



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

LARISSA LOPES DE LIMA

**AVALIAÇÃO PATOLÓGICA EM OBRAS DE ARTE ESPECIAIS
UTILIZANDO A METODOLOGIA GDE/UnB.**

Brasília-DF

2018

LARISSA LOPES DE LIMA

**AVALIAÇÃO PATOLÓGICA EM OBRAS DE ARTE ESPECIAIS
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

LARISSA LOPES DE LIMA

**AVALIAÇÃO PATOLÓGICA EM OBRAS DE ARTE ESPECIAIS
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. MSc. Érika Regina Costa Castro
Examinadora interna

Prod. MSc. Letícia Pereira de Moraes
Examinadora interna

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho primeiramente a Deus, magnificamente o maior engenheiro de todos, agradeço pelo seu amor, graça e misericórdia.

As minhas amadas avós (in memoriam), pela existência de meus pais, pois sem eles este trabalho e muito dos meus sonhos não se realizariam.

À minha amada família, consolo sempre presente em todos os momentos difíceis enfrentados ao decorrer dessa árdua caminhada.

Aos meus pais, Hércules Lima e Kátia Lopes pela provisão e sustento em toda minha jornada e por acreditarem em meu potencial mesmo quando nem eu acreditei.

As minhas irmãs, Luiza Lopes e Nathália Lopes pois a vida sem vocês não teria sentido.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à professora Gabriela Bahia, não só pela orientação e dedicação, mas por não desistir deste trabalho mesmo diante das inúmeras dificuldades.

À professora Erika Regina, pelas dicas e lições tão valiosas e por tranquilizar o meu coração em diversas fases difíceis da graduação.

A instituição e todos os professores que fizeram parte da minha formação acadêmica e que ao longo dos anos contribuíram com conhecimento para esta pesquisa, em especial, ao coordenador Jocinez Nogueira Lima por além de ser um profissional honrável ser totalmente acessível e humano.

Aos amigos da faculdade, pelos bons e “sofridos” momentos compartilhados em sala de aula. Em especial Andrezza Amoras, Daniel Ázara, Izabella Lopes e Gustavo Afonso, pelo companheirismo.

Ao meu amigo e colega de profissão, Gabriel Giacometti Salomão pela preocupação e disponibilidade em ajudar ao decorrer da caminhada universitária.

A todos que de alguma forma contribuíram para a conclusão desse curso e para minha jornada rumo ao mercado de trabalho, muitíssimo obrigada!

“Limpar as lentes da vida, nunca deixando a dor ser o destino, mas sim o processo, isso nos leva a viver em esperança.

A esperança tem duas filhas lindas, a indignação e a coragem; a indignação nos ensina a não aceitar as coisas como estão; a coragem, a mudá-las”.

(Aurelius Augustinus)

RESUMO

Pontes, túneis e viadutos são obras que preveem solicitações e esforços diferentes das estruturas comuns e assim são chamadas de Obras de Arte Especiais (OAEs). Essas grandes construções são projetadas e executadas para que atendam aos critérios de durabilidade, funcionalidade e tenham estética agradável durante sua vida útil. Para que tais critérios sejam atendidos é imprescindível que um plano constante de manutenção seja estabelecido, visto que manutenções falhas ou realizadas no período incorreto, e até mesmo a falta de um parâmetro adequado para defini-las e prioriza-las, são responsáveis por danos encontrados na estruturas. Com base nesses aspectos, o estudo tem como objetivo avaliar o grau de deterioração dos viadutos da 111/112 e 211/212 sul, localizados em Brasília- DF, utilizando a metodologia de manutenção de estruturas de concreto armado, proposta por Castro (1994), que quantifica o grau de deterioração dos elementos de forma isolada e, posteriormente, da estrutura, de modo geral, embasada em fatores que ponderam a intensidade e a relevância das manifestações patológicas. Com base na análise supracitada o viaduto analisado foi classificado com grau de deterioração médio sendo recomendado observação periódica e necessidade de intervenção a médio prazo.

PALAVRAS-CHAVE: Obras de Arte Especiais. Manutenção. Manifestações Patológicas.

ABSTRACT

Bridges, tunnels and viaducts are civil works that envisages different requests and efforts from ordinary structures, therefore, they are called Special Structures. These large constructions are designed and executed to meet the durability and functionality criteria, also have pleasant aesthetics during its lifetime. In order to obtain such standards, it is indispensable to establish a recurring maintenance plan, since failed repairs, done at the wrong time or even the lack of a suitable parameter to define and prioritize them, are responsible for damages. Based on these critical aspects, the study main intention is to evaluate degrees of deterioration at the 111/112 and 211/212 South viaducts, in Brasília-DF, using the maintenance of reinforced concrete structures methodology, proposed by Castro(1994), that quantifies the elements deterioration separately and, subsequently, the structural, considering the intensity and relevance of pathological manifestations. Substantiated by the aforesaid analysis, the viaducts were classified with medium degrees of deterioration, being recommended periodic observation and necessity of medium term intervention.

KEYWORDS: Special Structures. Maintenance. Pathological Manifestations.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Manchas de mofos causadas por infiltração.....	21
Figura 2: Eflorescência no concreto.	22
Figura 3: Segregação no concreto.	22
Figura 4: Cobrimento insuficiente.	23
Figura 5 - Classificação da Corrosão	23
Figura 6 - Fissura na estrutura de concreto.....	24
Figura 7: Esquema da carbonatação.....	24
Figura 8 - Manchas de Infiltração.....	25
Figura 9 – Desagregação no pilar de concreto.....	26
Figura 10: Fluxograma da metodologia para fins de cálculo de grau de deterioração (Gd)	28
Figura 11 - Gráfico das fases de iniciação e propagação do dano.....	35
Figura 12 : Vista superior dos viadutos da 111/112 e 211/212 sul.	41
Figura 13: Vista do viaduto submetido à análise de deterioração.....	41
Figura 14: Vista cortina armada com acesso para quadra 111/112 sul.	42
Figura 15 : Elemento de composição arquitetônica e segurança do viaduto....	42
Figura 16: Elemento de composição arquitetônica e segurança do viaduto.....	43
Figura 17 - Fluxograma da metodologia utilizada nos viadutos	44
Figura 18 - Elemento de composição arquitetônica.....	46
Figura 19- Vista do elemento de segurança e composição arquitetônica	46
Figura 20 Desplacamento do revestimento cerâmico no teto.....	47
Figura 21 - Desplacamento próximo as juntas de dilatação.....	47
.Figura 22: Desplacamento cerâmico por escoamento da água da chuva.....	48
Figura 23 - Armadura exposta.....	48

LISTA DE QUADRO

Quadro 1- Família de elementos estruturais, danos e fatores de ponderação (Fp)	30
Quadro 2- Famílias de elementos estruturais, danos e fatores de ponderação (Fi).....	31
Quadro 3: Fator de intensidade do dano (Fi)	31
Quadro 4- Tabela do fator de intensidade do dano.....	32
Quadro 5 - Classificação dos níveis de deterioração dos elementos.	37
Quadro 6: Fator de relevância estrutural da família de e elementos (Fr)	38
Quadro 7 - Classificação dos níveis de deterioração da estrutura.....	39
Quadro 8: Cálculo do Grau de deterioração do elemento de Composição arquitetônica (Gde)	49
Quadro 9: Cálculo do grau de deterioração das juntas de dilatação.	50
Quadro 10 – Quadro do Gde das Cortinas dos Viadutos.....	50
Quadro 11 - Grau de deterioração da estrutura.....	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CO2	Dióxido de Carbono
DF	Distrito Federal
D	Grau do Dano
DER	Departamento de Estradas de Rodagem
Di	Grau de Dano de Ordem (i)
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
Fi	Fator de Intensidade do Dano
Fp	Fator de ponderação do Dano
Fr	Fator de Relevância Estrutural da Família
Gd	Grau de Deterioração da Estrutura
Gde	Grau de Deterioração do Elemento
Gdf	Grau deterioração da Família
Fp	Fator de Ponderação
Fi	Fator de Intensidade
Fr	Fator de Relevância
NBR	Norma Brasileira
OAE	Obra de Arte Especial
UnB	Universidade de Brasília

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVO	14
2.1 Geral	14
2.2 Específico.....	14
3 JUSTIFICATIVA.....	15
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
4.1 Obras de arte especiais	16
4.2 Inspeções	16
4.2.1 Inspeção cadastral	17
4.2.2 Inspeção rotineira	17
4.2.3 Inspeção extraordinária	17
4.2.4 Inspeção especial.....	17
4.2.5 Inspeção intermediária	17
4.3 Vida útil e Durabilidade.....	18
4.4 Manifestações Patológicas.....	19
4.4.1 Manifestações patológicas geradas na etapa de concepção da estrutura (projeto) 19	
4.4.2 Manifestações Patológicas geradas na etapa de execução da estrutura (construção)	19
4.4.3 Manifestações patológicas geradas na etapa de utilização da estrutura (manutenção)	20
4.5 Classificação das causas das patologias em concreto	20
4.5.1 Causas químicas.....	20
4.5.2 Causas físicas	21
4.6 Manifestações patológicas frequentes em obras de concreto armado.....	21
4.6.1 Manchas.....	21
4.6.2 Segregação	22
4.6.3 Cobrimento deficiente.....	23
4.6.4 Corrosão da armadura	23
4.6.5 Fissuração	24
4.6.6 Carbonatação.....	24
4.6.7 Infiltração.....	25
4.6.8 Desagregação	25
4.7 Metodologia proposta por Castro.....	26
4.8 Metodologia para manutenção de estruturas de concreto armado.....	27

4.8.1 Classificação da família de elementos	28
4.8.2 Fator de ponderação do dano (Fp).....	29
4.8.3 Fator de intensidade do dano (Fi)	31
4.8.4 Grau do Dano (D).....	35
4.8.5 Grau de deterioração de um elemento	36
4.8.6 Grau deterioração de uma família (Gdf)	37
4.8.7 Fator de relevância estrutural da família de elementos (Fr).....	38
4.8.8 Grau de deterioração da estrutura (Gde)	39
5 CARACTERIAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO	41
6 METODOLOGIA	44
7 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	46
7.1 Análise Visual	46
7.1.1 Fissuras.....	46
7.1.2 Deslocamento do revestimento cerâmico.....	47
7.2 Aplicação da metodologia GDE/UnB	49
7.2.1 Análise do Elemento de Composição Arquitetônica.....	49
7.2.2 Análise das Juntas de Dilatação	49
7.2.3 Análise das Cortinas.....	50
7.2.4 Grau de deterioração da estrutura	51
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	52
9 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS.....	53
REFERÊNCIAS.....	54
ANEXO.....	56

1 INTRODUÇÃO

O ser humano, desde sua origem, buscou suprir sua necessidade de obter um local que fosse seguro para sua sobrevivência. Devido à falta de conhecimento na área da construção civil, as obras eram feitas a partir de práticas que foram passadas de geração em geração.

