



Centro Universitário de Brasília - UNICEUB  
Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas - FATECS  
Curso de Engenharia Civil

DENISE PEREIRA DA CUNHA

**AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DOS VIADUTOS DA 205/206 E 105/106  
NORTE, LOCALIZADOS EM BRASÍLIA/DF, UTILIZANDO A  
METODOLOGIA GDE/UnB**

Brasília-DF

2018

DENISE PEREIRA DA CUNHA

**AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DOS VIADUTOS DA 205/206 E 105/106  
NORTE, LOCALIZADOS EM BRASÍLIA/DF, UTILIZANDO A  
METODOLOGIA GDE/UnB**

Trabalho de conclusão de curso  
apresentado ao Centro Universitário de  
Brasília (UniCEUB), como requisito para  
obtenção do título de graduação em  
Engenharia Civil

Orientadora: Prof. (a) Msc. Gabriela de  
Athayde Duboc Bahia

Brasília

2018

DENISE PEREIRA DA CUNHA

**AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DOS VIADUTOS DA 205/206 E 105/106  
NORTE, LOCALIZADOS EM BRASÍLIA/DF, UTILIZANDO A  
METODOLOGIA GDE/UnB**

Monografia apresentada ao Centro  
Universitário de Brasília (UniCEUB), como  
requisito para obtenção do título de  
graduação em Engenharia Civil

Orientadora: Prof. (a) Msc. Gabriela de  
Athayde Duboc Bahia

Brasília, 08 de Agosto de 2018.

**Banca Examinadora**

---

Prof. (a) MSc. Gabriela de Athayde Duboc Bahia  
Orientadora

---

Prof. Prof. (a) MSc. Érika Regina Costa Castro  
Examinador interno

---

Prof. (a) MSc. Letícia Pereira de Moraes  
Examinador externo

## DEDICATÓRIA

Dedico esta monografia primeiramente a Deus, por ser tudo em minha vida, ser meu melhor amigo, meu guia e meu socorro nas horas difíceis.

Aos meus pais Maria do Rosário e Crispinho que não mediram esforços para que chegasse até aqui, por toda a esperança, cuidado, segurança, amor, por estarem ao meu lado em todos os momentos, não apenas de forma literal, mas por todas as oportunidades que nunca mediram esforços para me proporcionar e, principalmente, pela imensa compreensão.

Ao meu querido irmão Caio, que sempre demonstrou paciência comigo nos meus momentos de aflição para com este trabalho.

A todos os meus familiares por toda ajuda e palavras de incentivo, em especial à minha prima e madrinha Flavia, e ao meu Tio Hemerson por sempre me apoiar e acreditar nos meus sonhos.

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de expressar minha gratidão à professora Gabriela de Athayde Duboc Bahia pela orientação, paciência e, atenção durante a execução deste trabalho. Assim como todos os professores do UniCEUB, em especial ao professor João Marcos e a professora Erika, que por esses longos semestres fizeram parte de todo o meu aprendizado.

As amigas e companheiras de vida que tive o prazer de conhecer nessa estimada instituição de ensino, Alexandra e Lúcelia, o meu mais verdadeiro obrigada pelo carinho, cumplicidade, incentivo, alegrias e tristezas compartilhadas nesta caminhada.

Aos meus colegas de curso que tornaram a execução deste trabalho uma etapa prazerosa, por todo o auxílio, paciência, e companheirismo durante esses semestres, especialmente meus queridos amigos Paulo, João, e Taynara. E a todos que fizeram parte, direta ou indiretamente, da minha formação.

Muito obrigada!

"O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e supera os obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis." (José de Alencar).

## RESUMO

Pontes e viadutos de concreto armado são obras de arte especiais (OAE's) fundamentais para que rodovias e ferrovias transponham obstáculos artificiais ou naturais. Essas estruturas estão sujeitas à ação de diversas manifestações patológicas em função do seu uso contínuo e da falta de uma gestão eficiente dessas manutenções, o que pode comprometer o desempenho previsto para estrutura. Para manter as condições de uma OAE, são necessárias inspeções periódicas visando identificar os processos de deterioração existentes e potenciais, preveni-los e corrigi-los em tempo hábil e de forma econômica. A determinação precisa e o controle das manifestações patológicas que afetam as estruturas em questão demandam determinados procedimentos de inspeção e avaliação que dependerão do tipo e porte da construção. Além disso, devem ser estabelecidos procedimentos e métodos-padrão, no sentido de sistematizar as avaliações. Diante disso, o presente trabalho propõe a aplicação da Metodologia GDE/UnB de Castro (1994) para análise de três viadutos situados em Brasília – DF, com o objetivo principal de quantificar o grau de deterioração da estrutura. Por meio dessa metodologia foi possível constatar que os viadutos analisados se enquadraram no nível de deterioração médio, com necessidade de intervenção em médio prazo, logo, foram propostas recomendações, visando sanar as manifestações patológicas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Obras de arte especiais. Manifestações patológicas. Viadutos.

## **ABSTRACT**

Reinforced concrete bridges and viaducts are special masterpieces (OAE's) that are essential for roads and railways to transverse artificial or natural obstacles. These structures are subject to several pathological manifestations due to their continuous use and the lack of an efficient management of these maintenances, which can compromise the expected performance for structure. To maintain the conditions of an OAE, periodic inspections are necessary to identify existing and potential deterioration processes, to prevent and correct them in a timely and cost-effective manner. The precise determination and control of the pathological manifestations that affect the structures in question demand certain inspection and evaluation procedures that will depend on the type and size of the construction. In addition, standard procedures and methods should be established to systematize assessments. The present work proposes the application of the GDE/UnB Methodology of Castro (1994) to analyze three viaducts located in Brasília - DF, with the main objective of quantifying the degree of deterioration of the structure. By means of this methodology it was possible to verify that the viaduct analyzed was framed in the level of average deterioration, with need of intervention in the medium term, therefore, recommendations were proposed, in order to remedy the pathological manifestations.

**KEYWORDS:** Special works of art. Pathological manifestations. Viaducts.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - PARTE DE VIADUTO CAI NA REGIÃO CENTRAL DE BRASÍLIA.....	17
FIGURA 2 - VISTA PANORÂMICA DO TRECHO ESTAIADO DA PONTE SOBRE O RIO GUAMÁ (PARÁ).....	20
FIGURA 3 - VIADUTO DIÁRIO POPULAR APRESENTA MAU ESTADO DE CONSERVAÇÃO.....	21
FIGURA 4 - CONCEITUAÇÃO DE VIDA ÚTIL DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO TOMANDO POR REFERÊNCIA O FENÔMENO DE CORROSÃO DE ARMADURAS.....	25
FIGURA 5 - FISSURA EM PEÇA DE CONCRETO.....	27
FIGURA 6 - CORROSÃO DAS ARMADURAS EM CONCRETO.....	30
FIGURA 7 - FLUXOGRAMA PARA A APLICAÇÃO DA METODOLOGIA GDE/UNB.....	33
FIGURA 8 – FORMULAÇÃO PROPOSTA PARA O GRAU DE UM DANO. FONTE: CASTRO 1994. .	39
FIGURA 9 – VISTA SUPERIOR DO VIADUTO ENTRE 205/206 E 105/106 NORTE.....	44
FIGURA 10 – VIADUTO ASA NORTE.....	44
FIGURA 11 – VIADUTO SOB PISTA DE ROLAMENTO DO EIXO CENTRAL.....	45
FIGURA 12 - VIADUTO ASA NORTE ACESSO À 205/206. ....	45
FIGURA 13 – VIADUTO ASA NORTE ACESSO À 105/106.....	46
FIGURA 14 - FLUXOGRAMA DA METODOLOGIA UTILIZADA NOS VIADUTOS. ....	47
FIGURA 15 - VIADUTO ASA NORTE. ....	48
FIGURA 16 – VIADUTO ASA NORTE.....	49
FIGURA 17 - VIADUTO ASA NORTE.	
FIGURA 18 –VIADUTO DA ASA NORTE.....	50
FIGURA 19 – FISSURAÇÃO VIADUTO DA ASA NORTE. ....	50
FIGURA 20 – UMIDADE NA CORTINA DE UM DOS VIADUTOS.....	51
FIGURA 21 - UMIDADE NA CORTINA DE UM DOS VIADUTOS.....	51

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - QUANTIDADE DE OBRAS INSPECIONADAS POR RODOVIA. ....	22
TABELA 2 - OCORRÊNCIA DE PATOLOGIAS NA SUPERESTRUTURA DE 40 PONTES INSPECIONADAS. ....	22
TABELA 3 - OCORRÊNCIA DE PATOLOGIAS NA SUPERESTRUTURA DE 40 PONTES INSPECIONADAS. ....	23
TABELA 4 - OCORRÊNCIA DE PATOLOGIAS NA SUPERESTRUTURA DE 40 PONTES INSPECIONADAS. ....	23
TABELA 5 - OCORRÊNCIA DE PATOLOGIAS NA SUPERESTRUTURA DE 40 PONTES INSPECIONADAS. ....	24
TABELA 6 - CLASSES DE AGRESSIVIDADE AMBIENTAL. ....	28
TABELA 7 - LIMITE DE ABERTURAS DE FISSURAS DO CONCRETO ARAMADO. ....	28
TABELA 8 - FAMÍLIA DE ELEMENTO ESTRUTURAL, DANOS E FATOR DE PONDERAÇÃO. ....	34
TABELA 9 - FATOR DE INTENSIDADE DO DANO. ....	36
TABELA 10- CLASSIFICAÇÃO DOS NÍVEIS DE DETERIORAÇÃO DO ELEMENTO. ....	40
TABELA 11 - CLASSIFICAÇÃO DOS NÍVEIS DE DETERIORAÇÃO DA ESTRUTURA E RECOMENDAÇÕES EM FUNÇÃO DO VALOR DE $G_D$ . ....	43
TABELA 12 - CÁLCULO DO GRAU DE DETERIORAÇÃO DOS ELEMENTOS ( $G_{DE}$ ). ....	52
TABELA 13- CÁLCULO DO GRAU DE DETERIORAÇÃO DOS ELEMENTOS ( $G_{DE}$ ). ....	53
TABELA 14 - CÁLCULO DO GRAU DE DETERIORAÇÃO DOS ELEMENTOS ( $G_{DE}$ ). ....	53
TABELA 15 - CÁLCULO DO GRAU DE DETERIORAÇÃO DOS ELEMENTOS ( $G_{DE}$ ). ....	54
TABELA 16 – CÁLCULO DO GRAU DE DETERIORAÇÃO DA ESTRUTURA ( $G_D$ ). ....	54

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>ABNT</b>	Associação Brasileira de Normas Técnicas
<b>DNIT</b>	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte
<b>D</b>	Grau do dano
<b>Fi</b>	Fator de intensidade do dano
<b>Fp</b>	Fator de ponderação do dano
<b>Fr</b>	Fator de relevância estrutural do elemento
<b>Gd</b>	Grau de deterioração da estrutura
<b>Gde</b>	Grau de deterioração do elemento
<b>Gdf</b>	Grau de deterioração de uma família de elementos
<b>ISO</b>	International Organization for Standardization
<b>k</b>	Número de famílias da estrutura
<b>m</b>	Número de danos detectado no elemento
<b>n</b>	Número de elementos de uma família com $Gde \geq 15$
<b>NBR</b>	Norma Brasileira
<b>OAE's</b>	Obra de arte especial
<b>SGO</b>	Sistema de Gerenciamento de Obras

# SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
1.1	Objetivo .....	16
1.1.1	Geral:.....	16
1.1.2	Específicos: .....	16
1.2	Justificativa.....	17
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	19
2.1	Panorama das condições de conservação das pontes e viadutos brasileiros... 19	
2.2	Durabilidade e vida útil de estruturas em concreto armado.....	24
2.3	Tipos de danos patológicos estruturais .....	26
2.3.1	Fissuração .....	26
2.3.2	Degradação do concreto.....	29
2.3.3	Corrosão da armadura .....	29
2.3.4	Outras patologias.....	30
2.4	Tipos de inspeção de acordo com Departamento Nacional de Infraestruturas de Transportes (DNIT) .....	31
2.4.1	Inspeção Cadastral.....	31
2.4.2	Inspeção Rotineira .....	31
2.4.3	Inspeção Extraordinária .....	32
2.4.4	Inspeção Especial.....	32
2.4.5	Inspeção Intermediária.....	32
2.5	Metodologia GDE/UnB .....	32
4.5.1	Divisão em famílias de elementos;.....	33
2.5.2	Fator de Ponderação do dano ( $F_p$ ): .....	34
2.5.3	Fator de intensidade do dano ( $F_i$ ): .....	34
2.5.4	Grau do dano ( $D$ ): .....	38
2.5.5	Grau de deterioração de um elemento ( $G_{de}$ ):.....	39
2.5.6	Grau de deterioração da família de elementos ( $G_{df}$ ):.....	41
2.5.7	Fator de relevância estrutural ( $F_r$ ): .....	41

2.5.8 Grau de deterioração da estrutura ( $G_d$ ): .....	42
3 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO .....	44
4 METODOLOGIA .....	47
5 RESULTADOS E ANÁLISES.....	48
5.1 Resultados e análises das manifestações patológicas detectadas .....	48
5.1.1 Segregação do concreto .....	48
5.1.2 Fissuração .....	49
5.1.3 Umidade .....	51
5.2 Apresentação dos resultados obtidos por meio da aplicação da metodologia GDE/UnB.....	52
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	55
6.1 Sugestões para trabalhos futuros .....	56
REFERÊNCIAS.....	57
ANEXOS.....	59

## 1 INTRODUÇÃO

De acordo com Silva (2016), as obras de artes especiais são caracterizadas por serem trechos de ligações viárias de grande importância para o desenvolvimento do país, uma vez que ajudam no desempenho da rodovia e na ligação de estradas. Essas estruturas sofrem constantes ataques e deteriorações, seja pela ação dos usuários, como, por exemplo, cargas móveis de veículos ou pedestres, ou seja, pelos agentes atmosféricos, ventos, ações da água, e variações de temperaturas. Além disso, o aumento de tráfego e o de carga de veículos geram esforços excessivos na estrutura, o que ocasionam fissuras e deformações.

