de distinção dos agregados em situação de quase descolamento do corpo do elemento estrutural.

- $F_i = 4$  – Perda acentuada de seção e esfarelamento do concreto.



Figura 26: Exemplo A - desagregação com fator de intensidade 4 (Fonte: [www.mapadaobra.com.br](http://www.mapadaobra.com.br))

As figuras acima definem a consideração utilizada para fator de intensidade igual a 4 no dano de desagregação. A consideração feita foi a de agregados em eminência de queda, soltando ao toque ou já detectados no solo de modo que a peça se torna comprometida estruturalmente.

▪ **DESPLACAMENTO:**

- $F_i = 2$  – Pequenas escamações do concreto;



Figura 27: Exemplo A - deslocamento com fator de intensidade 2





Figura 28: Exemplo B - deslocamento com fator de intensidade 2

As figuras acima definem a consideração utilizada para fator de intensidade igual a 2 no dano de deslocamentos do concreto. A consideração feita foi a de evidência de lascamentos do concreto sem a soltura de nenhuma parte, mas mostrando que o processo de deslocamento começou.

- **$F_i = 3$  – Lascamento de grandes proporções, com exposição da armadura;**



Figura 29: Exemplo A - deslocamento com fator de intensidade 3



Figura 30: Exemplo B - deslocamento com fator de intensidade 3

As figuras acima definem a consideração utilizada para fator de intensidade igual a 3 no dano de deslocamento do concreto. A consideração feita durante as inspeções foi de soltura de grande proporção do material com exposição de armações, obrigatória para enquadramento.

- **$F_i = 4$  – Lascamento acentuado com perda relevante de seção.**



Figura 31: Exemplo A - deslocamento com fator de intensidade 4



Figura 32: Exemplo B - deslocamento com fator de intensidade 4

As figuras acima definem a consideração utilizada para fator de intensidade igual a 4 no dano de deslocamento do concreto. A consideração feita foi a de perda relevante de seção do material e comprometimento do funcionamento estrutural com desprendimento acentuado não só dos agregados em si mas em caos de solturas de partes relevantes da seção das peças.

▪ **EFLORESCÊNCIA:**

- $F_i = 1$  – Início de manifestações;



Figura 33: Exemplo A - eflorescência com fator de intensidade 1





Figura 34: Exemplo B - eflorescência com fator de intensidade 1

As figuras acima definem a consideração utilizada para fator de intensidade igual a 1 no dano de eflorescência do concreto. A consideração feita foi de início da formação das manchas, com característica linear, estando elas em processo de alastramento na face do concreto.

- **$F_i = 2$  – Manchas de pequenas dimensões;**



Figura 35: Exemplo A - eflorescência com fator de intensidade 2





Figura 36: Exemplo B - eflorescência com fator de intensidade 2

As figuras acima definem a consideração utilizada para fator de intensidade igual a 2 no dano de eflorescência do concreto. A consideração feita foi de manchas já formadas, com coloração branca característica bem delimitada, mas ainda com dimensões pequenas com relação ao elemento estrutural analisado.

- **$F_i = 3$  – Manchas acentuadas, em grandes extensões;**



Figura 37: Exemplo A - eflorescência com fator de intensidade 2



Figura 38: Exemplo B - eflorescência com fator de intensidade 3

As figuras acima definem a consideração utilizada para fator de intensidade igual a 3 no dano de eflorescência do concreto. A consideração feita foi de manchas com extensão representativa frente a extensão do próprio elemento estrutural, mas sem ainda criar crosta espessa de carbonato de cálcio ou ainda formar estalactites.

- $F_i = 4$  – **Grandes formações de crostas de carbonato de cálcio (estalactites).**



Figura 39: Exemplo A - eflorescência com fator de intensidade 4



Figura 40: Exemplo B – eflorescência com fator de intensidade 4 (Fonte: [www.ecivilnet.com](http://www.ecivilnet.com))

As figuras acima definem a consideração utilizada para fator de intensidade igual a 4 no dano de eflorescência do concreto. A consideração feita foi de manchas com formação de crosta de carbonato de cálcio, mesmo que a extensão não fosse tão grande frente às dimensões da peça, mas a percepção de espessura na crosta como determinante. No caso extremo pode haver formação de estalactites.

▪ **FALHA DE CONCRETAGEM:**

- $F_i = 1$  – Superficial e pouco significativa em relação às dimensões da peça;



Figura 41: Exemplo A – falha de concretagem com fator de intensidade 1



A figura acima define a consideração utilizada para fator de intensidade igual a 1 no dano de falha de concretagem. A consideração foi para falhas que tivessem extensão muito pequena em relação ao elemento estrutural.

- **$F_i = 2$  – Significativa em relação às dimensões da peça**



Figura 42: Exemplo A – falha de concretagem com fator de intensidade 2

A figura acima define a consideração utilizada para fator de intensidade igual a 2 no dano de falha de concretagem. A consideração foi para extensões maiores de falhas, representativas frente ao elemento estrutural vistoriado.

- **$F_i = 3$  – Significativa em relação às dimensões da peça, com ampla exposição da armadura;**



Figura 43: Exemplo A – falha de concretagem com fator de intensidade 3

A figura acima define a consideração utilizada para fator de intensidade igual a 3 no dano de falha de concretagem. A diferença com relação ao fator de intensidade igual a 2 é justamente o fato de haverem armações expostas.

- $F_i = 4$  – Perda relevante de seção transversal da peça (>20% da área).



Figura 44: Exemplo A – falha de concretagem com fator de intensidade 4 (Fonte: [www.ecivilengenharia.com](http://www.ecivilengenharia.com))

A figura acima define a consideração utilizada para fator de intensidade igual a 4 no dano de falha de concretagem. Sua caracterização é pela perda relevante de seção da peça estrutural mesmo que a dimensão do nicho de concretagem em área não seja tão grande.

▪ **ABRASÃO DO CONCRETO:**

- $F_i = 2$  – Arrasto na superfície;



Figura 45: Exemplo A – abrasão do concreto com fator de intensidade 2

A figura acima define a consideração utilizada para fator de intensidade igual a 2 no dano de abrasão do concreto. Sua caracterização é pela marcação do arrasto de objetos ou veículos provocando apenas marcas de abrasão superficiais sem geração de trincas ou danos mais profundos.

- $F_i = 3$  – Quebra de seção leve provocando fissuras;



Figura 46: Exemplo A – abrasão do concreto com fator de intensidade 3



Figura 47: Exemplo B – abrasão do concreto com fator de intensidade 3



As figuras acima definem a consideração utilizada para fator de intensidade igual a 3 no dano de abrasão do concreto. Sua caracterização é pela marcação do arrasto de objetos ou veículos provocando marcas superficiais e fissuras leves na seção de concreto, porém sem expor armaduras principais.

- $F_i = 4$  – Quebra de seção com exposição de armaduras.



Figura 48: Exemplo A – abrasão do concreto com fator de intensidade 4



Figura 49: Exemplo B – abrasão do concreto com fator de intensidade 4





Figura 50: Exemplo C – abrasão do concreto com fator de intensidade 4

As figuras acima definem a consideração utilizada para fator de intensidade igual a 4 no dano de abrasão do concreto. Sua caracterização é pela quebra acentuada de seção expondo armações através de colisão ou arrasto de objetos ou veículos com a estrutura de concreto armado. A exposição de armações foi característica para enquadramento nesse fator de intensidade.