Por ser necessário, pois era completamente útil para evolução humana, a construção civil foi se aperfeiçoando ao longo do tempo e se antes as técnicas utilizadas eram empiristas, agora resultavam em amplas técnicas de construção respaldadas em estudos inerentes às estruturas dessas obras e posteriormente estudos a respeito dos materiais apropriados para a construção civil.

Acreditava-se que o concreto mantinha suas características físicas e químicas iniciais para o resto da vida, resultando no pensamento de que o concreto não se deteriorava. (COSTA, 2016).

O concreto armado é o material mais utilizado para a construção de obras de arte especiais, não só no Brasil, mas também em outros países devido as suas propriedades relativas à resistência mecânica. Entretanto, os estudos aplicados à engenharia civil até então, não se destinavam à durabilidade e vida útil dos materiais utilizados nas obras, e nem sobre a origem manifestações patológicas.

Deste modo, a patologia é dada como ciência experimental que envolve conhecimentos multidisciplinares nas diversas áreas da engenharia, sendo definida, por Helene (1992) como o estudo dos sintomas, dos mecanismos, das causas e das origens dos defeitos das construções civis.

Por fim, objetivando a análise dos danos patológicos em estruturas de concreto armado, o trabalho propõe a análise dos viadutos da 111/112 e 211/212 sul de acordo com a metodologia GDE/UnB, visando uma avaliação quantitativa do desempenho estrutural de maneira que os danos causados pelas manifestações patológicas encontradas sejam observados de forma mais objetiva.

2 OBJETIVO

2.1 Geral

Avaliar de acordo com a metodologia GDE/UnB as manifestações patológicas dos viadutos da 111/112 e 211/212 sul localizados em Brasília- DF e classifica-los quanto ao grau de deterioração das estruturas.

2.2 Específico

- Inspeccionar os viadutos da 111/112 e 211/212 sul de acordo com as normativas do Departamento Nacional de Infraestruturas e Transporte (DNIT);
- Aplicar a metodologia GDE de forma a classificar o grau de deterioração dos viadutos analisados;
- Identificar as principais anomalias e apontar possíveis causas;
- Recomendar a realização das manutenções preventivas para respectiva Obra de Arte Especial.

3 JUSTIFICATIVA

O crescimento do sistema viário associado à ausência crônica de manutenção em estruturas como pontes e viadutos têm causado inúmeros prejuízos, em termos econômicos e de segurança, aos cidadãos brasileiros. Segundo a Cartilha de Manutenção Das Obras De Arte Especiais (OAE) do CREA-RS, é notório que a ausência de gerenciamento e o baixo investimento público em manutenção preventiva diminuem a vida útil e aumentam o custo de recuperação e o risco de colapso das obras de arte especiais.

É partindo deste déficit de manutenção, que a importância desse tema é respaldada, pois visa a realização de uma inspeção adequada para obras de arte especiais, a identificação das principais anomalias e apontamento das seguintes causas, análise e identificação das manifestações patológicas encontradas nos viadutos da 111/112 e 211/212 sul e uma posterior recomendação de manutenção; gerando maior conforto e segurança aos usuários.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nos itens seguintes serão expostos os principais conceitos que envolvem o levantamento e análise de manifestações patológicas que surgem em estruturas de concreto armado, em particular as inerentes às OAEs.

4.1 Obras de arte especiais

A Engenharia Civil, ciência que tem como objetivo solucionar problemas é também ciência que executa obras de variados tipos e tamanhos, desde casas populares à arranha-céus, apresenta dentro da sua variedade de obras as pontes, viadutos e túneis como Obras de Arte Especiais.

Essas estruturas não convencionais que têm por característica transpor obstáculos, à continuidade de uma via, e que por suas proporções e características exigem projetos específicos.

Em geral, são obras que apresentam mais especificidades. Além disso, é exigido do engenheiro uma experiência profissional na elaboração e execução de projetos, uma vez que as OAEs são estruturas ímpares no setor de infraestrutura da construção civil.

4.2 Inspeções

Objetivando o controle sobre a realidade da vida útil das OAEs já construídas, é necessário que haja um acompanhamento efetivo, realizado por meio de inspeções direcionadas pela NBR 010/2004-PRO do manual de manutenção de obras de artes especiais Departamento Nacional de Infraestruturas e Transportes (DNIT). A ABNT 16230/2013 – Inspeção de Estruturas de Concreto Armado fornece também diretrizes para a realização de inspeções nesse tipo de estrutura.

O referente manual de pontes do DNIT (2004) tem como intuito listar as principais patologias das pontes rodoviárias em concreto armado, convencional ou protendido, identificando-as e indicando ações preventivas e recuperativas.

A análise patológica é respaldada com cinco tipos de inspeções, citadas a seguir, para que as OAEs tenham condições satisfatórias de operação.

4.2.1 Inspeção cadastral

Essa primeira inspeção possui o objetivo de documentar os informes construtivos e deve ser executada logo após a construção da estrutura ou quando constatada a necessidade de alargamento e reforços (DNIT, 2004).

Nessa inspeção utilizam-se os dados coletados, a planta da estrutura e todos os informativos construtivos da obra em análise.

4.2.2 Inspeção rotineira

A segunda inspeção, comumente chamada de Inspeção Rotineira, é programada, geralmente a cada dois anos, a fim de constatar anomalias e alterações em relação à inspeção anterior.

São visuais e não há a necessidade do uso de equipamentos especiais, utilizando apenas os registros fotográficos e uma ficha de inspeção rotineira que se encontra no Anexo A, B e C deste trabalho.

4.2.3 Inspeção extraordinária

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

4.2.4 Inspeção especial

A Inspeção Especial (DNIT-PRO, 010/2004) é realizada a cada cinco anos ou sempre que visto a necessidade na realização da inspeção rotineira. Os registros fotográficos e as fichas das inspeções rotineiras também são matérias de uso dessa inspeção.

4.2.5 Inspeção intermediária

Uma vez que a OAE vistoriada apresente sinais de esforços imprevistos, comportamento problemático ou uma estrutura com grande porte ou sistema estrutural excepcional, deve-se realizar uma Inspeção Intermediária, de acordo com o DNIT.

(2004). A inspeção deve ocorrer sob acompanhamento de engenheiro especializado em estruturas.

4.3 Vida útil e Durabilidade

De acordo com a ISO 6241:1984, durabilidade é o resultado da interação entre a estrutura de concreto, o ambiente e as condições de uso, de operação e de manutenção. Logo, não é uma propriedade característica da estrutura ou do concreto, visto que uma mesma estrutura pode se comportar de maneiras distintas em ambientes diferentes ou submetida a diferentes solicitações.

Dentro deste contexto, a durabilidade pode ser definida como a capacidade de uma estrutura ou edificação de preservar o desempenho acima dos graus mínimos preliminarmente especificados de forma que atenda às condições dos usuários para a finalidade para qual foi arquitetada, ponderando, ainda, suas condições de exposição.

A compreensão da durabilidade das estruturas é elementar para prever o comportamento do concreto no decorrer de sua vida útil, além de antecipar e prevenir manifestações patológicas.

De acordo com a NBR6118 (2014,p. 15):

Por vida útil de projeto, entende-se de vida útil de projeto o período de tempo durante o qual se mantêm as características das estruturas de concreto, desde que atendidos os requisitos de uso e manutenção prescritos pelo projetista e pelo construtor, bem como de execução dos reparos necessários decorrentes de danos acidentais.

Para que a estrutura consiga ter uma longa durabilidade, é preciso realizar sempre as manutenções preventivas e corretivas. Segundo Neville (2016), a durabilidade não quer dizer que a estrutura terá uma vida ilimitada, nem muito menos que a resistência do concreto resistirá a qualquer ação.

Para estruturas usuais de edificação, as normas de projetos geralmente consideram uma vida útil de no mínimo 50 (cinquenta) anos, contudo, obras com uma importância de maior relevância podem se estabelecer um método correspondente a sua vida útil, como por exemplo, 100 (cem) anos (Araújo, 2014).