Há uma enorme necessidade de que as OAE's já construídas sejam submetidas a intervenções de reparos e reforços. Em sua maioria, a falta de inspeção e manutenção preventiva, faz com que as pontes e viadutos não tenham uma boa durabilidade e conseqüentemente o tempo de vida útil menor que o previsto em projeto.

Um fator importante é a negligência por parte do poder público no que diz respeito à manutenção dessas OAEs. Segundo Alves (2012), o que acontece, em boa parte dos casos, é um quase ou total abandono dessas estruturas, chegando a atingir um alto grau de deterioração, assim como um custo alto para pequenos reparos.

Para o desenvolvimento desse estudo de caso, foi tomada como base a Norma de inspeções do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) 010/2004-PRO. A referida Norma Rodoviária define as condições necessárias para a Inspeção de Pontes e Viadutos em Concreto Armado e Protendido, visando ampliar a sua vida útil, minimizar os defeitos, e reduzir a velocidade de degradação que pode ocorrer com o passar do tempo.

Recentemente, na região central de Brasília, no dia 06 de fevereiro de 2018 a estrutura de um viaduto ruiu, alertando assim a população de que outras obras de artes especiais podem vir a apresentar problemas, causando um impacto social imensurável e tendo um elevado custo de recuperação. Com isso se faz necessário ter um adequado cronograma sistemático de inspeções, para avaliar as condições e as reais necessidades de reparos das OAEs.

A temática principal deste trabalho é identificar as anomalias e apontar as possíveis causas das patologias dos viadutos de ligação das quadras 205/206 e 105/106 norte, um

conjunto de três viadutos, conhecidos como “tesourinhas” localizadas próximas à zona central de Brasília-DF. Espera-se através deste estudo, exercer uma parcela de contribuição para a sociedade.

## **1.1 Objetivo**

### **1.1.1 Geral:**

O principal objetivo deste trabalho é identificar as manifestações patológicas existentes nos viadutos das quadras 205/206 e 105/106 localizadas no bairro Asa Norte em Brasília aplicando a metodologia GDE/UnB.

### **1.1.2 Específicos:**

São objetivos específicos deste estudo de caso:

- Realizar a inspeção dos viadutos de acordo com as normativas do DNIT;
- Aplicar a metodologia GDE (Grau de deterioração das estruturas) de forma a classificar o grau de deterioração dos viadutos analisados;
- Identificar as principais anomalias dos viadutos e apontar as possíveis causas;
- Recomendar a realização das manutenções preventivas para a respectiva Obra de Arte Especial.

## 1.2 Justificativa

O Brasil possui diversas obras de artes especiais espalhadas por todo o país. As OAEs são de extrema importância no desenvolvimento das cidades. Pontes, viadutos, são chamadas de Obras de Arte Especiais (OAEs) por serem construções de engenharia dotadas de características estruturais, construtivas e funcionais que demandam consideráveis habilidades técnicas e criativas para seu projeto, execução e manutenção. É perceptível que muitas estão há anos sem as devidas manutenções necessárias, e em um estado avançado de degradação.

É de se notar que a falta de gerenciamento e o baixo investimento por parte do poder público na manutenção das obras de artes especiais têm causado inúmeros prejuízos, não só em termos econômicos, mas também na segurança dos cidadãos brasileiros. A ausência de manutenção nas estruturas de concreto armado como pontes e viadutos, faz com que diminua a sua durabilidade e a vida útil, e assim aumente o custo com reparos e recuperação.

Nos últimos anos acompanhou-se o quanto a falta de manutenção e a má execução dessas estruturas podem causar transtornos e perdas irreparáveis. Um exemplo é o viaduto da galeria dos Estados situado no Setor Comercial Sul no centro de Brasília (Figura 1), onde no dia 06 de fevereiro de 2018 a estrutura ruiu. Outro caso é o viaduto de Belo Horizonte (MG), o qual desabou no dia 03 de julho de 2014 causando prejuízos irreparáveis.

Figura 1 - Parte de viaduto cai na região central de Brasília.



Fonte: Ailton Freitas (2018).

Ambos os exemplos citados, são casos onde claramente percebe-se que houve negligência por parte do poder público e pelas concessionárias envolvidas. Desta forma, a escolha deste tema foi motivada pela preocupação com a segurança dos usuários e pela falta de manutenção preventiva. Diante desta realidade brasileira, este estudo, visa analisar e identificar as manifestações patológicas encontradas nos viadutos da 205/206 e 105/106 norte, recomendando as manutenções necessárias nesse caso.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Panorama das condições de conservação das pontes e viadutos brasileiros.

Segundo Mitre (2005), o desenvolvimento urbano e a viabilidade do fluxo contínuo no decorrer da história obtiveram grande avanço na construção de viadutos e pontes que permitiram a ligação entre localidades, vales, cursos d'água ou regiões montanhosas. As pontes e viadutos das rodovias federais, estaduais e municipais do Brasil, conhecidas como Obras de Arte Especiais, compõem um acervo público de valor inestimável, pela importância que representam para o desenvolvimento econômico e social da nação.

No Brasil e na maioria dos países, a maneira mais frequente de se projetar e executar estruturas duráveis são através do atendimento a especificações das normas, tais como abertura máxima admissível de fissuras, qualidade mínima do concreto, espessura mínima de cobrimento sobre as armaduras e outras orientações como drenagem adequada e proteções adicionais em obras ou elementos expostos a agressividade ambiental específica (MITRE, 2005). As principais normas internacionais e nacionais de projeto e execução de estruturas de concreto armado e pretendido as quais são utilizadas corretamente na atualidade definem parâmetros mínimos exigíveis segundo a importância da obra e a classe de agressividade ambiental.

Essas medidas já constituem um grande avanço em relação ao passado, porém o envelhecimento precoce das estruturas em concreto armado ainda é eminente, assim as estruturas acabam saindo de serviço antes do prazo estipulado em projeto, ocasionando o não cumprimento do seu tempo de vida útil, e elevando o número de construções que apresentam manifestações patológicas.

Um exemplo de obra de arte especial a qual apresenta um plano de gestão de manutenção exemplar é a ponte sobre o Rio Guamá, localizada em Belém, onde se tornou o símbolo do complexo rodoviário do Pará. A estrutura atua como elemento central das conexões viárias entre Belém e as regiões vizinhas. O início da construção foi por volta dos anos 90, em estrutura convencional, a Ponte do Rio Guamá tem um total de 152 estais sendo 40 pares de estais no vão central e 18 pares nos vãos adjacentes. A ponte tem ao todo 1.394 m de extensão e vão estaiado de 582,4 m. A largura, no trecho convencional é de

12,40m e no trecho estaiado de 14,20 m. A Figura 2 apresenta a vista aérea dessa obra viária.

Figura 2 - Vista panorâmica do trecho estaiado da ponte sobre o Rio Guamá (Pará).



Fonte: disponível em: [www.construbase.com.br](http://www.construbase.com.br) (2018).

Apesar de um bom exemplo de obra segura e durável como a citada, ainda se tem pontes e viadutos executados há mais tempo, com os padrões de qualidade bem inferior aos mínimos desejáveis. As obras de artes estão sujeitas ao envelhecimento e a deterioração de suas propriedades funcionais e estruturais. E ainda se tem inúmeros acidentes estruturais ocorridos em obras de todo mundo.

Segundo Vitória (2005), no Brasil um costume bastante habitual é de que a vida dos viadutos e das pontes é extraordinariamente longa, talvez até infinita. Porém, a realidade mostra, que com o passar do tempo, assim como toda e qualquer edificação, as pontes e viadutos se deterioram, precisando assim de cuidados para não se debilitar, ou se tornar vulnerável às ações dos agentes, colocando-se em risco as suas condições de estabilidade e funcionalidade.

Um exemplo de viaduto em péssimo estado de conservação é o viaduto Diário Popular, no centro de São Paulo. Segundo a página eletrônica G1 (2017), o local quase foi demolido várias vezes, pois a sua estrutura apresenta diversos problemas como, buracos e trincas no asfalto e na estrutura, vão grande na calçada, além de muito lixo. A Figura 3 mostra a imagem do estado de conservação do viaduto.

Figura 3 - Viaduto Diário Popular apresenta mau estado de conservação.



(Fonte: Reprodução TV-Globo).

No que se refere a danos estruturais, a situação atual da maioria das pontes brasileiras ainda é bem precária, a conservação das obras de artes ainda é um parâmetro a ser aprendido no Brasil. O que acontece é que os recursos implantados na construção das pontes e viadutos é alto, porém não existe a devida consciência da importância de manter as obras de artes especiais em pleno funcionamento (VITÓRIO, 2005).

Segundo dados do Tribunal de Contas da União, publicados por Mendes (2009), cerca de pouco mais de 75% das pontes e viadutos do Brasil que não são de regime de concessão encontra-se em extrema situação de precariedade de conservação, e necessitam de algum tipo de intervenção e recuperação, reforço ou alargamento, para que seu uso seja considerado satisfatório. Outros dados, do DNIT, publicados por Mendes (2009), apresenta o perfil de cerca de 5.600 pontes cadastradas nas rodovias federais pelo referido Órgão:

- 70% do número de pontes, correspondem a cerca de 64% da área do tabuleiro construída, e possui idade superior a 30 anos;
- 63% das pontes têm extensão inferior a 50m;
- 79% das pontes possuem largura total inferior a 12,0m, considerada estreita pelo padrão atual;
- 94% das pontes possuem sistema estrutural em viga de concreto armado ou protendido;
- 90% das pontes foram projetadas com trem tipo de 240KN ou de 360KN;
- 50% das pontes possuem apenas um vão com dois balanços; e,
- 93% das pontes possuem vão máximo inferior a 40,0m.

As tabelas a seguir apontam as avaliações das principais manifestações patológicas encontradas nas vistorias de cerca de 40 pontes de concreto armado, em sete rodovias brasileiras. A Tabela 1 quantifica as obras inspecionadas por rodovia.

Tabela 1 - Quantidade de obras inspecionadas por rodovia.

RODOVIAS	QUANTIDADES DE OBRAS INSPECIONADAS
BR-343/PI	3
BR-101/PE	9
BR 101/BA	7
BR-116/CE	2
BR-324/BA	4
BR-428/PE	2
BR-116/BA	13
TOTAL	40

Fonte: Vitório (2008).

As patologias observadas são representativas dos problemas estruturais existentes na grande maioria das pontes antigas brasileiras. Nas Tabelas 2,3,4 e 5 estão os principais danos com as respectivas incidências encontradas nas estruturas de concreto armado nas 40 pontes analisadas.

Tabela 2 - Ocorrência de patologias na superestrutura de 40 pontes inspecionadas.

Tipo de dano	Quantidade de obras	%
Deslocamento do concreto das vigas principais	31	77,5
Deslocamento do concreto das lajes do tabuleiro	35	87,5
Deslocamento do concreto das transversinas	25	62,5
Fissuras nas vigas principais	21	52,5
Fissuras nas lajes do tabuleiro	15	37,5
Fissuras nas transversinas	10	25
Oxidação de armaduras das vigas principais	31	77,5
Oxidação de armaduras das lajes do tabuleiro	25	62,5
Oxidação de armaduras das transversinas	7	17,5
Deformações nas vigas principais	5	12,5
Deformações na laje	8	20

Tipo de dano	Quantidade de obras	%
Fissuras e/ou esmagamento de dente Gerber	1	2,5
Carbonatação	25	62,5
Eflorescências	15	37,5

Fonte: Vitório (2008).