4.4 Manifestações Patológicas

Entende-se por patologia do concreto armado a ciência que estuda os sintomas, mecanismos, causas e origens dos problemas patológicos encontrados nas estruturas de concreto armado. Lembrando que para um dano qualquer, existe a possibilidade de vários fatores serem responsáveis. Estes danos podem vir apenas a causar incômodos para aqueles que irão utilizar a estrutura, tais como pequenas infiltrações, como pode levar à estrutura ao colapso (HELENE, 1988).

Segundo Ripper (1998, p.14):

Os problemas patológicos simples são os que admitem padronização, podendo ser resolvidos sem que o profissional responsável tenha obrigatoriamente conhecimentos altamente especializados. Já os problemas patológicos complexos não convivem com mecanismos de inspeção convencionais e esquemas rotineiros de manutenção, obrigando a uma análise pormenorizada e individualizada do problema, sendo então necessários profundos conhecimentos das Estruturas.

Desta maneira, dividem-se as manifestações patológicas da seguinte forma:

4.4.1 Manifestações patológicas geradas na etapa de concepção da estrutura (projeto)

As manifestações patológicas podem ocorrer quando há, na fase de concepção de uma estrutura, uma escolha inadequada de um terreno, ensaios insuficientes e ainda quantidade insuficiente de ensaios. As complicações geradas nessa etapa são mais complexas e incômodas para serem solucionadas.

Souza e Ripper (1998) destacam que geralmente os empecilhos e o fator custo para curar uma estrutura com danos originários de falhas da concepção do projeto, são proporcionais à antiguidade da falha, ou seja, erros no início da concepção e levados adiante nas outras etapas, tendem a causar um maior prejuízo.

4.4.2 Manifestações Patológicas geradas na etapa de execução da estrutura (construção)

Tendo como fase subsequente a etapa de execução da estrutura, as manifestações patológicas surgem quando se dá início à execução do projeto antes mesmo de elaboração projeto e de estudos relevantes para essa fase, como por exemplo o planejamento das atividades a serem realizadas e o cronograma de

finalização de cada etapa. As manifestações nessa fase são oriundas também da mão de obra inadequada e da pouca qualidade dos materiais. Os responsáveis técnicos e colaboradores podem evitar essas manifestações patológicas estando totalmente atentos ao projeto.

4.4.3 Manifestações patológicas geradas na etapa de utilização da estrutura (manutenção)

Levando em consideração que a etapa anterior da obra tenha tido uma boa execução, ainda assim, podem ocorrer problemas patológicos advindos de falhas como manutenções mal realizadas e também pela falta da manutenção preventiva.

Das falhas que vêm a prejudicar as estruturas nessa etapa, as mais comuns são: infiltração em lajes de cobertura e marquises, entupimento de drenos por falta de limpeza, causando sobrecarga na estrutura podendo leva-la ao colapso pelo acúmulo de água.

Vale ressaltar que a manutenção preventiva da estrutura é o meio mais econômico e eficaz para evitar que haja problemas com a estrutura.

4.5 Classificação das causas das patologias em concreto

No decorrer dos anos o concreto armado deteriora-se, segundo Castro (1994) essa deterioração ocorre devido a agentes externos, físicos, químicos e biológicos, que podem reagir com os produtos de hidratação do cimento. Com tal afirmativa, classificam-se os principais mecanismos de deterioração que podem ocorrer durante a vida útil de uma estrutura de concreto como:

- Causas químicas;
- Causas físicas;
- Fissuração;
- Corrosão da armadura;

4.5.1 Causas químicas

Segundo Andrade (1992), as causas de ataques químicos mais comuns no concreto armado são por eflorescência, ataque por sulfatos, reação álcali-agregado, ataque por ácidos e ataque por água do mar.

Essa degradação ocorre por conta da permeabilidade do concreto, no qual em seus poros penetram fluidos agressivos que geram como efeito a expansão e a cristalização dos seus componentes.

4.5.2 Causas físicas

Castro (1994), afirma que as principais ações físicas que produzem a deterioração do concreto armado são ações de gelo-degelo, erosão e abrasão do concreto.

De acordo com (ALBUQUERQUE;LÜKE,2013,p.21):

Já as causas físicas, da deterioração do concreto, podem ser subdivididas em duas categorias, sendo elas: Desgastes superficial (ou perda de massa) por causa da abrasão, da erosão e da cavitação;
Fissuração em razão de gradientes normais de temperatura e umidade, pressões de cristalização de sais nos poros, carregamento estrutural e exposição a extremos de temperaturas, tais como congelamento ou fogo.
(ALBUQUERQUE; LÜKE,2013,p.21)

4.6 Manifestações patológicas frequentes em obras de concreto armado

4.6.1 Manchas

Provocadas pela ação de fungos ou mofos, como mostrado na Figura 1, em especial em áreas externas, e que se encontram sujeitas a maior exposição à umidade e/ou à luz solar.

Figura 1: Manchas de mofos causadas por infiltração.



Fonte: Nascimento (2012).

Segundo Uemoto (1988), o termo eflorescência, mostrado na Figura 2 tem como significado a formação de depósito salino na superfície de alvenarias, isto sendo resultado da exposição de intempéries.

Figura 2: Eflorescência no concreto.



Fonte: www.mapadaobra.com.br

4.6.2 Segregação

É chamada de segregação a mistura heterogênea, Figura 3, entre os elementos constituintes do concreto (brita e argamassa). Esse fato ocorre por excesso de vibração durante o adensamento, lançamento do concreto em alturas elevadas ou etc.

Figura 3: Segregação no concreto.



Fonte: Reis (2017).

4.6.3 Cobrimento deficiente

Pode ser ocasionado devido à realização indevida no serviço de cobrimento da armadura do concreto e também a falta de fiscalização dessa etapa construtiva, é possível que a situação mostrada na Figura 4, onde a armadura encontra-se exposta e suscetível as ações externas aconteçam.

Figura 4: Cobrimento insuficiente.

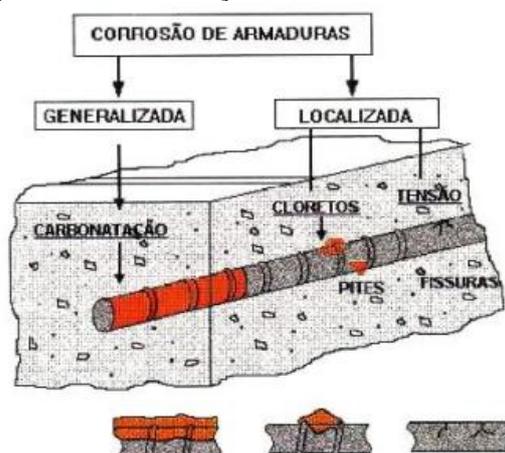


Fonte: Equipe SH, (2015).

4.6.4 Corrosão da armadura

Conforme Andrade (1992), a corrosão pode ser classificada em generalizada e localizada, como mostra a Figura 5. A corrosão generalizada é caracterizada pela corrosão de toda a superfície do metal, ocorrendo principalmente, devido à carbonatação. A corrosão localizada é normalmente provocada por cloretos e sulfatos caracterizando-se pelo ataque de pequenas áreas da superfície do metal, denominada também corrosão por pite. Em estruturas protendidas a corrosão por cloretos pode levar à fragilização do aço, também chamada de corrosão sob tensão.

Figura 5 - Classificação da Corrosão



Fonte: Andrade (1992).

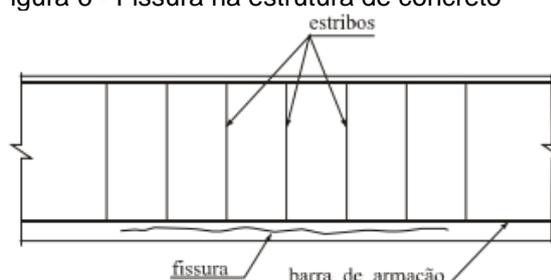
4.6.5 Fissuração

Causadas pela retração do concreto (plástica ou térmica), as fissuras, Figura 6, possuem três características geométricas a serem analisadas: abertura, comprimento e profundidade.

Segundo Castro (1994):

“A presença de fissuras em estruturas de concreto armado não é, necessariamente, indicação de deficiências de resistência ou funcionamento e não deve ser, em geral, causa para alarme, considerando que o concreto estrutural é projetado considerando a possibilidade de fissuração. No entanto, as fissuras devem manter aberturas dentro dos limites permitidos pelas normas e coerentes com o tipo de ambiente dentro do qual está situada a estrutura.”

Figura 6 - Fissura na estrutura de concreto

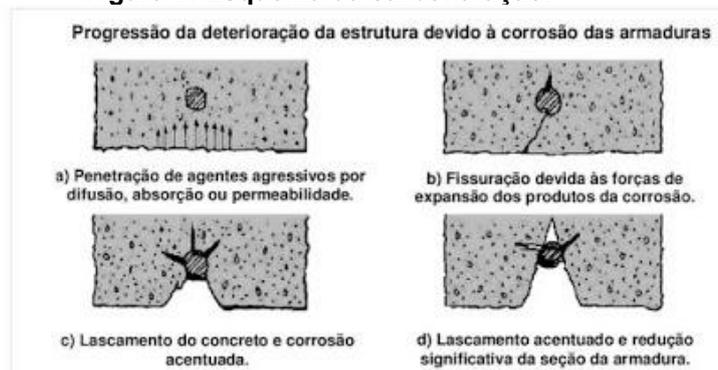


Fonte: Albuquerque; Lüke, (2013).

4.6.6 Carbonatação

É um processo de redução da alcalinidade do concreto que reage com o CO₂, que ao longo do tempo atinge a armadura, despassivando a camada protetora do aço e iniciando um processo de corrosão generalizada, como mostrado na Figura 7.