Tabela 3 - Ocorrência de patologias na superestrutura de 40 pontes inspecionadas.

Tipo de dano	Quantidade de obras	%
Destruição parcial de guarda-corpos e barreiras	30	75,0
Destruição total de guarda-corpos e barreiras	10	25,0
Deterioração do concreto, fissuras e oxidação de armaduras em guarda-corpos	20	50,0
Obstrução e/ou destruição de buzinetes	35	87,5
Destruição parcial do pavimento sobre a ponte	18	45,0
Deformação dos aterros de acesso	23	57,5

Fonte: Vitório (2008).

Tabela 4 - Ocorrência de patologias na superestrutura de 40 pontes inspecionadas.

Tipo de dano	Quantidade de obras	%
Deslocamento do concreto de pilares e/ou encontros	22	55
Lixiviação do concreto em pilares e/ou encontros	15	37,5
Fissuras em pilares e/ou encontros	25	62,5
Oxidação de armaduras de pilares e/ou encontros	22	55
Deformações e/ou travamento de aparelhos de apoio	30	75
Carbonatação	10	25
Eflorescências	10	25
Infiltrações causadas por deficiências de drenagem dos encontros	15	37

Fonte: Vitório (2008).

Tabela 5 - Ocorrência de patologias na superestrutura de 40 pontes inspecionadas.

Tipo de dano	Quantidade de obras	%
Erosão nas fundações de encontros e pilares	18	45,0
Descalçamento das funções de encontros e pilares	6	15,0
Recalque de fundações de encontros e pilares	5	12,5
Exposição e desconfinamento de estacas	4	10,0
Deterioração do concreto de sapatas, blocos de estacas ou tubulões	10	25,0
Oxidação das armaduras de sapatas, blocos de estacas e cintas	10	25,0
Deterioração de concreto e oxidação de armaduras nos fustes de tubulões	2	5,0
Erosão nos aterros dos encontros	10	25,0

Fonte: Vitório (2008).

## 2.2 Durabilidade e vida útil de estruturas em concreto armado.

A durabilidade é atualmente um dos fatores essenciais na construção de uma estrutura. A ISO 6241:1984 define durabilidade em concreto armado como o efeito do contato entre a estrutura, o ambiente e as condições de uso, de operação e de manutenção. Conseqüentemente, não é uma propriedade particular à estrutura, à armadura ou ao concreto, já que uma mesma estrutura pode agir de forma singular em ambientes diferentes ou submetida a diferentes solicitações.

A durabilidade também pode ser definida como o quanto que o material pode ser resistente à degradação, correlacionando as propriedades do material usado, com a agressividade do meio ao qual ela está exposta, e os esforços atuantes sobre a estrutura. Todos esses fatores ajudam a elevar a taxa de degradação da estrutura.

Em outras palavras, durabilidade pode ser definida como a capacidade de uma estrutura em preservar as suas características funcionais satisfazendo às exigências para as quais foram construídas, sem necessitar de manutenção ou reparações excessivas por um período mínimo.

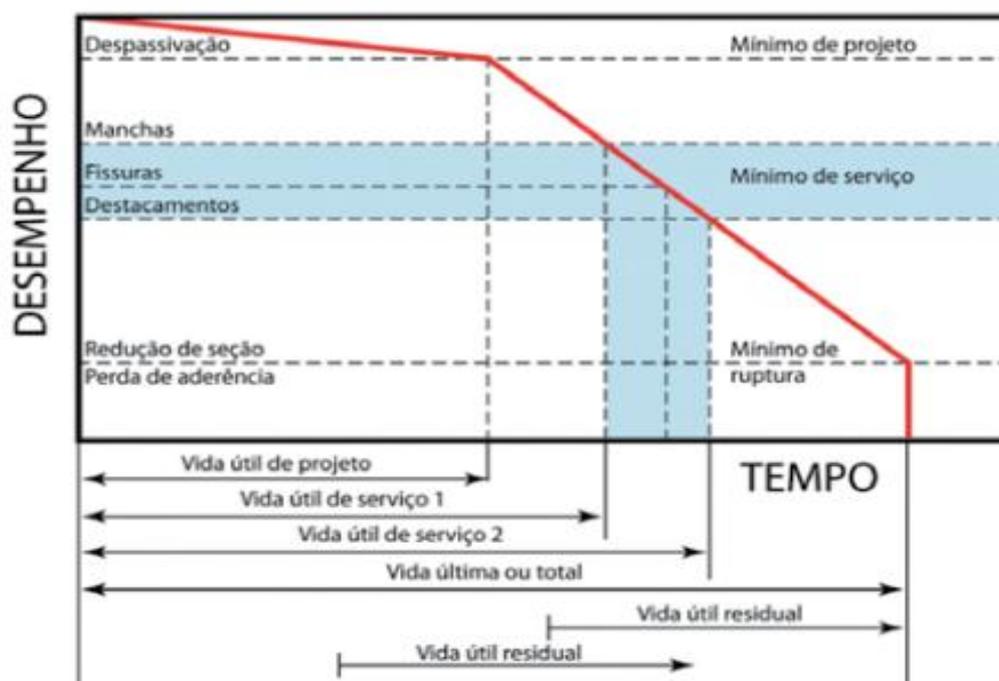
A complexidade da constituição interna do concreto, assim como o seu comportamento devem ser levados em conta devido às variações que podem sofrer com as

condições temporais e ambientais. A falta de durabilidade das estruturas atuais pode ser explicada pela omissão ou falta de conhecimento dessas variações e na ação de agente agressivos existentes no ambiente. À vista disso, para prever o comportamento do concreto ao longo de sua vida útil, é essencial o conhecimento da durabilidade das estruturas.

Segundo a ISO 13823:2008 entende-se por vida útil “o período efetivo de tempo durante o qual uma estrutura ou qualquer de seus componentes satisfazem os requisitos de desempenho do projeto, sem ações imprevistas de manutenção ou reparo”.

Segundo Helene (1993), quando as propriedades de uma estrutura de concreto começam a se deteriorar, sob determinadas condições de uso, representa o fim da sua vida útil, sendo inviável a continuação do seu uso, tornando-se insegura e antieconômica. O autor ainda cita e classifica vida útil em quatro categorias conforme a corrosão da armadura, o que pode ser vista na figura 4.

Figura 4 - Conceituação de vida útil das estruturas de concreto tomando por referência o fenômeno de corrosão de armaduras.



Fonte: Helene (1993).

Segundo Helene (1993):

Vida útil de projeto: denominado período de iniciação, no qual deve ser o período adotado no projeto da estrutura a favor da segurança. Nessa fase os agentes agressivos ainda não penetram na estrutura;

Vida útil de serviço: período de tempo em que os agentes agressivos começam a se manifestar, apresentando mancha na superfície do concreto devida a corrosão das armaduras, e fissuras espalhadas pela estrutura;

Vida útil total: período de tempo em que a estrutura entra em colapso parcial ou total;

Vida útil residual: período de tempo em que a estrutura ainda será capaz de desenvolver suas funções contando nesse caso a partir de uma data qualquer, correspondente a uma vistoria e/ou intervenção.

A vida útil deve ser resultado de ações planejadas, abrangendo todas as etapas do processo construtivo: desde a concepção ou planejamento; projeto; fabricação de materiais e componentes; execução propriamente dita e durante a etapa de uso da estrutura. Nessas etapas citadas serão realizadas as operações de vistoria, monitoramento e manutenções preventivas e corretivas (HELENE, 2001).

## **2.3 Tipos de danos patológicos estruturais**

Ao passar do tempo, o concreto sofre alterações em função dos seus principais materiais constituintes: água, cimento, agregados graúdos e miúdos, aditivos, etc. Além de que existem agentes agressivos externos que podem influenciar na durabilidade do concreto.

Das manifestações patológicas mais frequentes em obras de artes especiais em concreto armado temos: fissuração, degradação do concreto, corrosão, entre outras manifestações.

### **2.3.1 Fissuração**

As fissuras são comuns tanto nas edificações, quanto nas obras de artes especiais, podendo interferir na durabilidade, estética e nas principais características estruturais da obra. As fissuras são originadas por conta da atuação das tensões nos materiais usados na estrutura.

Nas obras de artes especiais os tipos de fissuras mais comuns são: fissuras de retração plástica e assentamento plástico, fissura de retração térmica, fissuras devido à ação das sobrecargas e fissuras devido a corrosão das armaduras.

Segundo o Manual do DER (1994) as fissuras passam a ser consideradas como um problema patológico após apresentar uma abertura superior aos valores admissíveis ou quando não fazem parte do funcionamento normal da peça.

De acordo com a norma DNIT 083 (2006), as trincas e fissuras podem se manifestar no concreto em três fases: na fase de concreto endurecido, fase de endurecimento e na fase plástica. Ainda de acordo com o DNIT as trincas são fraturas lineares, podendo se desenvolver parcialmente ou por completo ao longo de um elemento estrutural.

A norma de impermeabilização (NBR 9575:2003) define que microfissuras possuem a abertura inferior a 0,05 mm, as fissuras têm abertura de até 0,5 mm, e por fim, as trincas, são maiores de 0,5 mm e menores que 1,0 mm. Na Figura 5 está um exemplo habitual de fissuração em parede de concreto.

Figura 5 - Fissura em peça de concreto.



Fonte: Grupo IDD (2018).

Na NBR 6118:2014 discorre a respeito dos limites de abertura de fissuras nas estruturas de concreto, classificando-as quanto a agressividade do meio ambiente em que a estrutura se localiza, relacionando as ações químicas e físicas previstas, independente das atuações mecânicas, das variações térmicas, da retração hidráulica, entre outras. Na Tabela 6, está a relação da classificação quanto a agressividade do ambiente e a Tabela 7, está a relação da abertura limite de fissura nos projetos de concreto armado:

Tabela 6 - Classes de agressividade ambiental.

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana 1). 2)	Pequeno
III	Forte	Marinha 1)	Grande
		Industrial 1). 2)	
IV	Muito Forte	Industrial 1). 3)	Elevado
		Respingos de maré	

1) e 2) Possível abrandamento da classe de agressividade ambiental devido a algumas considerações. 3) Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústria de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Fonte: Adaptado de NBR 6118, (2014).

Tabela 7 - Limite de aberturas de fissuras do concreto armado.

Tipo de concreto estrutural	Classificação de agressividade ambiental (CAA) e tipo de protensão	Exigências relativas à fissuração	Combinação de ações em serviço a utilizar
Concreto armado	CAA I	ELS-W WK $\leq$ 0,4 mm	Combinação frequente
	CAA II e CAA III	ELS-W WK $\leq$ 0,3 mm	
	CAA IV	ELS-W WK $\leq$ 0,2 mm	

Nota - ELS-W: Estado limite de abertura das fissuras.

Fonte: Adaptado de NBR 6118, (2007).

As ocorrências de fissuras nas pontes e viadutos em concreto armado são bastante comuns. Segundo Lourenço (2009) a origem das fissuras pode estar relacionada a uma má distribuição das tensões no interior das estruturas de concreto, ou também pode ser originada a partir da desagregação ou decomposição do concreto. Assim concluindo que a formação das fissuras está ligada a situações tanto externas, quanto internas.

### **2.3.2 Degradação do concreto**

A degradação por desagregação do material é um fenômeno que frequentemente pode ser observado nas estruturas de concreto, causado pelos mais diversos fatores, ocorrendo, na maioria dos casos, em conjunto com a fissuração (LEMOS, 2006).

O processo de deterioração depende tanto das propriedades do meio onde o concreto se encontra, incluindo a concentração de ácidos, sais e bases, como do próprio concreto. As reações expansivas e a corrosão são as principais causadoras desse fenômeno.

Segundo Sartorti (2008), a particularidade da corrosão do concreto está em que as reações de deterioração são somente químicas e não eletroquímicas, que predominam no aço. A corrosão ocorre por causa da reação da pasta de cimento com determinados elementos químicos, causando em alguns casos a dissolução do ligante ou a formação de compostos expansivos, que são fatores deteriorantes do concreto (DESTRO, 2011).

### **2.3.3 Corrosão da armadura**

A corrosão é o principal mecanismo de deterioração das estruturas de concreto armado, sendo a mais comum das manifestações patológicas, e a mais recorrente. Aparecem geralmente em peças de concreto aparente. Inúmeras obras acabam sendo deterioradas devido à corrosão das armaduras, além disso, acaba afetando diretamente na durabilidade, pois diminui a seção do aço e reduz também a vida útil da estrutura de concreto.

Segundo Sartorti (2008), os fatores mais relevantes que indicam que a estrutura possa sofrer corrosão são: os ambientes agressivos, a fissuração acentuada e as trincas, a elevada capilaridade, um alto grau de deficiência no cobrimento da estrutura, e o uso de materiais de construção civil inadequados.