Figura 7: Esquema da carbonatação.



Fonte: Helene, (1998).

4.6.7 Infiltração

Apontado como um dos maiores problemas que ocorrem nas construções pois a partir da infiltração problemas maiores como corrosão da armadura, eflorescências e a carbonatação.

O início do aparecimento da infiltração na estrutura, Figura 8, começa muitas vezes como manchas, bolhas e mofo, que geram um aspecto visual bastante desagradável. É através da porosidade do concreto que a água se infiltra podendo gerar danos estruturais graves.

A presença de infiltração significa ainda que, a água da chuva esta percorrendo caminhos e desvios causados por rachaduras e fissuras.

Figura 8 - Manchas de Infiltração.



Fonte: Nascimento G1, (2012)

4.6.8 Desagregação

Outro fator patológico é a desagregação, Figura 9, que é a deterioração do concreto por separação de suas partes, provocada, em geral, pela expansão devida á oxidação ou dilatação das armaduras, pelo aumento de volume de concreto quando este absorve água, e também pelas aberturas insuficientes das juntas de dilatação, gerando tensões tangenciais não previstas. Pode ocorrer também devido às movimentações estruturais e choques na estrutura. (LANER, 2001).

Figura 9 – Desagregação no pilar de concreto.



Fonte: Andrade (1994)

4.7 Metodologia proposta por Castro

A metodologia de manutenção de estruturas de concreto armado propõe além da quantificação dos danos, facilitar o estudo das manifestações patológicas existentes em viadutos de concreto armado.

Ao longo de sua história, o homem produziu belíssimas estruturas em engenharia. Essas estruturas trouxeram para a humanidade muito orgulho e trouxeram a sensação, não tão errada, de solidez, robustez e de certa forma uma vitória da humanidade perante algumas leis físicas.

Entretanto sucedeu um efeito colateral: A beleza dessas obras trouxe para nós, juntamente com a ideia de solidez e imponência, a sensação de que grandes obras de engenharia seriam eternas.

Com o passar dos anos foram surgindo diversos problemas estruturais além do aumento da frequência desses danos, ocorrendo em alguns casos acidentes ponderosos.

Essa realidade trouxe então para a engenharia, a preocupação devida de que as estruturas não eram tão duráveis como imaginávamos e que de alguma forma precisava-se trabalhar com o que hoje denomina-se patologia das edificações.

Resultando num estudo de como tratar as edificações para que os problemas que ocorriam e que ocorrem nelas durante a vida útil possam ser minimizados e a pretensa durabilidade possa ser ampliada.

Sem muita subjetividade, forma e critério de avaliação, as discussões sobre o quão a estrutura estava deteriorada foram levantadas. Devido a subjetividade na frequência e periodicidade em que devia ser feita inspeções capazes de diagnosticar as falhas estruturais, reconheceu-se que não havia metodologia específica para tratar essa problemática.

Na última década do século passado já era usual algumas normas internacionais que já levantavam preocupações com a durabilidade, mesmo que também obtivessem uma carência de objetividade.

Segundo CEB(1991, Cap13):

Estruturas projetadas e construídas em conformidade com as provisões deste código devem ser inspecionadas e mantidas tão frequente e cuidadosamente quando possível, tal que elas continuamente preencham todos os requisitos relativos à funcionalidade e segurança pretendidas.

Devido às incertezas sobre o que significaria “frequentemente e cuidadosamente quanto possível”, através de um convênio da Universidade do Rio Grande do Sul e da Prefeitura de Porto Alegre, foi realizado um trabalho de pesquisa encabeçado por Klein, que tentou trazer uma certa objetividade ao problema de se quantificar a quão deteriorada estava uma estrutura.

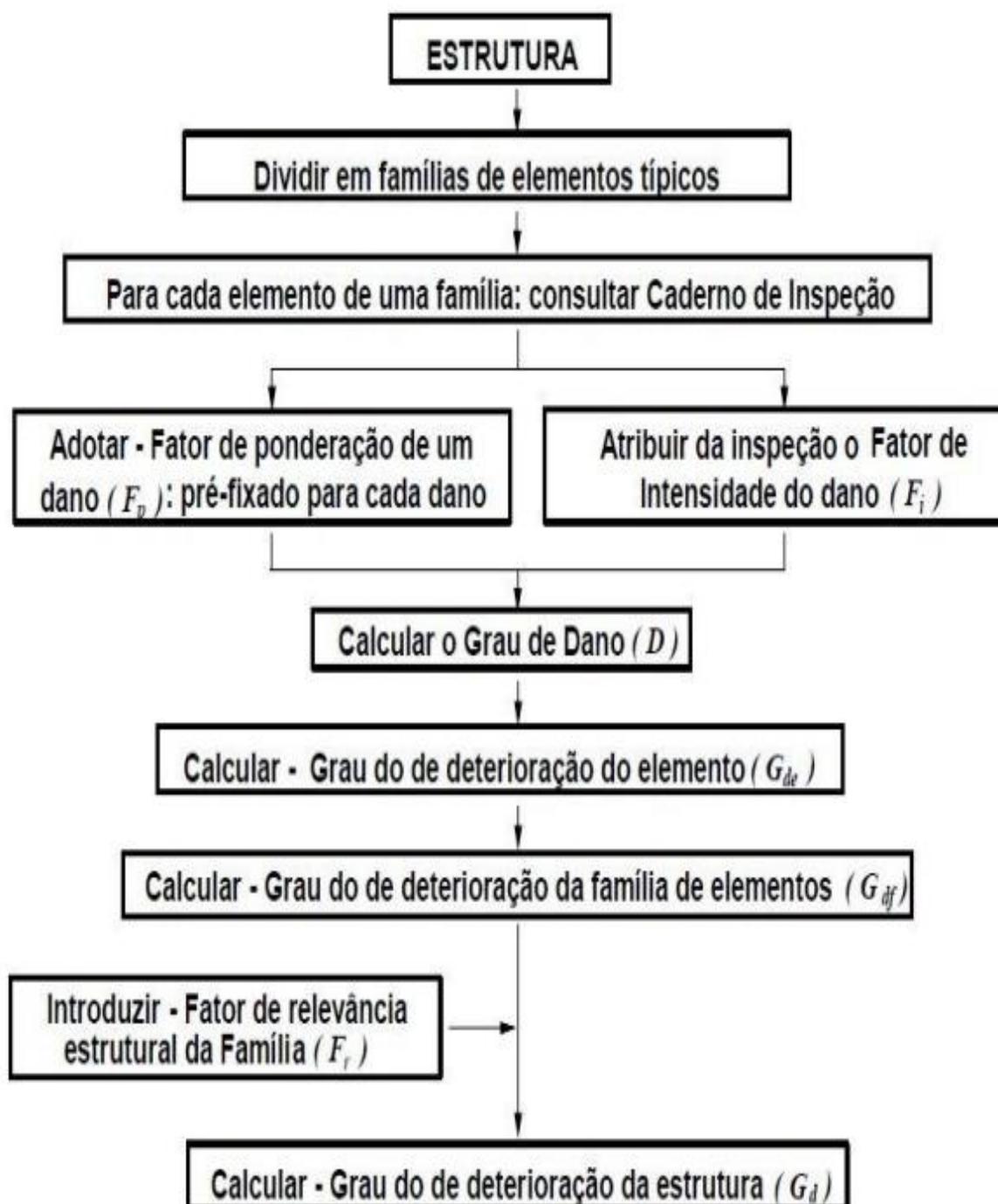
Na metodologia de Klein (1991) já havia elementos importantes que foram depois absorvidos em outras metodologias. Tais como: dividir a estrutura em famílias de elementos, definir periodicidades nas visitas de inspeção da estrutura, atribuir grau de deterioração desses elementos e a partir disso definir um grau de deterioração da estrutura como todo.

A partir da metodologia de Klein (1991) a pesquisadora Eliana Castro (1994) desenvolveu uma metodologia conhecida como GDE/UnB, que visou dar mais objetividade a determinação de um grau de deterioração de estrutura.

4.8 Metodologia para manutenção de estruturas de concreto armado

A metodologia é guiada por um fluxograma, mostrado na Figura 10 que expõe todos os procedimentos a serem realizados, de forma ordenada, para otimizar as inspeções e avaliações dos resultados.

Figura 10: Fluxograma da metodologia para fins de cálculo de grau de deterioração (Gd)



Fonte: Castro (1994).

4.8.1 Classificação da família de elementos

Segundo Castro (1994) a estrutura deve ser dividida em família de elementos estruturais, no caso de edificações usuais com estrutura de concreto armado, em geral, podem ser definidas as seguintes famílias:

- Pilares;

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

Após a divisão das famílias, determinar um Fator de ponderação do dano (F_p) e um Fator de intensidade do dano (F_i), esses dois fatores são tabelados e servem para definir o grau do dano.

4.8.2 Fator de ponderação do dano (F_p)

Segundo Castro (1994) o fator de ponderação do dano (F_p) visa quantificar a importância relativa de um determinado dano, no que se refere às condições gerais de estética, funcionalidade e segurança dos elementos de uma família.

Os Quadros 1 e 2 demonstram a pontuação que deve ser aferida de acordo com cada dano e com cada família de elementos estruturais.

Quadro 1- Família de elementos estruturais, danos e fatores de ponderação (Fp)

PILAR		CORTINAS	
Danos	Fp	Danos	Fp
desvio de geometria	8	sinais de esmagamento	10
Recalque	10	desvio de geometria	6
infiltração na base	6	infiltração	6
Segregação	6	Segregação	5
Eflorescência	5	Eflorescência	5
Esfoliação	8	Esfoliação	8
Desagregação	7	Desagregação	7
sinais de esmagamento	10	deslocamento por empuxo	10
cobrimento deficiente	6	cobrimento deficiente	6
mancha de corrosão	7	mancha de corrosão	7
Fissuras	10	Fissuras	10
Carbonatação	7	Carbonatação	7
presença de cloretos	10	presença de cloretos	10
Manchas	5	Manchas	5
LAJES		VIGAS	
Danos	Fp	Danos	Fp
Segregação	5	segregação	4
Eflorescência	3	eflorescência	5
Esfoliação	8	Esfoliação	8
Desagregação	7	Desagregação	7
cobrimento deficiente	6	cobrimento deficiente	6
mancha de corrosão	7	mancha de corrosão	7
Flechas	10	flechas	10
Fissuras	10	Fissuras	10
Carbonatação	7	Carbonatação	7
Infiltração	6	Infiltração	6
presença de cloretos	10	presença de cloretos	10
Manchas	5	Manchas	5

Fonte: Castro (1994).

Quadro 2- Famílias de elementos estruturais, danos e fatores de ponderação (F_i)

COMPOSIÇÃO ARQUITETÔNICA	
danos	Fp
segregação	4
Eflorescência	4
Esfoliação	8
Desagregação	7
cobrimento deficiente	6
mancha de corrosão	7
Fissuras	8
ligação à estrutura	10
Carbonatação	7
presença de cloretos	10

Fonte: Castro (1994).

4.8.3 Fator de intensidade do dano (F_i)

O engenheiro, a partir de sua inspeção, atribuirá um valor para um Fator de Intensidade (F_i) variando entre 0 para o caso onde não há manifestação patológica, até 4 para o caso onde a situação da manifestação patológica seja considerada grave, como mostra o Quadro 3.

Quadro 3: Fator de intensidade do dano (F_i)

Sem lesões	$F_i=0$
Lesões Leves	$F_i=1$
Lesões toleráveis	$F_i=2$
Lesões graves	$F_i=3$
Estado Crítico	$F_i=4$

Fonte: Castro (1994)

A classificação do (F_i) tem que ser ponderadas com o auxílio do Quadro 4, abaixo:

Quadro 4- Tabela do fator de intensidade do dano

Tipos de danos	<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 esfarelamento 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

Fonte: Castro (1994)

Tipos de danos	<i>Fator de intensidade do dano – Tipo de manifestações</i>
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.

Fonte: Castro (1994)

Tipos de danos	<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; 1 - deslocamento lateral no sentido horizontal, instável.

Fonte: Castro (1994).

4.8.4 Grau do Dano (D)

Na inspeção feita na estrutura, o engenheiro identificará qual dano e sua intensidade. Capturando esses números em uma planilha para se calcular o dano daquele elemento. É um fator importante, a possibilidade de um elemento apresentar mais de um dano.

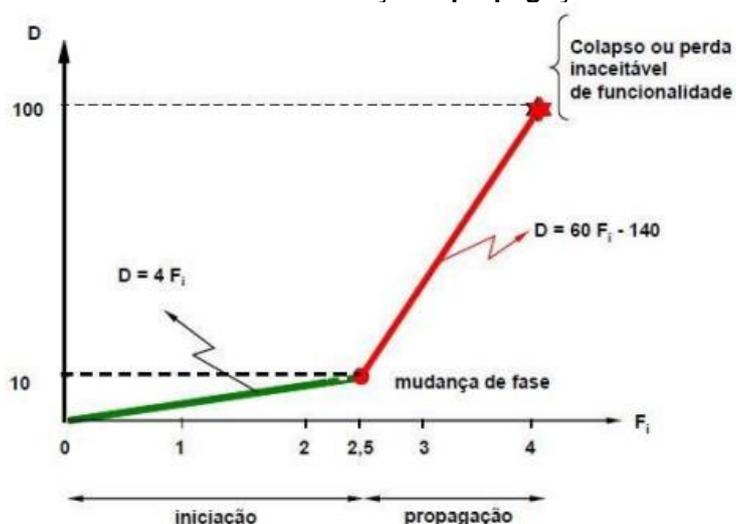
Tendo os fatores, tanto de ponderação como de intensidade, o próximo passo é a realização do cálculo do grau do dano. Este por sua vez pode ser calculado por duas fórmulas diferentes, de acordo com o fator de intensidade que o engenheiro constatou na sua visita.

Cada elemento da estrutura vai ter um grau de dano. Obtendo o grau de dano de todos os elementos nós podemos identificar o grau de deterioração daquele elemento.

A pesquisadora Castro (1994), justificou a utilização da Equação (1) e Equação (2), mostradas porque danos menores tem uma evolução mais lenta do que danos que já estão em estágios mais avançados.

A medida que se aumenta a intensidade do dano, precisa-se de uma formulação que leva em conta a aceleração do processo de deterioração. A Figura 11 demonstra a alteração de (D) com base na alteração F_i ;

Figura 11 - Gráfico das fases de iniciação e propagação do dano.



Fonte: Castro (1994).

Segundo Castro, (1994) a Figura 11 refere-se a:

Formulação proposta para o cálculo do grau de um dano com a ponderação mais desfavorável possível, fator $F_p = 10$. 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.

Dessa forma, o grau do dano (D) para $F_p = 10$, será conhecido com a equação (1) quando $F_i \leq 2,0$

$$D = 4F_i \quad (1)$$

E com a equação (2) quando $F_i \geq 3$.

$$D = 60F_i - 140 \quad (2)$$

Quando o $F_p < 10$ o grau do dano (D) será conhecido com a Equação (3) quando $F_i \leq 2,0$

$$D = 0,4F_i \cdot F_p \quad (3)$$

E com a Equação (4) quando $F_i \geq 3$.

$$D = (6F_i - 14)F_p \quad (4)$$

4.8.5 Grau de deterioração de um elemento

O grau de deterioração (Gde) para $m \leq 2$, será conhecido com a equação (5), quando $m \leq 2$.

$$Gde = D_{max} \quad (5)$$

E com a Equação (6) quando $m \geq 2$.

$$Gde = Dmax + \frac{\sum Di}{n-1} \quad (6)$$

Onde:

m = número de danos detectados no elemento;

$Dmax$ = grau de dano máximo.

Di = grau de dano de ordem (i).

Essas equações também visam ponderar com que os danos menores não alterem muito o resultado de um Grau de dano de um elemento quando esse elemento apresenta um dano significativo. Se fosse adotado somente a média dos danos de um elemento para definir o grau do dano dele, haveria o risco de contaminar um dano perigoso de risco alto, com outros danos mais leves. E diminuir assim o grau de deterioração do elemento.

Ao calcular o grau de deterioração dos elementos, já pode-se começar a fazer indicações do estado e das medidas a serem aplicadas nesse elemento, de acordo com a classificação do Quadro 5 abaixo:

Quadro 5 - Classificação dos níveis de deterioração dos elementos.

Nível de deterioração	Gde	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 e necessidade de intervenção a curto prazo.
Crítico	>80	necessidade de intervenção imediata para reestabelecer funcionalidade e/ou segurança.

Fonte: Castro (1994).

4.8.6 Grau deterioração de uma família (Gdf)

Obtendo-se o grau de deterioração dos elementos de toda estrutura, o passo seguinte é definir o grau de deterioração da família (**Gdf**).

O grau de deterioração da família de elementos, nada mais é do que a média dos graus de deterioração dos elementos individuais, obtido através da Equação (7):

$$Gdf = \frac{\sum Gde(i)}{n} \quad (7)$$

Onde:

n = número de elementos componentes da família com $Gde \geq 15$.

A pesquisadora optou, a favor da segurança, por excluir dessa média os elementos que tivessem $Gde \geq 15$ e também para evitar uma contaminação de peças que obtivessem valores baixos para danos, se por acaso houvesse alguma peça com grau muito elevado. Isso é uma ponderação do método dela.

Visando essa ponderação, neste trabalho, para fins de cálculos do grau de deterioração de uma família, somente foram adotados os elementos com $Gde \geq 15$.

4.8.7 Fator de relevância estrutural da família de elementos (Fr).

Não é obtido através de uma fórmula, é baseado apenas na ponderação para tratar certas famílias de elementos com maior relevância que outras.

A ponderação é sugerida por Castro com a seguinte classificação mostrada no quadro no Quadro 6:

Quadro 6: Fator de relevância estrutural da família de e elementos (Fr)

Descrição	Fr
Elementos de composição arquitetônica	1,0
Reservatório superior	2,0
Escada/Rampas, Reservatório inferior, Cortinas, Lajes secundárias	3,0
Lajes, Fundações, Vigas secundárias, Pilares secundários	4,0
Vigas e Pilares principais	5,0

Fonte: Castro (1994).

4.8.8 Grau de deterioração da estrutura (Gde)

É uma função que representa a média ponderada entre o grau de deterioração de cada família e o fator de relevância buscado no quadro.

O grau de deterioração estrutural é obtido pela Equação (8):

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

Onde:

Fr= fator de relevância de relevância estrutural de cada família.

Gdf= grau de deterioração da família.

O Quadro 7, apresenta as medidas a serem tomadas, recomenda por Castro (1994), de acordo com o nível de deterioração estabelecido para a estrutura como um todo, no que tange a inspeção e a intervenção.

Quadro 7 - Classificação dos níveis de deterioração da estrutura.

Nível de deterioração	Gd	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 e necessidade de intervenção a curto prazo.
Crítico	>60	necessidade de intervenção imediata para reestabelecer funcionalidade e/ou segurança.