Esse fenômeno acontece quando as condições de proteção proporcionada pelo cobrimento do concreto são insuficientes. Na maioria dos casos a corrosão é mais frequente do que qualquer outro fenômeno de deterioração, assim acaba por comprometer tanto no ponto de vista estético, quanto no ponto de vista de segurança.

A corrosão pode vir a causar sérios danos estruturais, como uma diminuição significativa da área da seção transversal, o deslocamento do concreto nos estágios mais avançados de corrosão como mostra a Figura 6, a perda da aderência entre concreto e a

armadura, além dos danos causados pelas manifestações patológicas em relação à resistência mecânica da estrutura, e além de facilitar a entrada de outros agentes nocivos, que podem prejudicar ainda mais as armaduras e o concreto.

Figura 6 - Corrosão das armaduras em concreto.



Fonte: Marketing Tecnosil (2018).

#### 2.3.4 Outras patologias

Além das patologias citadas, a Instrução do DER-SP (2006) relaciona as mais frequentes em obras de arte especiais.

- Deficiências do projeto;
- Movimentação do escoramento e de fôrmas, fuga de nata de concreto;
- Deficiências de execução;
- Recalques diferencias;
- Ataque biológico;
- Falta de aderência entre concreto e concreto, e concreto e aço;
- Desgaste do concreto: atrito, abrasão;
- Flechas, desaprumo, recalques, flambagem, ligações e emendas de peças;
- Esmagamento, deslocamento e distorção de aparelhos de apoio;
- Recalques nos encontros da obra;
- Erosão dos taludes de acesso;
- Drenagem da obra de arte especial, dos taludes de acesso e nos acessos à obra.

## **2.4 Tipos de inspeção de acordo com Departamento Nacional de Infraestruturas de Transportes (DNIT)**

No Brasil a Norma DNIT 010/2004-PRO Inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido, é embasada na NBR 9452 - Vistoria de pontes e viadutos de concreto (1986). O DNIT apresenta na sua norma uma diferença em relação à NBR 9452 (1986), em que há um acréscimo de dois novos tipos de inspeção. Além das inspeções especial, cadastral e rotineira, a norma acrescenta a inspeção extraordinária e a inspeção intermediária.

A norma DNIT 010/2004-PRO fixa as condições exigíveis para a realização de vistorias em pontes, viadutos, pontilhões e bueiros de concreto estrutural (armado e protendido), utilizados em estradas de rodagem, e na apresentação dos resultados das referidas inspeções, estabelece que durante a realização das inspeções devem ser atribuídas a cada elemento constituinte da ponte uma nota de avaliação, variável de 1 a 5, a qual refletirá a maior ou menor gravidade dos problemas existentes em cada elemento, de modo a estabelecer uma avaliação preliminar das condições de segurança da ponte. Cada nota é relacionada com a categoria dos problemas existentes no elemento estrutural, conforme a Anexo C.

### **2.4.1 Inspeção Cadastral**

A primeira inspeção é a Cadastral, na qual, de acordo com a Norma DNIT 010/2004-PRO (2004), é realizada logo após a construção da obra, nesta fase é observado e documentado em fichas específicas e padronizadas, para inclusão no sistema de gerenciamento de obras de artes especiais (SGO) todos os problemas iniciais que possam prejudicar a segurança e a durabilidade da peça; as fichas constam no anexo A. Essa etapa serve de base para todas as inspeções subsequentes.

### **2.4.2 Inspeção Rotineira**

A segunda inspeção (DNIT-PRO, 010/2004) é feita em períodos regulares, a cada dois anos. A inspeção Rotineira é feita visualmente, registra e detecta a evolução das falhas documentadas na inspeção anterior, aponta novas anomalias que podem surgir, e as ocorrências feitas, tais como reparos e reforços na estrutura. Os resultados dessa inspeção

são registrados em fichas de inspeções padronizadas, para inclusão no SGO; essas fichas se encontram no anexo B.

### **2.4.3 Inspeção Extraordinária**

A inspeção Extraordinária (DNIT-PRO, 010/2004) só é executada quando por ventura a estrutura sofrer algum tipo de desgaste ou dano causado pelo homem, como por exemplo, um acidente grave, onde a estrutura sofre algum dano.

### **2.4.4 Inspeção Especial**

Inspeção Especial (DNIT-PRO, 010/2004) realizada a cada cinco anos, devendo ser executada com a ajuda de lunetas, andaimes, e veículos especiais, para que assim, possam ser analisadas as partes de difíceis acessos na estrutura.

### **2.4.5 Inspeção Intermediária**

A inspeção Intermediária (DNIT-PRO, 010/2004) é recomendada para o monitoramento, quando houver suspeitas, ou se for detectada alguma anomalia na estrutura e relatada nas inspeções anteriores, como por exemplo, um pequeno recalque de fundação, uma erosão incipiente, um encontro parcialmente descalçado, o estado de um determinado elemento estrutural.

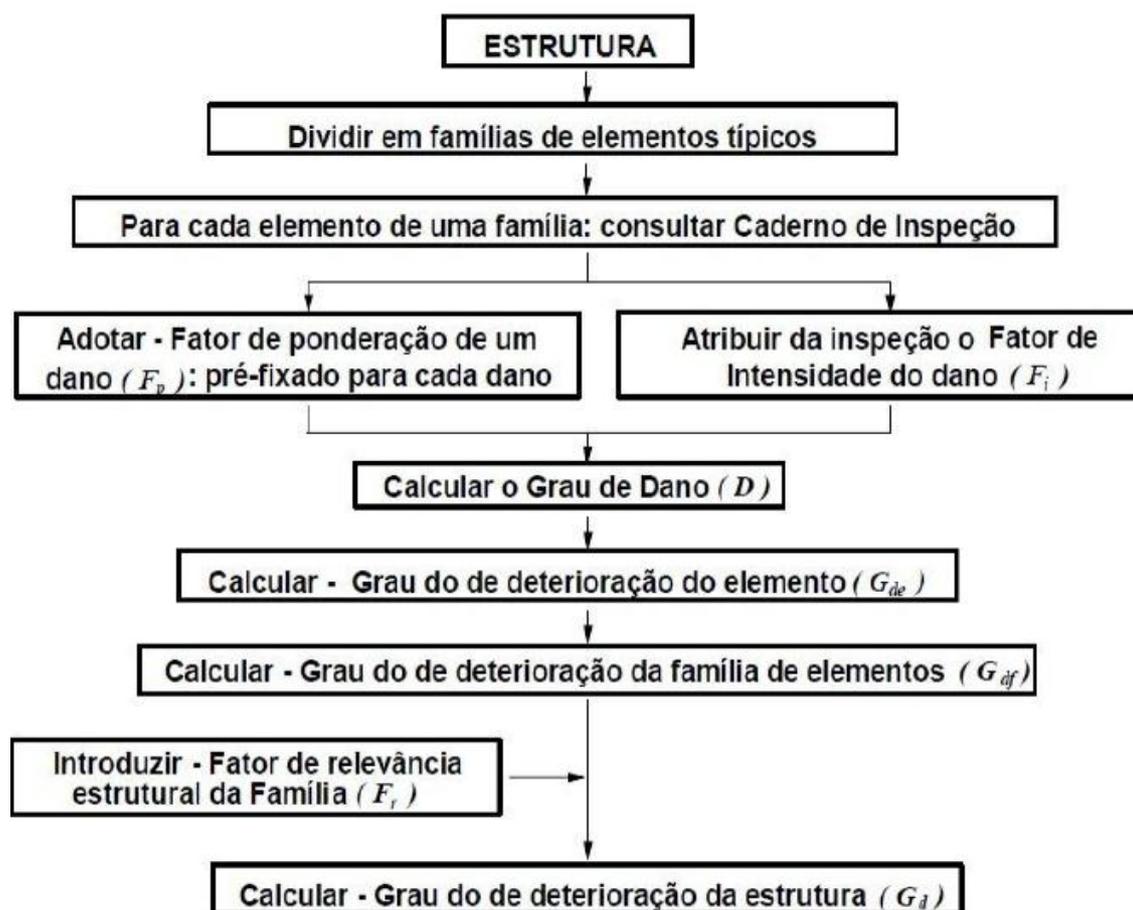
É de suma importância que toda e qualquer ponte seja inspecionada em intervalos regulares, não maiores que dois anos, e por profissionais devidamente qualificados para tal serviço.

## **2.5 Metodologia GDE/UnB**

A metodologia abordada neste trabalho foi desenvolvida na UnB (Universidade de Brasília) em 1994 por Eliane Kraus de Castro. Elaborada a partir da metodologia de Klein et al (1991), com o objetivo principal de apontar problemas em estruturas de concreto armado no estado do Rio grande do Sul, organizar o processo de inspeção, e classificar as obras de artes especiais a partir da gravidade dos danos encontrados.

A metodologia GDE/UnB tem como objetivo principal quantificar o grau de deterioração de uma estrutura de concreto armado. Esse procedimento inicia-se a partir da divisão da obra em famílias de elementos: Cortinas; Vigas; Escadas; Pilares; Lajes; Rampas; Reservatórios; Elementos de composição arquitetônica; Juntas de dilatação; Blocos. Castro (1994) criou o fluxograma da Figura 7 descrevendo assim as etapas para se seguir.

Figura 7 - fluxograma para a aplicação da metodologia GDE/Unb.



Fonte: adaptado de Kraus, (1994).

#### 4.5.1 Divisão em famílias de elementos;

Agrupados a partir das características estruturais, com base principalmente do grau de importância no comportamento e do desempenho da estrutura. Sempre que a metodologia for adotada a divisão pode ser alterada e adaptada de acordo com a necessidade de cada obra de arte especial.

### 2.5.2 Fator de Ponderação do dano ( $F_p$ ):

Segundo a metodologia o fator de ponderação pode variar de um intervalo de 1 a 5. Para sua definição são estabelecidos os problemas mais relevantes quanto aos aspectos de durabilidade e segurança estrutural.

Assim é possível avaliar a importância relativa do dano em relação às condições de segurança, funcionalidade e estética dos elementos de uma família. Isso significa que uma mesma manifestação patológica pode apresentar fatores de ponderações diferentes em famílias de elementos distintas.

Os valores de  $F_p$  são preenchidos antes da inspeção da estrutura, exceto em caso onde há fissuração, na qual esse item é definido no momento da vistoria, partindo das peculiaridades encontradas na obra de arte especial. A tabela 8 é referente ao modelo de ficha de inspeções adotada por CASTRO (1994) para cortinas.

Tabela 8 - Família de elemento estrutural, danos e fator de ponderação.

<b>Cortinas</b>	
<b>Danos</b>	<b>Fp</b>
Sinais de esmagamento	10
Desvio de geometria	6
Infiltração	6
Segregação	5
Eflorescência	5
Esfoliação	8
Desagregação	7
Deslocamento por empuxo	10
Cobrimento deficiente	6
Manchas de corrosão	7
Fissuras	10
Carbonatação	7
Presença de Cloretos	10
Manchas	5

Fonte: adaptado de castro, (1994).

### 2.5.3 Fator de intensidade do dano ( $F_i$ ):

Diferente do fator de ponderação ( $F_p$ ) o fator de intensidade ( $F_i$ ) considera apenas o dano estrutural existente na estrutura, a sua evolução ao longo do tempo e classifica-o quanto a sua agressividade.

O fator de intensidade (***Fi***) varia de 0 a 4, na forma proposta por Klein et al (1991), aumentando de acordo com a gravidade do dano, sendo acompanhada de fotos e croquis (desenhos), para que os valores encontrados de ***Fi*** possam ser mais confiáveis e adequados para cada estrutura de concreto armado.

Sem lesões	<b><i>Fi</i></b> = 0
Lesões leves	<b><i>Fi</i></b> = 1
Lesões toleráveis	<b><i>Fi</i></b> = 2
Lesões graves	<b><i>Fi</i></b> = 3
Estado crítico	<b><i>Fi</i></b> = 4

A determinação do fator de intensidade (***Fi***) é por meio da observação visual, analisando assim o ambiente em que a obra de arte está localizada, e o local que se encontra o dano na estrutura, além de limites recomendados por normas, comparando as deformações medidas (VERLY, 2015).

Todas as recomendações para a definição dos valores de ***Fi*** estão no Manual de aplicação da Metodologia GDE/UnB a Obras de Arte Especiais, como mostra na Tabela 9.

Tabela 9 - Fator de intensidade do dano.