Fonte: Castro (1994)

Após o trabalho de Castro, realizado em 1994 o qual analisou a estrutura do edifício do departamento de engenharia civil da UnB e posteriormente aplicou em uma residência, diversos autores passaram a trabalhar sobre essa metodologia. Tanto para aplica-la como para fazerem modificações nas ponderações do método.

Aplicações e Derivações:

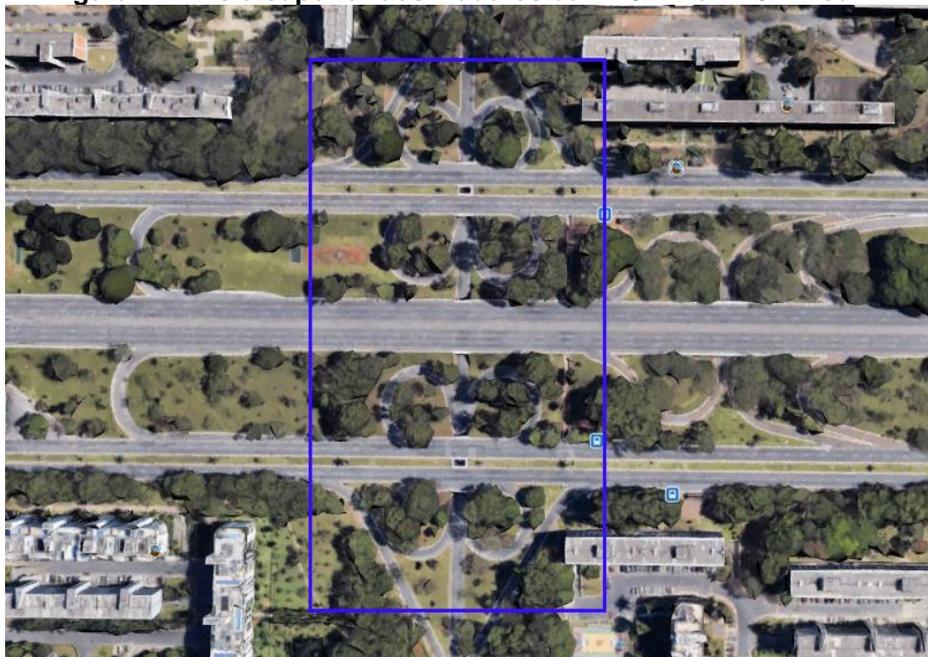
- Instituto central de ciências de Brasília (FONSECA,2007)

- Monumento a Caxias, Brasília (SILVA, 2008)
- Teatro Pedro Calmon, Brasília (SILVA,2008)
- Palácio da Justiça de Brasília (MOREIRA, 2007)
- Edifício do Departamento de Engenharia Civil da UnB
CASTRO(1994)

5 CARACTERIAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO

Os viadutos submetidos à análise, mostrados na Figura 12, estão localizados na Asa Sul e interliga as quadras 111/112 e 211/212 sul.

Figura 12 : Vista superior dos viadutos da 111/112 e 211/212 sul.



Fonte: Google Earth, (2018).

As pistas superiores de rolamento dos viadutos são o Eixo Rodoviário Oeste-Sentido Sul (Eixo W/Eixinho), Eixo Rodoviário Leste – Sentido Sul (Eixo L/Eixinho) e Eixo Rodoviário de Brasília (EIXÃO), mostrado na Figura 13.

Figura 13: Vista do viaduto submetido à análise de deterioração.



Fonte: Autor.

Estima-se que os viadutos inspecionados possuam por volta de 58 anos de idade, visto que foram fundados ainda na época da construção de Brasília.

Os viadutos da 211/212 e 111/112 são construídos em concreto armado, não possuem pilares e contam com uma cortina armada que desempenha o papel de pilar estrutural, mostrado na Figura 14 abaixo.

Figura 14: Vista cortina armada com acesso para quadra 111/112 sul.



Fonte: Autor.

Além disso, contam com o guarda corpo, mostrado nas Figuras 15 e 16, das pistas de rolamento acima do viaduto, e desempenha o papel de elemento de composição arquitetônica e de elemento de segurança.

Figura 15: Elemento de composição arquitetônica e segurança do viaduto.



Fonte: Autor.

Figura 16: Elemento de composição arquitetônica e segurança do viaduto.



Fonte: Autor

6 METODOLOGIA

O estudo realizado nos viadutos indicados neste trabalho foi focado nas manifestações patológicas geradas ao longo dos anos advindos do tráfego, intempéries, má execução dos mesmos, deficiência dos materiais e diferentes razões que porventura contribuíram para a ocorrência das eventuais patologias.

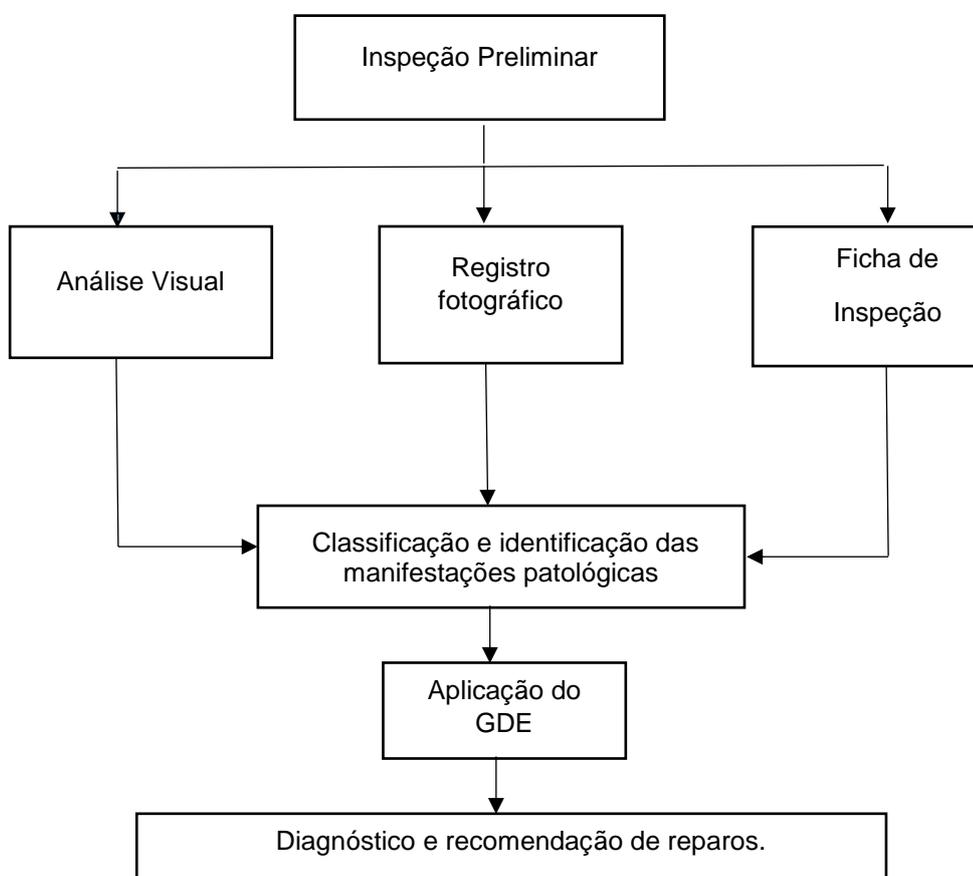
Inicialmente, foram realizadas inspeções para caracterização do local, análise visual e fotográfica das manifestações patológicas encontradas no viaduto, tais como: infiltração, corrosão, fissuração e exposição da armadura.

Posterior à análise visual, o conjunto dos três viadutos foram dividido em famílias.

Após a aplicação do método, efetuou-se a análise dos resultados para obtenção do estado de deterioração da estrutura de concreto armado.

A Figura 17 apresenta o fluxograma de toda a metodologia de inspeção realizada nos viadutos.

Figura 17 - Fluxograma da metodologia utilizada nos viadutos



Fonte: Autor.

Na apresentação dos resultados obtidos pela metodologia descrita no presente trabalho, não será apresentado os quadros com Gde menor que 15, pois esses valores foram desconsiderados nos cálculos.

O Grau de deterioração da família (Gdf) em elementos que possuam somente um valor de Gde maior que 15, será $Gde = Gdf$.

7 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

7.1 Análise Visual

7.1.1 Fissuras

Após a análise visual nos guarda-corpos ('mureta' ou 'parapeito') do viaduto, observou-se que os mesmos se encontram em péssimo estado de conservação, diagnosticou-se fissuras e/ou trincas que se propagam ao longo de todo elemento arquitetônico, como mostra a Figura 18 e 19.

Figura 18 - Elemento de composição arquitetônica



Fonte: Autor.

Figura 19- Vista do elemento de segurança e composição arquitetônica



Fonte:Autor.

7.1.2 Deslocamento do revestimento cerâmico

Há no teto do viaduto, devido à colisão de caminhões que utilizam a via constantemente nessa região, um deslocamento do revestimento cerâmico, mostrado na Figura 20.

Figura 20 Deslocamento do revestimento cerâmico no teto.



Fonte: Autor.

Há também mais deslocamento nas proximidades das juntas de dilatação, Figura 21. Decorrente da ineficiência da junta de dilatação, pois a movimentação da estrutura em si, acrescida do revestimento, foi maior que a capacidade da junta de resistir a tal esforço.

Figura 21 - Deslocamento próximo as juntas de dilatação.



Fonte: Autor.

Na Figura 22, é possível notar a presença de deslocamento do revestimento que provavelmente foi gerado por um possível escoamento da água da chuva, que por sua vez deixou o pilar de sustentação da cortina desprotegido, estando mais tendenciosa a acarretar o surgimento de uma manifestação patológica.

.Figura 22: Deslocamento cerâmico por escoamento da água da chuva.



Fonte: Autor.

Na Figura 23, é possível perceber que a armadura longitudinal do pilar está exposta e com perda de seção considerável.

Figura 23 - Armadura exposta



Fonte: Autor.

É recomendável a recuperação completa do revestimento que encontra-se deslocado do teto do viaduto, a limpeza adequada das armaduras com corrosão leve. Ao ser realizado os devidos reparos, indica-se realizar a impermeabilização para que se retarde o processo de deterioração da estrutura.

7.2 Aplicação da metodologia GDE/UnB

7.2.1 Análise do Elemento de Composição Arquitetônica

O Quadro 8, apresenta o cálculo de Gde do guarda-corpo do viaduto:

Quadro 8: Cálculo do Grau de deterioração do elemento de Composição arquitetônica (Gde)

ELEMENTO DE COMPOSIÇÃO ARQUITETÔNICA			
Nome do Elemento	Guarda Corpo		
Local	Viadutos (111/12 - 211/12 Sul)		
Danos	Fp	Fi	D
Segregação	4	-	-
Eflorescência	4	1	1,6
Esfoliação	8	2	6,4
Desagregação	7	2	5,6
Cobrimento Deficiente	6	-	-
Manchas de Corrosão	7	-	-
Fissuras	8	3	32
Ligação à Estrutura	10	-	-
Carbonatação	7	-	-
Presença de Cloretos	10	-	-
	Gde=		47,2

Fonte: Autor.

Observa-se que o grau de deterioração do elemento de composição arquitetônica e segurança do viaduto se apresenta com nível de deterioração médio, com a necessidade de observação periódica e intervenção a médio prazo do elemento.

7.2.2 Análise das Juntas de Dilatação

O Quadro 9, apresenta o cálculo de Gde das juntas de dilatação do viaduto deteriorado:

Quadro 9: Cálculo do grau de deterioração das juntas de dilatação.

JUNTAS DE DILATAÇÃO			
Nome do Elemento	Juntas de Dilatação		
Local	Viadutos (111/12 - 211/12 Sul)		
Danos	Fp	Fi	D
Infiltração	10	2	8
fissura vizinha à junta	10	-	
Junta Obstruída	8	3	32
Gde=			32

Fonte: Autor

Observa-se que o grau de deterioração das juntas de dilatação se apresenta com nível de deterioração médio, com necessidade de intervenção em médio prazo e observação periódica para restabelecer a segurança e/ou funcionalidade do elemento.

7.2.3 Análise das Cortinas

O Quadro 10, apresenta o Cálculo do Gde das cortinas armadas de contenção:

Quadro 10 – Quadro do Gde das Cortinas dos Viadutos

Nome do elemento	Cortinas		
Local	Viadutos 111/112 e 211/212 sul		
Danos	Fp	Fi	D
Sinais de esmagamento	10	-	-
Desvio de geometria	6	-	-
Infiltração	6	1	2,4
Segregação	5	-	-
Eflorescência	5	-	-
Esfoliação	8	-	-
Desagregação	7	-	-
Deslocamento por empuxo	10	-	-
Cobrimento deficiente	6	-	-
Manchas de corrosão	7	-	-
Fissuras	10	2	8
Carbonatação	7	-	-
Presença de cloretos	10	-	-
Manchas	5	-	-
Gde =			8

Fonte: Autor.

Observa-se que o grau de deterioração das cortinas armadas de contenção se apresenta com nível de deterioração baixo, sem necessidade de adotar medidas de reparo pois encontram-se em estado aceitável.

7.2.4 Grau de deterioração da estrutura

Baseando-se nos valores dos Quadros 8, 9 e 10, a Tabela 11 apresenta o grau de deterioração da estrutura.

Quadro 11 - Grau de deterioração da estrutura.

Família de Elemento	Gdf	Fr	Gdf x Fr
Juntas de Dilatação	32	1	32
Elementos de Composição Arquitetônica	47,2	1	47,2
	Total =	2	
		Gde=	39,6

Fonte: Autor

Observa-se que a estrutura do viaduto se apresenta com nível de deterioração médio, com necessidade de intervenção em médio prazo e observação periódica para restabelecer a segurança e/ou funcionalidade da estrutura.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a análise feita nos Viadutos da 111/112 e 211/212 Sul, obtêm-se as seguintes conclusões:

- A inspeção visual possibilitou identificar diversas manifestações patológicas, tais como, fissuras, deslocamento do revestimento cerâmico devido à ineficiência da junta de dilatação, atrito dos automóveis que utilizam a via e a infiltração da água da chuva, e descobrimento da armadura.
- Apesar dos viadutos estudados apresentarem sérios problemas de deslocamento e corrosão, somente foi observado corrosão, nas armaduras que estavam expostas, ou com baixíssimo cobrimento.
- As manifestações patológicas encontradas podem ser geradas tanto pela falta de manutenção prévia quanto pela falta de mão de obra especializada.
- Com aplicação da metodologia GDE/UnB nos viadutos, foi obtido o grau de deterioração dos elementos, com os valores respectivamente de 47,2 , 32 e 8, indicando um nível de deterioração médio, com a necessidade de intervenção observação periódica e intervenção a médio prazo.
- O grau de deterioração da estrutura apresentou o valor de 39,6, indicando um nível médio de deterioração, tendo a observação periódica e intervenção a médio prazo como necessidade para que se restabeleça a segurança e/ou a funcionalidade.
- O objeto de pesquisa por se tratar de responsabilidade pública, quase sempre não seguem as normativas referentes a inspeções, ocasionando um menor índice de vida útil.

9 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

- Adaptação e aplicação da metodologia para estruturas metálicas;
- Adaptação e aplicação da metodologia para alvenarias estruturais;
- Verificação de mais Obras de Arte, com o intuito de refinar o método;
- Aplicação de ensaio não-destrutivos nos viadutos analisados.

REFERÊNCIAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, **NBR 6118:2014**, Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

ALBUQUERQUE, Bem-Hur; LÜKE, Silva. **Engenharia Civil 1: Patologia e dimensionamento do concreto armado, materiais da construção civil, resistência dos materiais e análise estrutural, mecânica dos solos, estradas e pavimentos.**

ARAÚJO, J. M. Curso de concreto armado. 2. ed. Rio Grande, 2014.v.2.

CASTRO, Eliane Kraus. **DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA PARA MANUTENÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO.** Universidade de Brasília, Brasília, 1994.

COMITÉ EURO-INTERNATIONAL DU BÉTON. Assessment of concrete structures and design procedures for upgrading (redesign), Bulletin, Lausanne, 1991.

COSTA, Hugo. **AVALIAÇÃO DE PATOLOGIAS EM OBRAS DE ARTE ESPECIAIS UTILIZANDO A METODOLOGIA GDE/UNB.** 2014. TCC (Graduação em Engenharia Civil). Engenharia Civil, UniCEUB, Brasília, 2014.

CREA-RS, Conselho Regional de Engenharia e Agronomia, **Manutenção das obras de arte especiais (OAE): Pontes, passarelas e viadutos.** Porto Alegre.

RIPPER

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

HELENE, P.R.L. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto.** São Paulo: PINI, 1992

ISO 6241 Performance Standards in Building – Principles for their preparation and factors to be considered

KLEIN, d. et al. Critérios adotados na vistoria e avaliação de obras de arte. XXV Jornada Sul Americana de Engenharia Estrutural, Porto Alegre, p185-196, Novembro, 1991.

LANER, F. J. **Manifestações Patológicas nos Viadutos, Pontes e Passarelas do Município de Porto Alegre.** Porto Alegre, 2001.

MIOTTO, D. **Estudo de caso de patologias observadas em edificação escolar estadual no município de Pato Branco-PR.** 2010. 62 f. Monografia (Especialização em Construção de Obras Públicas). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

NEVILLE, A. (2016). PROPRIEDADE DO CONCRETO (5ª ed.). Porto Alegre: Bookman.

OLIVEIRA, A. M. **Fissuras, trincas e rachaduras causadas por recalque diferencial de fundações.** 2012. 96 f. Monografia (Especialização em Gestão em Avaliações e Perícias) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

SOUZA, V.C.M., RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**". São Paulo: Pini. 1998.

UEMOTO, K. L. **Patologia**: Danos causados por eflorescência. Tecnologia de Edificações. São Paulo: Pini/IPT, 1988.