<b>Tipos de danos</b>	<i>Fator de intensidade do dano – Tipo de manifestações</i>
Segregação	1 - superficial e pouco significativa em relação às dimensões da peça; 2 - significativa 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.
Esfoliação	2 - pequenas escamações do concreto; 3 - lascamento, de grandes proporções, com exposição da armadura; 4 - lascamento acentuado com perda relevante de seção.
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 do 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/ 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.
Recalque	2 - indícios, pelas características de trincas na alvenaria; 3 - recalque estabilizado com fissuras em peças estruturais; 4 - recalque não estabilizado com fissuras em peças estruturais.
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
Carbonatação	1 - localizada, com algumas regiões com $pH < 9$ , sem atingir a armadura; 2 - localizada, atingindo a armadura, em ambiente seco; 3 - localizada, atingindo a armadura, em ambiente úmido; 4 - generalizada, atingindo a armadura, em ambiente úmido.

<b>Tipos de danos</b>	<i>Fator de intensidade do dano – Tipo de manifestações</i>
Infiltração	1 - indícios de umidade; 2 - pequenas manchas; 3 - grandes manchas; 4 – generalizada
Presença de cloretos	2 - em elementos no interior sem umidade; 3 - em elementos no exterior sem umidade; 4 - em ambientes úmidos.
Manchas	2 - manchas escuras de pouca extensão, porém significativas; 3 - manchas escuras em todo o elemento estrutural
Sinais de esmagamento	3 - desintegração do concreto na extremidade superior do pilar, causada por sobrecarga ou movimentação da superestrutura; fissuras diagonais isoladas; 4 - fissuras de cisalhamento bidiagonais, com intenso lascamento (esmagamento) do concreto devido ao cisalhamento e a compressão, com perda substancial de seção, deformação residual aparente; exposição e início de flambagem de barras da armadura.
Desvio de geometria	2 - pilares e cortinas com excentricidade $\leq h/100$ ( h = altura) 3 - pilares e cortinas com excentricidade $\geq h/100$
Infiltração na base	3 - indícios de vazamento em tubulações enterradas que podem comprometer as fundações; 4 - vazamentos em tubulações enterradas causando erosão aparente junto às fundações.
Junta de dilatação obstruída	2 - perda de elasticidade do material da junta; 3 - presença de material não compressível na junta.
Fissuras vizinhas às juntas de dilatação	2 - lajes com início de fissuras adjacentes às juntas; 3 - grande incidência de lajes com fissuras adjacentes às juntas; 4 - idem, com prolongamento das fissuras em vigas e/ou pilares de suporte.
Deslocamento por empuxo	3 - deslocamento lateral no sentido horizontal, com excentricidade porém estável; 4 - deslocamento lateral no sentido horizontal, instável.

Fonte: Castro (1994).

#### 2.5.4 Grau do dano ( $D$ ):

Nos elementos de concreto estrutural armado os danos evoluem de acordo com as diversas influências que a peça está submetida, tais como: projeto, execução, utilização, concepção estrutural, e exposição ao meio ambiente. De acordo com Castro (1994), o grau do dano ( $D$ ) tem por objetivo quantificar a manifestação patológica de cada dano existente no elemento, através da analogia proposta por (TUUTII, 1982).

O modelo da analogia apresenta duas etapas para o processo de deterioração:

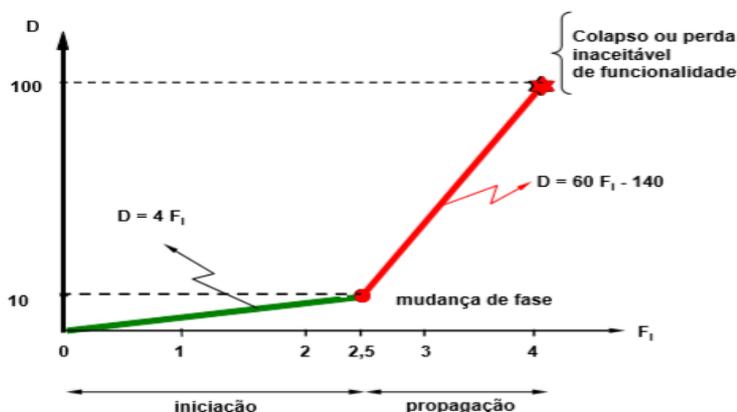
Período de iniciação: período em que pouco, ou nenhum dano manifesta-se na estrutura, porém nessa fase já existe um lento processo de deterioração ativa originado da ação dos agentes agressivos. Não representa qualquer comprometimento com a vida útil da estrutura (CASTRO, 1994).

Período de propagação: fase em que os danos se desenvolvem e adentram no interior da estrutura. A velocidade da degradação da estrutura passa a ser mais rápida, e se torna um fator decisivo na vida residual da estrutura (CASTRO, 1994).

O grau do dano ( $D$ ) depende do fator de ponderação ( $F_p$ ), que é fixado de acordo com as características de cada elemento, e específico de cada dano existente, e de acordo com a intensidade que o dano se manifesta, descrito pelo fator de intensidade ( $F_i$ ).

A figura 8 demonstra a formulação proposta do grau de um dano, com um fator de ponderação mais desfavorável possível,  $F_p = 10$ . As fases de iniciação e propagação do dano são representadas nas abcissas em uma escala de 0 a 4, segundo o fator de intensidade ( $F_i$ ), adotando-se como abcissa de "mudança de fase" o valor 2,5, intermediário entre o fator 2,0, indicativo de lesões toleráveis, e 3,0 de lesões graves. O gráfico estabelece um limite máximo  $D = 100$  para o grau de dano correspondente a  $F_i=4$ , estado crítico de uma manifestação de dano.

Figura 8 – Formulação proposta para o grau de um dano. Fonte: Castro 1994.



Fonte: Castro, (1994).

O valor do dano ( $D$ ) pode ser determinado a partir das equações e especificações a seguir:

- Para  $F_p = 10$ , onde a manifestação patológica requer mais atenção:

$$D = 4 F_i \quad \text{para } F_i \leq 2,5 \quad (1)$$

$$D = 60 F_i - 140 \quad \text{para } F_i \geq 3,0 \quad (2)$$

- Para  $F_p < 10$ :

$$D = 0,4 F_i * F_p \quad \text{para } F_i \leq 2,5 \quad (3)$$

$$D = (6F_i - 14) * F_p \quad \text{para } F_i \geq 3,0 \quad (4)$$

O grau do dano será uma função de duas variáveis, o fator de ponderação ( $F_p$ ) ( $0 \leq F_p \leq 10$ ), característico de cada manifestação do dano atribuído para cada família, e o fator de intensidade ( $0 \leq F_i \leq 4$ ), na qual é estabelecido pelo profissional responsável pela inspeção.

### 2.5.5 Grau de deterioração de um elemento ( $G_{de}$ ):

A análise do grau de deterioração de um elemento ( $G_{de}$ ) é realizada a partir do cálculo do Grau de Deterioração do elemento ( $G_{de}$ ), no qual a equação é determinada em função das manifestações dos danos detectados no elemento pela inspeção, a partir do fator

de intensidade atribuído a cada dano ( $F_i$ ) e do respectivo grau do dano ( $D$ ), assim determinando que o efeito do maior dano encontrado seja somado aos efeitos dos demais.

$$Gde = D_{max} \quad \text{para } m \leq 2 \quad (5)$$

$$Gde = D_{max} + \frac{\sum_{i=1}^{m-1} D(i)}{m-1} \quad \text{para } m > 2 \quad (6)$$

Onde:

**Gde** = Grau de deterioração do elemento;

**$D_i$**  = grau do dano do índice “ $i$ ”;

**$D_{máx}$**  = Maior grau do dano encontrado no elemento;

**$m$**  = número de danos detectado no elemento.

A tabela 10 foi elaborada para qualificar os valores empregados no Gde, com recomendações para elementos isolados. Segundo Castro (1994) os limites estabelecidos devem ser encarados como indicativos das medidas a se seguir. Ainda segundo Castro, passa-se a ser essencial o conhecimento e experiência dos profissionais envolvidos nas decisões a serem tomadas, levando em consideração os resultados da aplicação da metodologia.

Tabela 10- Classificação dos níveis de deterioração do elemento.

Nível de deterioração	Gde	Medidas a serem adotadas
Baixo	0 - 15	Estado aceitável
Médio	15 - 50	Observação periódica e necessidade de intervenção à 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.

Fonte: adaptado de Castro (1994).

### 2.5.6 Grau de deterioração da família de elementos (**Gdf**):

Nessa etapa, utilizam-se os valores de cada elemento calculado através do **Gde**. Fazendo a média aritmética dos graus de deterioração dos elementos que mais apresentam danos expansivos. O grau de deterioração da família de elementos (**Gdf**) evidencia os elementos que apresenta maiores danos, e não mascara aqueles elementos que possuam menor grau de deterioração.

De acordo com Castro (1994), no cálculo do **Gdf** consideram-se apenas os valores de **Gde** iguais ou superiores a 15 ( $\mathbf{Gdf} \geq 15$ ), e o fator de intensidade  $\mathbf{Fi} = 2,5$ , valores que correspondem à fase de iniciação para a de propagação do dano.

$$\mathbf{Gdf} = \frac{\sum_{i=1}^n \mathbf{Gde} (i)}{n} \quad (7)$$

Onde:

**n**: número de elementos componentes da família com  $\mathbf{Gde} \geq 15$ ;

**Gde.i** graus de deterioração dos elementos da família.

Castro (1994), diferente de Kein et al (1991), optou por trabalhar na formulação para o cálculo **Gdf** da metodologia GDE/Unb, apenas com aqueles elementos que possuam danos acima de um limite pré-fixado, por serem de maior influência sobre o grau de deterioração da família.

Diante do exposto na Metodologia GDE/UnB, pode-se verificar que quando o grau de deterioração **Gde** for menor que 15 ( $\mathbf{Gde} < 15$ ), o grau de deterioração da família terá o valor de  $\mathbf{Gdf} = 0$ , assim não contribui para o cálculo do grau de deterioração da estrutura.

### 2.5.7 Fator de relevância estrutural (**Fr**):

Dentro do conjunto de divisão da obra, o fator de relevância estrutural da família de elementos (**Fr**), tem por objetivo considerar a importância relativa das famílias de elementos no seu comportamento e desempenho da estrutura como um todo.

Neste trabalho os valores atribuídos a cada família de elementos, será baseado na metodologia proposta por Klein et al (1991), sendo que no presente trabalho a classificação

será específica para obras de artes especiais, e não para aplicação em de estruturas de edificação convencional.

Segundo Fusco (1976) as peças estruturais de uma estrutura em concreto armado podem ser classificadas como: peças estruturais terciárias, secundárias e primárias, com importância crescente no desempenho estrutural. Segundo Castro (1994), o fator de relevância poderá depender da tipologia de cada estrutura de concreto armado.

Na metodologia de Castro (1994) utilizada nesse trabalho, adotou-se uma escala, que definem os fatores de relevância de uma família de elementos, tais como:

- Elementos de composição arquitetônica :	<b>Fr</b> = 1,0
- Reservatório superior:	<b>Fr</b> = 2,0
- Escadas/Rampas, reservatório inferior, cortinas, lajes secundárias:	<b>Fr</b> = 3,0
- Lajes, Fundações, vigas secundárias, pilares secundárias:	<b>Fr</b> = 4,0
- Vigas e pilares principais:	<b>Fr</b> = 5,0

### 2.5.8 Grau de deterioração da estrutura (**Gd**):

Klein et al (1991), apud Castro (1994) define essa última etapa da aplicação Metodologia GDE/UnB, como uma função dos diferentes graus de deterioração das famílias de elementos da estrutura de concreto armado. Considerando o conjunto de todas as famílias de elementos que compõem as estruturas, tem-se a seguinte formulação:

$$Gd = \frac{\sum_{i=1}^k Fr (i) * Gdf (i)}{\sum_{i=1}^k Fr (i)} \quad (8)$$

Onde:

<b>K:</b>	Número de famílias de elementos presentes na edificação;
<b>Fr:</b>	Fator de relevância estrutural de cada família;
<b>Gdf:</b>	Grau de deterioração da família.

Após a obtenção dos valores de **Gd**, através da formulação (8), a estrutura pode ser classificada de acordo com a Tabela 11.

Tabela 11 - Classificação dos níveis de deterioração da estrutura e recomendações em função do valor de Gd.

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

Fonte: adaptado de Castro (1994).

### 3 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO

O viaduto em estudo fica localizado na Asa Norte. É um conjunto de três viadutos em sequência como mostra a Figura 9 e 10, as conhecidas “tesourinhas”, que fazem ligação das quadras 205/6 e 105/6 norte, as pistas superiores de rolamento são o Eixo Rodoviário de Brasília (EIXÃO), Eixo Rodoviário Leste – Sentido Norte (Eixo L/Eixinho) e Eixo Rodoviário Oeste – Sentido Norte (Eixo W/Eixinho).

Figura 9 – vista superior do viaduto entre 205/206 e 105/106 Norte.



Fonte: Google Earth (2018).

Figura 10 – Viaduto Asa Norte.



Fonte: Autor (2018).