Anexo A (normativo)

Ficha de inspeção cadastral expedita

1 DADOS BÁSICOS

IDENTIFICAÇÃO / LOCALIZAÇÃO / JURISDIÇÃO	Data: ____/____/____
OAE:Código:_____ Nome:_____ Tipo _____ de	
Estrutura: Código _____ Nat. Transposição: Código _____ Sist. Construtivo: Código _____	
UNIT: _____ Residência: _____ Rodovia: BR- _____ UF: _____	
Trecho (PNV): _____ Localização (km): _____ Cidade Prox.: _____	
ADMINISTRAÇÃO	
<input type="radio"/> DNIT <input type="radio"/> DER <input type="radio"/> CONCESSÃO <input type="radio"/> OUTROS	
Nome: _____ (para o caso concessão / outros)	
PROJETO / CONSTRUÇÃO	
Projetista: _____; Ano da Construção: _____	
Construtor: _____; Arquivo: _____; Trem - Tipo Classe: _____	
COMPRIMENTO / LARGURA	
Comprimento: _____m; Largura: _____m	

2 DADOS SOBRE CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS

CARACTERÍSTICAS PLANI-ALTIMÉTRICAS		
Região: <input type="radio"/> PLANA <input type="radio"/> ONDULADA <input type="radio"/> MONTANHOSA		Greide: Rampa Máxima(%): _____
Traçado: <input type="radio"/> TANGENTE <input type="radio"/> CURVO Raio: _____m		Travessia: <input type="radio"/> ORTOGONAL <input type="radio"/> ESCONSA
CARACTERÍSTICAS DA PISTA		
Larg.Total da Pista: _____m	Pavimento: <input type="radio"/> Asfalto <input type="radio"/> Concreto	Drenos: <input type="radio"/> SIM <input type="radio"/> NÃO
Nº de Faixas: _____	Passeio: <input type="radio"/> SIM <input type="radio"/> NÃO	Pingadeiras: <input type="radio"/> SIM <input type="radio"/> NÃO
Acostamento: <input type="radio"/> SIM <input type="radio"/> NÃO	Guarda-Rodas: <input type="radio"/> P.Antigo <input type="radio"/> N.Jersey <input type="radio"/> 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="radio"/> SIM <input type="radio"/> NÃO		
JUNTAS DE DILATAÇÃO		
Número total de juntas: _____		
Tipo de vedação: <input type="radio"/> Nenhuma; nos pilares / articulação <input type="radio"/> Tipo _____ <input type="radio"/> Tipo _____		
TRÁFEGO		
VMD: _____veículos/dia		
Frequência de Carga Móvel ≥ 36 tf: <input type="radio"/> Alta <input type="radio"/> Média <input type="radio"/> Baixa		
Passagem de Cargas Excepcionais: <input type="radio"/> Freqüente <input type="radio"/> 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)
LAJES		
VIGAS PRINCIPAIS		
PILARES		
FUNDAÇÕES		

TIPOS DE APARELHOS DE APOIO	
Cód.	Descrição
FR	Freyssinet
NP	Neoprene
TF	Teflon
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 <input type="radio"/>													
Tipo <input type="radio"/>													

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

PARTICULARIDADES

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

Comentários: _____

4 OUTROS ASPECTOS

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

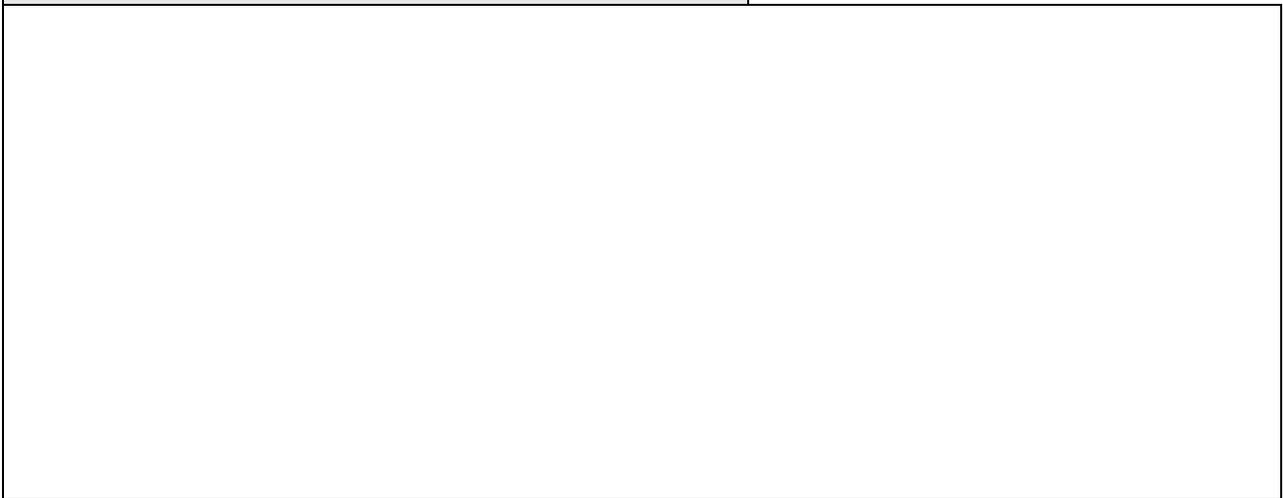
Comentários: _____

Anexo A (continuação)

Ficha de inspeção cadastral expedida

5 ESTRUTURA / ESQUEMAS

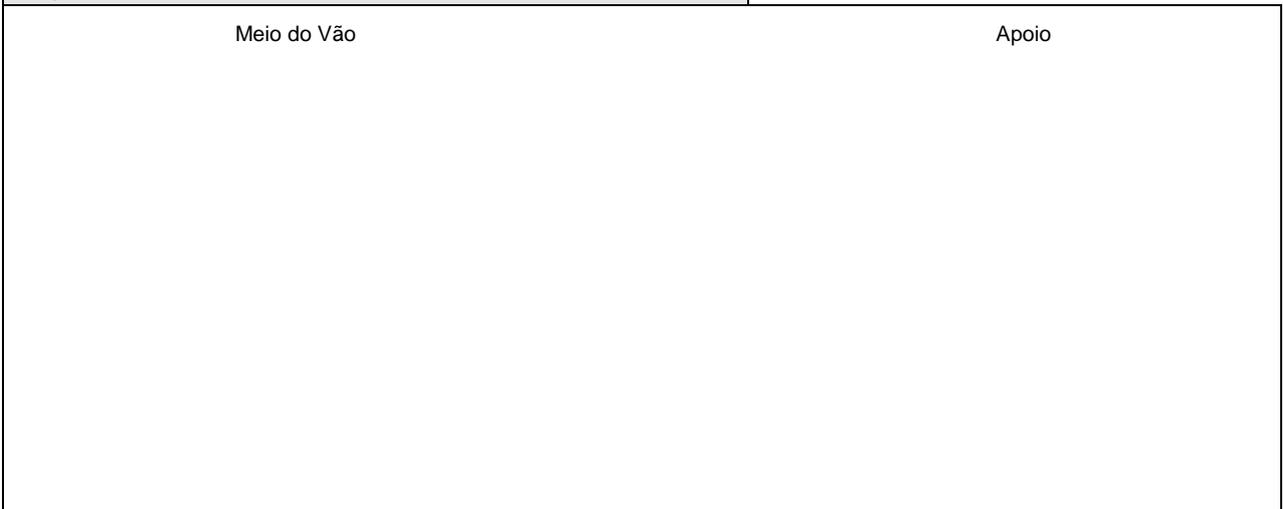
ESQUEMA LONGITUDINAL



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 Caixa	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

OAE: Código: _____ Nome: _____ BR - ____/____ km: _____ UNIT: _____ RES: _____
 Data: _____ Inspeção: DNIT / Residência: _____ Outra Entidade: _____

COMENTÁRIOS GERAIS

- a) Condições de Estabilidade: Boa Sofrível Precária Condições de Conservação: Boa Regular Sofrível Ruim
 b) Nível de Vibração do Tabuleiro: Normal Intenso Exagerado
 c) Inspeção Especializada (Realizada por Engenheiro de Estruturas). Necessária? SIM NÃO Urgente? SIM NÃO
 Já houve alguma anteriormente? SIM NÃO

NOTA TÉCNICA

OBSERVAÇÕES ADICIONAIS: _____

1. LAJE		Nota Técnica:	Local	Quantidade (Opcional)
Buraco (abertura)	<input type="checkbox"/> Existe	<input type="checkbox"/> É Iminente	_____	_____
Armadura Exposta	<input type="checkbox"/> Muito Oxidada	<input type="checkbox"/> Grande Incidência	_____	_____
Concreto Desagregado	<input type="checkbox"/> Muita Intensidade	<input type="checkbox"/> Grande Incidência	_____	_____
Fissuras	<input type="checkbox"/> Forte Infiltração	<input type="checkbox"/> Grande Incidência	_____	_____
Marcas de Infiltração	<input type="checkbox"/> Forte	<input type="checkbox"/> Grande Incidência	_____	_____
Aspecto de Concreto	<input type="checkbox"/> Má Qualidade		_____	_____
Cobrimento	<input type="checkbox"/> Ausente / Pouco		_____	_____

2. VIGAMENTO PRINCIPAL		Nota Técnica:	Local	Quantidade (Opcional)
Fissuras Finas	<input type="checkbox"/> Algumas	<input type="checkbox"/> Grande Incidência	_____	_____
Trincas (fissuras w>0,3mm)	<input type="checkbox"/> Algumas	<input type="checkbox"/> Grande Incidência	_____	_____
Armadura Principal	<input type="checkbox"/> Exposta	<input type="checkbox"/> Muito Oxidada	_____	_____
Desagreg. de Concreto	<input type="checkbox"/> Muito Intenso	<input type="checkbox"/> Grande Incidência	_____	_____
Dente Gerber	<input type="checkbox"/> Quebrado/Desplacado	Trincado	_____	_____
Deformação (Flecha)	<input type="checkbox"/> Exagerada		_____	_____
Aspectos do Concreto	<input type="checkbox"/> Má Qualidade		_____	_____
Cobrimento	Ausente / Pouco		_____	_____

/Anexo B (continuação)

Anexo B (continuação)

Ficha de inspeção rotineira expedita

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

4. INFRAESTRUTURA		Nota Técnica:	Local	Quantidade (Opcional)
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		_____	_____

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

<u>ESQUEMAS</u>

/Anexo C

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 DNT)

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, nest 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 ¹ 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.