Os viadutos foram construídos ainda na época da construção de Brasília, então se estima que os viadutos estudados possuam por volta de 58 anos de idade. As Figuras 11, 12 e 13 mostram o conjunto de viadutos entre as quadras 105/6 e 205/6, no qual foram construídos em concreto armado e não possuem pilar, mas uma cortina armada de contenção que desempenha o papel de pilar nas estruturas. Os guardas corpos além de serem elementos de composição arquitetônica das pistas de rolamento, também desempenham a função de segurança, de forma que impeça a queda dos veículos.

Figura 11 – viaduto B sob pista de rolamento do eixo central.



Fonte: Google Earth (2018).

Figura 12 - Viaduto A, acesso à 205/206.



Fonte: Google Earth (2018).

Figura 13 – Viaduto C Asa Norte acesso à 105/106.



Fonte: Google Earth (2018).

## 4 METODOLOGIA

Para a caracterização das manifestações patológicas encontradas no viaduto da 205/206 e 105/106, a princípio foi analisada a estrutura dos três viadutos para encontrar indícios de possíveis manifestações.

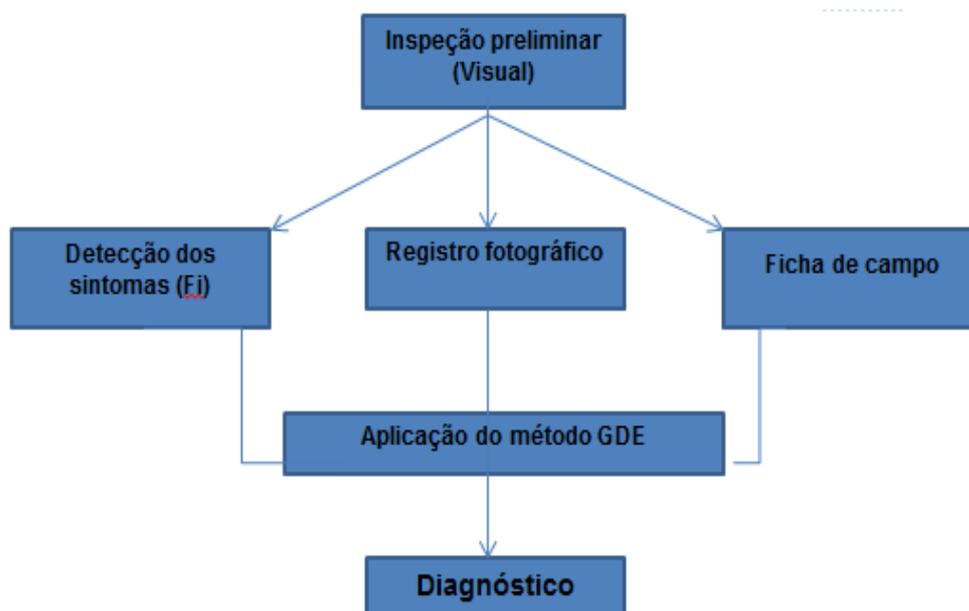
Justifica-se nesse trabalho a utilização da modalidade estudo de caso, na qual foi realizada uma inspeção visual nos três viadutos, de forma a coletar informações acerca das manifestações patológicas na família de: pilares, cortinas e elemento arquitetônico. Essas anomalias foram registradas por meio de fotografias e de fichas de campo de forma a organizar os dados para uma posterior análise.

Após a inspeção visual, por meio da metodologia GDE/UnB, foi realizada a análise das manifestações patológicas existentes nos viadutos. Assim por meio da aplicação do método, pode-se realizar a análise dos resultados e obter o grau de deterioração da estrutura em concreto armado.

De acordo com a metodologia GDE/UnB, considera-se somente os valores encontrados de **Gde** maior ou superior a 15. Portanto nos viadutos estudados, só serão considerados e apresentados neste trabalho os resultados que no qual, o elemento da família apresentar-se com um valor maior ou igual a 15 (**Gde**  $\geq$  15).

A Figura 14 apresenta o fluxograma de toda a metodologia de inspeção realizada nos viadutos da 205/206 e 105/106.

Figura 14 - Fluxograma da metodologia utilizada nos viadutos.



Fonte: Autor (2018).

## 5 RESULTADOS E ANÁLISES

### 5.1 Resultados e análises das manifestações patológicas detectadas

Esse estudo de caso foi realizado para observar e analisar algumas manifestações patológicas encontradas nos viadutos da 205/206 e 105/206, geradas ao longo dos anos por diversos motivos: tráfego, intempéries, má execução, deficiência dos materiais e outras causas que possivelmente contribuíram para a ocorrência das eventuais patologias.

#### 5.1.1 Segregação do concreto

Em uma das paredes de contenção do viaduto C é perceptível o fenômeno de segregação do concreto, apresentado nas Figuras 15 e 16, que ocorre porque há uma separação dos materiais que compõe a mistura de concreto durante o adensamento, ocasionado pelo excesso de vibração. Esse fenômeno diminui a resistência do concreto por afetar diretamente o mesmo.

Figura 15 - Viaduto Asa Norte.



Fonte: Autor (2018).

Figura 16 – Viaduto Asa Norte.



Fonte: Autor (2018).

### 5.1.2 Fissuração

Na cortina de contenção do viaduto C foram encontrados indícios de fissuração, que se estende ao longo do topo do viaduto C até a base de revestimento asfáltico, exposto nas Figuras 17 e 19. A falta de junta de movimentação acaba ocasionando fissurações na estrutura. Nota-se também que uma das juntas não foi executada de forma correta, pois a junta de movimentação se inicia no topo da cortina, e se estende somente até o meio da cortina, assim da metade da cortina, até o final, chegando ao pavimento asfáltico, não tem a junta, e sim uma fissuração que se estende até o pavimento asfáltico. A figura 18 exibe uma junta de movimentação executada de forma correta em um dos viadutos.

Figura 17 - Viaduto Asa Norte.



Fonte: Autor, (2018).

Figura 18 –Viaduto da Asa Norte.



Fonte: Autor, (2018).

Figura 19 – Fissuração Viaduto da Asa Norte.



Fonte: Autor, (2018).

### 5.1.3 Umidade

Observa-se nas figuras 20 e 21 uma região mais escura em que provavelmente a temperatura se encontra mais baixa, devido a presença de água posteriormente a cortina, e em outra região mais clara, onde a temperatura poderá está mais elevada.

Figura 20 – Umidade na cortina de um dos viadutos.



Fonte: Autor (2018).

Figura 21 - Umidade na cortina de um dos viadutos.



Fonte: Autor (2018).

## 5.2 Apresentação dos resultados obtidos por meio da aplicação da metodologia GDE/UnB.

Na apresentação dos resultados obtidos pela Metodologia GDE/Unb descrita no presente trabalho, não será apresentado os quadros dos viadutos com o Grau de deterioração de um elemento (**Gde**) menor que 15, esses valores foram descartados nos cálculos, pois segundo Castro (1994) quando verificados graus de deterioração menor que 15 (**Gde** < 15), automaticamente o valor do grau de deterioração da família será zerado, e não contribuirá para o cálculo de deterioração da estrutura estudada.

Como citados na caracterização do local estudado, os viadutos são construídos em concreto armado, não possuem pilar, e sim uma cortina armada de contenção, e os elementos da composição arquitetônica são os guarda corpo das pistas de rolamento situado na parte de cima dos viadutos. As tabelas 12, 13, 14 e 15 referem-se aos valores adotados para o cálculo do grau de deterioração dos elementos (**Gde**), do Viaduto C.

Tabela 12 - Cálculo do Grau de deterioração dos elementos (*Gde*)

<b>Cortina</b>			
<b>Nome do elemento</b>	Cortina (lado direito) Viaduto C		
<b>Local</b>	Quadra da 105 norte (tesourinha)		
<b>Danos</b>	<b>Fp</b>	<b>Fi</b>	<b>D</b>
Sinais de esmagamento	10	-	-
Desvio de geometria	6	2	4,8
Infiltração	6	1	2,4
Segregação	5	3	20
Eflorescência	5	-	-
Esfoliação	8	-	-
Desagregação	7	-	-
Deslocamento por empuxo	10	-	-
Cobrimento deficiente	6	-	-
Manchas de corrosão	7	2	5,6
Fissuras	10	-	-
Carbonatação	7	-	-
Presença de cloretos	10	-	-
Manchas	5	2	4
		<b>Gde =</b>	<b>29,2</b>

Fonte: Autor (2018).

Tabela 13– Cálculo do Grau de deterioração dos elementos (Gde).

<b>Cortina</b>			
<b>Nome do elemento</b>	Cortina (lado esquerdo) Viaduto C		
<b>Local</b>	Quadra da 105 norte (tesourinha)		
<b>Danos</b>	<b>Fp</b>	<b>Fi</b>	<b>D</b>
Sinais de esmagamento	10	-	-
Desvio de geometria	6	-	-
Infiltração	6	1	2,4
Segregação	5	3	20
Eflorescência	5	-	-
Esfoliação	8	-	-
Desagregação	7	-	-
Deslocamento por empuxo	10	-	-
Cobrimento deficiente	6	-	-
Manchas de corrosão	7	2	5,6
Fissuras	10	-	-
Carbonatação	7	-	-
Presença de cloretos	10	-	-
Manchas	5	2	4
<b>Gde =</b>			30,6

<b>Gdf (cortina) =</b>	29,9
------------------------	------

Fonte: Autor (2018).

Tabela 14 - Cálculo do Grau de deterioração dos elementos (Gde).

<b>Elemento de composição arquitetônica</b>			
<b>Nome do elemento</b>	Guarda corpo (Viaduto C)		
<b>Local</b>	Quadra da 105 norte (tesourinha)		
<b>Danos</b>	<b>Fp</b>	<b>Fi</b>	<b>D</b>
Segregação	4	1	1,6
Eflorescência	4	-	-
Esfoliação	8	3	32
Desagregação	7	2	5,6
Cobrimento deficiente	6	2	4,8
Manchas de corrosão	7	3	28
Fissuras	8	-	-
Ligação à estrutura	10	-	-
Carbonatação	7	-	-
Presença de clorestos	10	-	-
<b>Gde =</b>			50

Fonte: Autor (2018).

Tabela 15 - Cálculo do Grau de deterioração dos elementos (**Gde**).

<b>Junta de dilatação</b>			
<b>Nome do elemento</b>	Cortina (lado esquerdo) Viaduto C		
<b>Local</b>	Quadra da 105 norte (tesourinha)		
<b>Danos</b>	<b>Fp</b>	<b>Fi</b>	<b>D</b>
Infiltração	10	1	4
Fissura vizinha à junta	10		
Junta obstruída	8	3	32
		<b>Gde =</b>	<b>32</b>

Fonte: Autor (2018).

Pode-se verificar que os elementos expostos nas tabelas a cima, se encaixaram no grau médio de deterioração, e que se deve observar os elementos periodicamente, bem como realizar intervenções a médio prazo.

A Tabela 16 indica os valores encontrados no cálculo do grau de deterioração da estrutura (**Gd**).

Tabela 16 – Cálculo do Grau de deterioração da estrutura (**Gd**).

Família de elementos	Gdf	Fr	Gdf x Fr
Cortina	29,9	3	89,7
Juntas de Dilatação	32	1	32
Elementos de composição arquitetônica	50	1	50
	Total	5	171,7
		<b>Gd =</b>	<b>34,34</b>

Fonte: Autor (2018).

De acordo com os resultados encontrados na tabela a cima o viaduto C se enquadrou no nível de deterioração estrutural médio, com medidas a serem tomadas de observação periódica e necessidade de intervenção em médio prazo.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do desenvolvimento da análise da metodologia GDE/UnB aplicada nos viadutos da 205/206 E 105/106, pode-se notar que:

- Um dos viadutos apresentou diversos tipos de patologias, nas quais são geradas por falta de inspeção e manutenção prévia;
- Por se tratar de responsabilidade pública, quase sempre não possui um cronograma de manutenção preventiva, ocasionando um menor índice de vida útil;
- Apesar dos viadutos estudados apresentarem alguns problemas de fissuração, segregação e umidade, não foi observado sintomas mais graves como degradação do concreto, corrosão, ou armadura exposta, que possam levar o viaduto à perda de uso;
- Com a aplicação da metodologia GDE/UnB nos viadutos da Asa Norte, foi obtido o grau de deterioração dos elementos, com os valores respectivamente de 29,9 para cortinas, 50 para guarda corpo, e 32 para junta de dilatação, indicando um nível de deterioração médio;
- O grau de deterioração da estrutura apresentou um valor de 34,34, indicando nível de deterioração estrutural médio, com medidas a serem tomadas de observação periódica e necessidade de intervenção em médio prazo.

Com base nas análises realizadas, pode-se concluir que os viadutos das quadras 205/206 E 105/106 necessitam de manutenções preventivas e corretivas para evitar possíveis manifestações patológicas encontradas nessa análise que no futuro, o seu funcionamento não seja comprometido.

Ressalta-se que a metodologia GDE/UnB é aplicada com base em análise visual e com valores sugestivos, podendo apresentar diferenças, dependendo da análise do profissional.

## 6.1 Sugestões para trabalhos futuros

- Aplicação da metodologia GDE/UnB em todas as pontes sobre o Lago Paranoá, em Brasília, e criação de um banco de dados para tais informações;
- Definição de serviços de manutenção baseados nos resultados obtidos pela metodologia GDE/UnB.
- Adaptação e aplicação da metodologia para estruturas metálicas;
- Elaboração de fatores de intensidade, ponderação do dano e de relevância estrutural, utilizados pela metodologia GDE/UnB, para diversos sistemas estruturais;
- Avaliar as manifestações patológicas e a durabilidade em pontes com tecnologias de concretos distintas;
- Complementar outras reformulações para os procedimentos de inspeção de pontes e viadutos de concreto armado da norma DNIT 010/2004;

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento**, Rio de Janeiro, 2014, 238p.

ABNT. NBR 9452 – **Vistorias de Pontes e Viadutos de Concreto**, Rio de Janeiro, 1986.

ALVES, L. F. **Obras-de-arte especiais BR-267/MG: patologias x fatores influentes**. 2012. 86 f. Tese (Graduação) – Engenharia Civil, Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, 2012.

CASTRO, E. K. **Desenvolvimento de metodologia para manutenção de estruturas de concreto armado**, Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 1994. 185 p.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Instrução de Projeto - Projeto de recuperação, reforço e alargamento de obra de arte especial**. IP-DE-C00/011. São Paulo, 2006.

DESTRO, K. **Análise patológica das estruturas de duas pontes do Rio Cachoeira**. Joinville, 2011. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade do Estado de Santa Catarina.

DNIT. Norma 010/2004-PRO – **Inspeções em Pontes e Viadutos de Concreto Armado e Protendido – Procedimento**, Rio de Janeiro, 2004.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Instrução de Projeto - Projeto de recuperação, reforço e alargamento de obra de arte especial**. IP-DE-C00/011. São Paulo, 2006.

FUSCO, P.B. (1976), "**Estruturas de Concreto - Fundamentos do projeto estrutural**", Ed. McGraw-Hill, 298p.

GOOGLE INC. (2014) - "Google Earth". Consultas realizadas entre dias 19 e 21 de Abril de 2017.

HELENE, P.R.L. (1993), "**Vida útil de estruturas de concreto armado sob o ponto de vista da corrosão de armadura**", Departamento de Engenharia de Construção Civil - EPUSP, 25p

HELENE, P., (2001). **Introdução da vida útil no projeto das estruturas de concreto NB/2001**. WORKSHOP SOBRE DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES. Novembro. São José dos Campos.

\_\_\_\_\_. **Impermeabilização - Seleção e projeto**. NBR 9575:2010

ISO 6241. **Performance Standards in building – Principles for their preparation and factors to be considered** (Normalização e Desempenho dos Edifícios. Princípios de sua preparação e fatores a serem considerados), 1984.

ISSO 13823. **General principles on the design of structures for durability** (Princípios gerais sobre o design de estruturas para maior durabilidade), 2008.

LEMOS, S. P. P. **Avaliação do grau do dano das estruturas do subsolo de três edifícios situados na região metropolitana do Recife/PE**. Recife, 2006. Dissertação (Mestrado) - Universidade Católica de Pernambuco.

Lourenço (2009), Líbia C. **Parâmetros de Avaliação de Patologias em Obras-de-Arte Especiais**. Rio de Janeiro: Universidade Federal Fluminense, 2009. 10 p.

KLEIN, D. et al. **Critérios adotados na vistoria e avaliação de obras de arte**. XXV Jornada Sul Americana de Engenharia Estrutural, Porto Alegre, pp185–196, novembro, 1991.

MITRE, M. P. – **Metodologia para inspeção e diagnóstico de pontes e viadutos de concreto**. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

MENDES, P.T.C. – **Contribuição para um modelo de gestão de pontes de concreto aplicado à rede de rodovias brasileiras** (Tese de Doutorado), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

\_\_\_\_\_. **Tratamento de trincas e fissuras - Especificação de serviço**. NORMA DNIT 083/2006 - ES. Rio de Janeiro, 2006.

SARTORTI, A. L. **Identificação de patologias em pontes de vias urbanas e rurais no município de Campinas-SP**. Campinas, 2008. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas.

TUUTTI, K. (1982), "**Corrosion Steel in Concrete**", **Swedish Cement and Concrete Research Institute**, Stockholm, 469p.

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

VITORIO, A., 2005. **A importância da manutenção para a sustentabilidade do espaço construído**. Em: VII Encontro Nacional das Empresas de Arquitetura e Engenharia Consultiva  
ENAENCO. Recife. Brasil

## Anexo A (normativo)

Ficha de inspeção cadastral expedita

### 1 DADOS BÁSICOS

IDENTIFICAÇÃO / LOCALIZAÇÃO / JURISDIÇÃO		Data: 17/06/2018
OAE:Código: _____ Nome: <b>VIADUTOS 205/6 105/6</b>		
Tipo de Estrutura: Código _____ Nat. Transposição: Código _____		Sist. Construtivo: Código _____
UNIT: _____ Residência: _____		Rodovia: <b>BR- ASA NORTE</b> UF:DF
Trecho (PNV): _____ Localização (km): _____		Cidade Prox.: _____
ADMINISTRAÇÃO		
<input type="checkbox"/> DNIT <input checked="" type="checkbox"/> DER <input type="checkbox"/> CONCESSÃO <input type="checkbox"/> OUTROS		
Nome: _____ (para o caso concessão / outros)		
PROJETO / CONSTRUÇÃO		
Projetista: <b>SEM ACESSO A ESSAS INFORMAÇÕES</b> ; Ano da Construção: <b>POR VOLTA DE 1960</b>		
Construtor: _____ ; Arquivo: _____ ; Trem - Tipo Classe: _____		
COMPRIMENTO / LARGURA		
Comprimento: _____ m; Largura: _____ m		

### 2 DADOS SOBRE CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS

CARACTERÍSTICAS PLANI-ALTIMÉTRICAS		
Região: PLANA <input checked="" type="checkbox"/> ONDULADA <input type="checkbox"/> MONTANHOSA <input type="checkbox"/>		Greide: Rampa Máxima(%): _____
Traçado: <input type="checkbox"/> TANGENTE <input type="checkbox"/> CURVO Raio: _____ m		Travessia: <input type="checkbox"/> ORTOGONAL <input type="checkbox"/> ESCONSA
CARACTERÍSTICAS DA PISTA		
Larg.Total da Pista: _____ m	Pavimento: <input checked="" type="checkbox"/> Asfalto <input type="checkbox"/> Concreto	Drenos: <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO
Nº de Faixas: 2	Passeio: <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO	Pingadeiras: <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO
Acostamento: <input type="checkbox"/> SIM <input checked="" type="checkbox"/> NÃO	Guarda-Rodas: <input type="checkbox"/> P.Antigo <input type="checkbox"/> N.Jersey <input type="checkbox"/> Outro	
Larg.Acostamento: _____ m		
GABARITOS		
Para Viaduto: Horizontal _____ m; Vertical _____ m		
Para Ponte s/ Rio Navegável: Horizontal _____ m; Vertical _____ m		
Proteção dos Pilares Contra Choque de Embarcação? <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO		
JUNTAS DE DILATAÇÃO		
Número total de juntas: 6 CADA VIADUTO		
Tipo de vedação: <input type="checkbox"/> Nenhuma; nos pilares / articulação <input type="checkbox"/> Tipo _____ <input type="checkbox"/> Tipo _____		
TRÁFEGO		
VMD: _____ veículos/dia		
Frequência de Carga Móvel ≥ 36 tf: <input type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Média <input type="checkbox"/> Baixa		
Passagem de Cargas Excepcionais: <input type="checkbox"/> Frequente <input type="checkbox"/> Esporádica		

\_\_\_\_\_ /Anexo A (continuação)

## Anexo A (continuação)

Ficha de inspeção cadastral expedita

### 3 CARACTERÍSTICA DA ESTRUTURA

MATERIAIS / SEÇÃO / TIPO

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

COMPONENTE	MATERIAL (CÓDIGO) (VER TABELA 2)	SEÇÃO TIPO (CÓDIGO) (VER TABELA 3)	TIPOS DE APARELHOS DE APOIO	
			Cód.	Descrição
LAJES			FR	Freyssinet
VIGAS PRINCIPAIS			NP	Neoprene
PILARES			TF	Teflon
FUNDAÇÕES			CH	Placa de Chumbo
			RM	Rolo Metálico
			AM	Articulação Metálica
			PD	Pêndulo
			LP	Ligação Pórtico
			TE	Tipo Especial
			NI	Não Informado

#### Aparelhos de Apoio

Apoio →													
Tipo →													

Obs.: para tipos de aparelhos de apoio ver tabela acima.

#### PARTICULARIDADES

Número de Vãos: _____	Altura da Viga no Apoio (m): _____	Extrem. Inicial: <input type="checkbox"/> ENCONTRO <input type="checkbox"/> BALANÇO
Número de Juntas Gerber: _____	Altura da Viga no Vão (m): _____	Extrem. Final: <input type="checkbox"/> ENCONTRO <input type="checkbox"/> BALANÇO
Comprimento do Vão Maior (m): _____	Altura Máxima de Pilar (m): _____	Laje de Aprox.: <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO

Comentários: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

### 4 OUTROS ASPECTOS

Desnível Max entre Greide e Terreno _____ m	As Fundações encontram-se em Solo Mole? <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO
Lâmina D'água: Normal _____ m na Cheia _____ m	A vibração da Estrutura é Excessiva? <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO
O Meio Ambiente é Agressivo? <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO	O Regime do Rio é Torrencial? <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO
A Seção de Vazão é Adequada? <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO	O Leito do Rio é Erodível? <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO
Existe Drenagem no interior do caixão? <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO	Histórico da Manutenção: <input type="checkbox"/> Boa <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Ruim

ROTAS ALTERNATIVAS:  EXISTEM  NÃO EXISTEM Acréscimo de Distância: \_\_\_\_\_ km  
 Descrição do Itinerário: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

#### INSPEÇÃO ROTINEIRA (PARÂMETROS):

Melhor Época para Vistorias: \_\_\_\_\_  
 Periodicidade:  Normal (2 anos)  Reduzida (1 ano)  Dilatada (4 anos)  Especial (Consultor)  
 Especial (L ≥ 200m)  Especial (Equipamento)  Parcial  
 Acesso:  Direto / Binóculo: Vãos \_\_\_\_\_  Equipamento Especial: Vãos \_\_\_\_\_  
 Interior de Viga Celular:  Acessível  Não Acessível

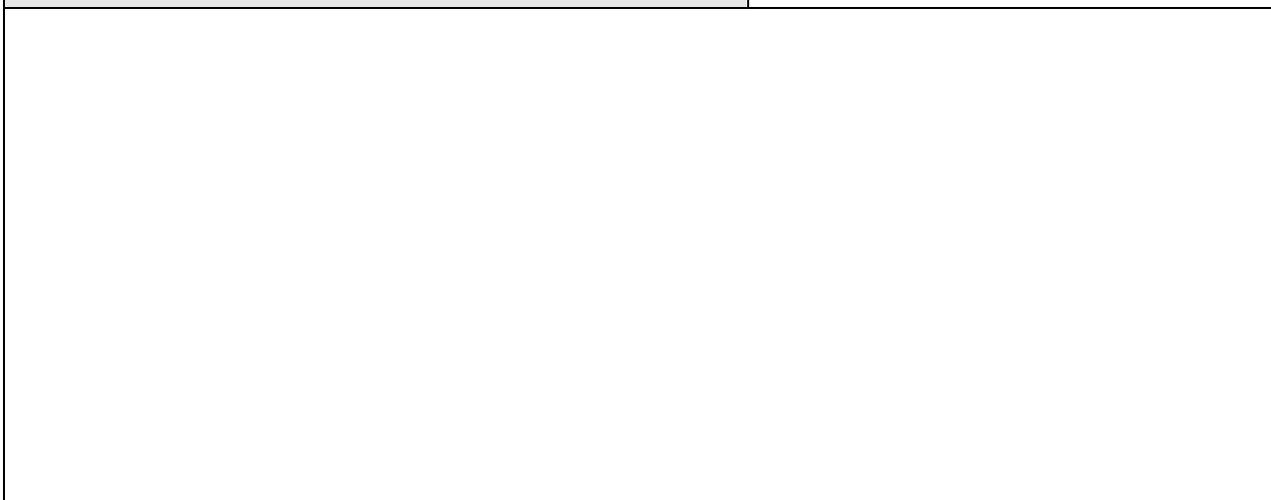
Comentários: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**Anexo A (continuação)**

Ficha de inspeção cadastral expedida

**5 ESTRUTURA / ESQUEMAS**

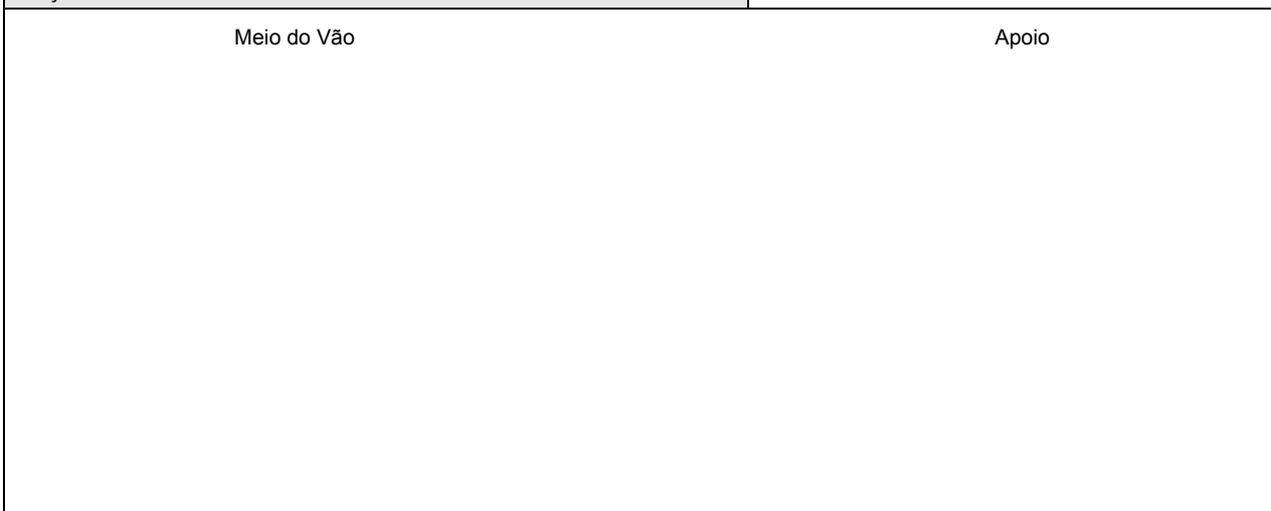
ESQUEMA LONGITUDINAL



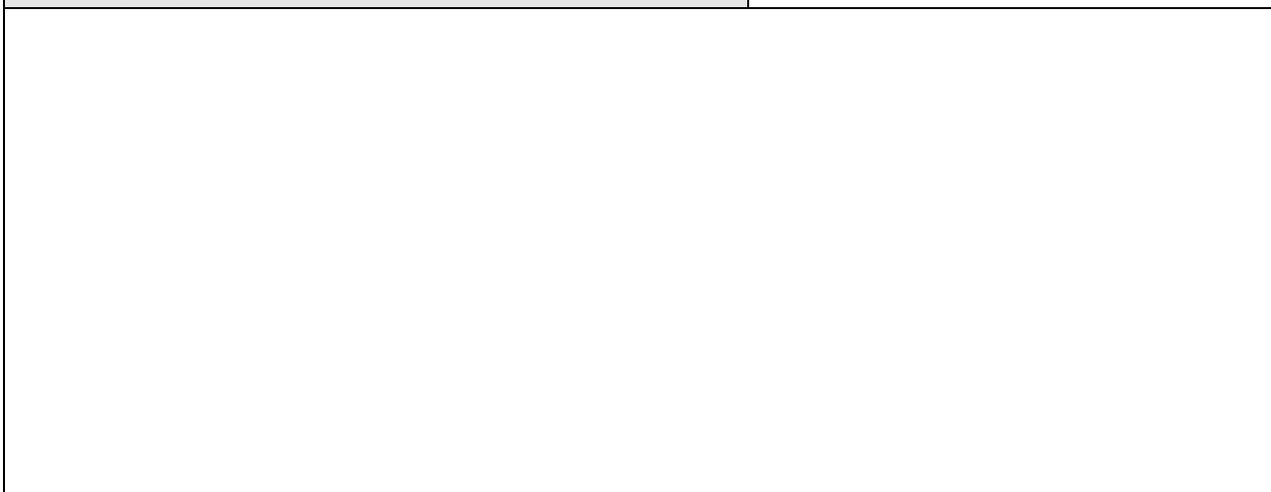
SEÇÃO TRANSVERSAL

Meio do Vão

Apoio



DETALHES ADICIONAIS



\_\_\_\_\_/Anexo A (continuação)

## Anexo A (continuação)

Ficha de inspeção cadastral expedita

TABELA 1.A - TIPOS DE ESTRUTURAS	
1	Viga de Concreto Armado
2	Viga de Concreto Protendido
3	Viga e Laje Metálicas
4	Mista (Viga Metal e Laje Concreto)
5	Arco Inferior de Concreto Armado
6	Arco Inferior de Concreto Protendido
7	Arco Inferior Metálico
8	Arco Superior de Concreto Armado
9	Arco Superior de Concreto Protendido
10	Arco Superior metálico
11	Arco de Alvenaria de Pedra
12	Treliça Metálica
13	Laje de Concreto Armado
14	Laje de Concreto Protendido
15	Madeira
16	Estaiada com Vigamento Metálico
17	Estaiada com Vigamento C. Protendido
18	Pênsil
99	Não Informado

TABELA 1.B - SISTEMAS CONSTRUTIVOS	
1	Moldado no Local
2	Pré-moldado de Concreto Armado
3	Pré-moldado Protendido (Pós-tensão)
4	Pré-moldado Protendido (Pré-tensão)
5	Balanços Progressivos c/ Continuidade
6	Balanços Progressivos c/ Articulações
7	Aduelas Pré-moldadas
8	Viga Calha Pré-moldada (Sist. Protótipo)
9	Ponte Empurrada
10	Estaiado em avanços progressivos
11	Não Informado

TABELA 1.C - NATUREZA DA TRANSPOSIÇÃO	
1	Ponte
2	Pontilhão
3	Viaduto de Transposição de Rodovia
4	Viaduto sobre Ferrovia
5	Viaduto sobre Rodovia / Rua
6	Viaduto em Encosta
7	Passagem Inferior
8	Passarela de Pedestre
9	Não Informada

TABELA 2 - MATERIAIS			
LAJE, VIGAS PRINC. e PILARES		FUNDAÇÃO	
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	CÓDIGO	DESCRIÇÃO
CA	Concreto Armado	CA	Concreto
CP	Concreto Protendido	EMS	Estaca Moldada "IN SITU"
AC	Aço	EPC	Estaca Pré-moldada
MD	Madeira	EPM	Estaca de Perfil Metálico
PD	Pedra Argamassada	ETM	Estaca Tubular Metálica
		EM	Estaca de Madeira
		IG	Ignorada

TABELA 3 - SEÇÃO TIPO					
VIGAS PRINCIPAIS		PILARES		FUNDAÇÕES	
CÓD.	DESCRIÇÃO	CÓD.	DESCRIÇÃO	CÓD.	DESCRIÇÃO
2T	2 Vigas "T"	1TP	Único Tipo Parede ou Encontro	DI	Direta
3T	3 Vigas "T"	1SV	Único Seção Vazada	BE	Bloco de Estacas
4T	4 ou mais Vigas "T"	1VT	Único Vazado com Travessa	BT	Bloco de Tubulões
2I	2 Vigas "I"	2CI	2 Colunas Isoladas	TC	Tubulões Contraventados
3I	3 Vigas "I"	2CC	2 Colunas Contraventadas	EE	Estaca Escavada
4I	4 ou mais Vigas "I"	2CT	2 Colunas com Travessas	IG	Ignorada
VC	Viga Caixaão	3CI	3 ou mais Colunas Isoladas		
LM	Laje Maciça	3CC	3 ou mais Colunas Contraventadas		
VI	Vigas Invertidas	3CT	3 ou mais Colunas com Travessas		
VL	Vigas Calhas	TE	Tipo Especial		
TE	Tipo Especial				



## Anexo B (continuação)

Ficha de inspeção rotineira expedita

	Nota Técnica:	Local	Quantidade (Opcional)
<b>3. MESOESTRUTURA</b>	<input type="checkbox"/>		
Armadura Exposta	<input type="checkbox"/> Muito Oxidada <input type="checkbox"/> Muita Intensidade <input type="checkbox"/> Forte Infiltração		
Concreto Desagregado	<input type="checkbox"/> Grande Incidência <input type="checkbox"/> Grande Incidência <input type="checkbox"/> Grande Incidência		
Fissuras	<input type="checkbox"/> Danificado <input type="checkbox"/> Má Qualidade		
Aparelho de Apoio	<input type="checkbox"/> Ausente/Pouco <input type="checkbox"/> Há		
Aspecto do Concreto	<input type="checkbox"/> Forte		
Cobrimento			
Desaprumo			
Deslocabilidade dos Pilares			

	Nota Técnica:	Local	Quantidade (Opcional)
<b>4. INFRAESTRUTURA</b>	<input type="checkbox"/>		
Recalque de Fundação	<input type="checkbox"/> Há		
Deslocamento de Fundação	<input type="checkbox"/> Há		
Erosão Terreno de Fundação	<input type="checkbox"/> Há		
Estacas Desenterradas	<input type="checkbox"/> Há		

	Nota Técnica:	Local	Quantidade (Opcional)
<b>5. PISTA / ACESSO</b>	<input type="checkbox"/>		
Irregularidades no Pav.	<input type="checkbox"/> Muita Intensidade <input type="checkbox"/> Faltando/Inoperante		
Junta de Dilatação	<input type="checkbox"/> Grande Extensão <input type="checkbox"/> Muito Problemática		
Acessos X Ponte	<input type="checkbox"/> Degrau Acentuado <input type="checkbox"/> Concordância Problem.		
Acidentes com Veículos	<input type="checkbox"/> Frequente <input type="checkbox"/> Eventual		

ESQUEMAS

## Anexo C (normativo)

### Instruções para atribuição de notas de avaliação

(Para a avaliação de elementos de pontes com função estrutural, conforme o Sistema SGO v3 para gerenciamento de pontes no DNIT)

Será atribuída a cada elemento componente da ponte uma nota de avaliação, variável de 1 a 5, a qual refletirá a maior ou a menor gravidade dos problemas existentes no elemento. O quadro a seguir correlaciona essa nota com a categoria dos problemas detectados no elemento.

NOTA	DANOS NO ELEMENTO / INSUFICIÊNCIA ESTRUTURAL	AÇÃO CORRETIVA	CONDIÇÕES DE ESTABILIDADE	CLASSIFICAÇÃO DAS CONDIÇÕES DA PONTE
5	Não há danos nem insuficiência estrutural	Nada a fazer.	Boa	Obra sem problemas
4	Há alguns danos, mas não há sinais de que estejam gerando insuficiência estrutural	Nada a fazer; apenas serviços de manutenção.	Boa	Obra sem problemas importantes
3	Há danos gerando alguma insuficiência estrutural, mas não há sinais de comprometimento da estabilidade da obra.	A recuperação da obra pode ser postergada, devendo-se, porém, neste caso, colocar-se o problema em observação sistemática.	Boa aparentemente	Obra potencialmente problemática Recomenda-se acompanhar a evolução dos problemas através das inspeções rotineiras, para detectar, em tempo hábil, um eventual agravamento da insuficiência estrutural.
2	Há danos gerando significativa insuficiência estrutural na ponte, porém não há ainda, aparentemente, um risco tangível de colapso estrutural.	A recuperação (geralmente com reforço estrutural) da obra deve ser feita no curto prazo.	Sofrível	Obra problemática Postergar demais a recuperação da obra pode levá-la a um estado crítico, implicando também sério comprometimento da vida útil da estrutura. Inspeções intermediárias <sup>1</sup> são recomendáveis para monitorar os problemas.
1	Há danos gerando grave insuficiência estrutural na ponte; o elemento em questão encontra-se em estado crítico, havendo um risco tangível de colapso estrutural.	A recuperação (geralmente com reforço estrutural) - ou em alguns casos, substituição da obra - deve ser feita sem tardar.	Precária	Obra crítica Em alguns casos, pode configurar uma situação de emergência, podendo a recuperação da obra ser acompanhada de medidas preventivas especiais, tais como: restrição de carga na ponte, interdição total ou parcial ao tráfego, escoramentos provisórios, instrumentação com leituras contínuas de deslocamentos e deformações etc.

(1) Inspeções Intermediárias, no presente contexto, significa novas Inspeções a intervalos de tempo inferiores aos normais.

Obs.: A nota final da ponte corresponde a menor dentre as notas recebidas pelos seus elementos com função estrutural.