

**SIGOA-DF: PLATAFORMA PARA INSPEÇÃO E GESTÃO DE OBRAS DE ARTE  
ESPECIAIS NO DISTRITO FEDERAL UTILIZANDO A METODOLOGIA DO  
GDE/UNB**

**GUILHERME OITÍ BERBERT-BORN**

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

FACULDADE DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

BRASÍLIA / DF  
OUTUBRO - 2021

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

**SIGOA-DF: PLATAFORMA PARA INSPEÇÃO E GESTÃO DE OBRAS  
DE ARTE ESPECIAIS NO DISTRITO FEDERAL UTILIZANDO A  
METODOLOGIA DO GDE/UNB**

**GUILHERME OITÍ BERBERT-BORN**

ORIENTADOR: MARCOS HONORATO DE OLIVEIRA

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL

BRASÍLIA / DF

OUTUBRO -2021

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA

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

**SIGOA-DF: PLATAFORMA PARA INSPEÇÃO E GESTÃO DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS NO DISTRITO FEDERAL UTILIZANDO A METODOLOGIA DO GDE/UNB**

**GUILHERME OITÍ BERBERT-BORN**

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL 2 SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.

**APROVADA POR:**

---

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

---

**Prof. Francisco Evangelista Júnior, *Ph.D* (UIUC)**  
(Examinador interno)

---

**Patrícia Cândida Souza da Silva, *M.Sc* (UnB)**  
(Examinador externo)

BRASÍLIA/DF, 26 DE OUTUBRO DE 2021

## FICHA CATALOGRÁFICA

BERBERT-BORN, GUILHERME OITÍ

SIGOA-DF: Plataforma para Inspeção e Gestão de Obras de Arte Especiais no Distrito Federal Utilizando a Metodologia do GDE/UnB. 2021.

xvi, 101 p., 297 mm (ENC/FT/UnB, Bacharel, Engenharia Civil, 2021)

Monografia de Projeto Final - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. Obras de Arte Especiais                      2. Sistema de Gerenciamento                      3. Concreto

4. Grau de Deterioração Estrutural      5. Manutenção

I. ENC/FT/UnB

II. Título (bacharel)

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BERBERT-BORN, G.O. (2021). SIGOA-DF: Plataforma para Inspeção e Gestão de Obras de Arte Especiais no Distrito Federal Utilizando a Metodologia do GDE/UnB. Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 100 p.

## CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Guilherme Oití Berbert-Born

TÍTULO DA MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL: SIGOA-DF: Plataforma para Inspeção e Gestão de Obras de Arte Especiais no Distrito Federal Utilizando a Metodologia do GDE/UnB

GRAU / ANO: Bacharel em Engenharia Civil / 2021

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

---

Guilherme Oití Berbert-Born

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus pais por tudo o que fizeram por mim e pela minha irmã, antes e ao longo de nossas vidas. Nunca pouparam esforços para tornar possível nosso crescimento em um ambiente saudável e seguro. Agradeço por todas as vezes que foram pacientes, compreensivos, conselheiros, cozinheiros, motoristas e ajudantes. Foram meu porto seguro por todos esses anos, sem nunca me influenciar a tomar decisões que não fossem verdadeiramente livres. Obrigado pai e mãe, de coração, por tudo que fizeram para tornar alcançável tudo aquilo que alcancei até hoje. Sem vocês nada disso seria possível e meu amor por vocês só cresce a cada dia.

Aos meus avós Oití, Marí, Ruy e Liane. Desde pequeno aprendi com vocês importantíssimas lições que vou levar para a vida toda. Nunca falharam em me proporcionar todo o apoio e abrigo necessários para me desenvolver com consciência de quem sou, onde estou e aonde quero chegar. Amo muito vocês.

À minha irmã, Gabriela, que nunca deixou de estender a mão, me ensinar, me inspirar e me apoiar. Como irmão mais novo, sempre me espelhei em você, um grande exemplo para mim e para muitos outros ao seu redor.

À minha namorada, companheira e melhor amiga, Carol, que vem acompanhando em grande parte dessa jornada e me apoiando em cada decisão que tomo. Palavras não medem o meu amor por você. Obrigado por toda a compreensão nos momentos em que não pude estar com você e por todo o carinho que você sempre teve comigo. É um grande prazer compartilhar a vida com você, minha inspiração a querer ir sempre além.

Aos meus bons amigos, que estiveram ao meu lado por diversas etapas da minha vida. Aos meus irmãos de coração Leo e Victor, que me acompanham desde pequenos e aos amigos do “Biiiiirl”, com quem compartilhei esses 6 anos de UnB. Os bons momentos foram valiosos e espero ainda poder desfrutar de muitos outros.

Ao meu orientador, Marcos Honorato, pelos conselhos e oportunidades ao longo desses anos, que contribuíram para o desenvolvimento de um aluno, profissional e pessoa melhor.

Por fim, agradeço aos engenheiros civis Juliana Martins e Patrick Amorim, que me deram grandes oportunidades e tem me ensinado, inspirado e incentivado a crescer e ser um profissional correto e preparado.

## RESUMO

A matriz do transporte é, no Brasil, composta majoritariamente por rodovias, que contam com diversas soluções para que as interseções entre vias, corpos hídricos e vales sejam feitas de forma eficiente. Comumente utilizadas são as Obras de Arte Especiais (OAEs), que consistem na construção de pontes e viadutos para que o fluxo dos veículos e pedestres seja feito de forma mais segura e fluida. Com o aumento da quantidade e complexidade das OAEs, é necessário o mapeamento do estado de conservação e nível de deterioração de forma a prolongar a vida útil e manter o desempenho adequado em cada uma. Nesse aspecto, torna-se valiosa a utilização de um sistema de gerenciamento de Obras de Arte Especiais, ferramenta que visa auxiliar a análise e a tomada de decisões no que diz respeito a manutenções e eventuais interrupções.

Este trabalho consiste no desenvolvimento e apresentação do SIGOA-DF, um sistema de gerenciamento de obras especiais baseado na Metodologia do Grau de Deterioração Estrutural da Universidade de Brasília (GDE/UnB). O sistema conta com cinco módulos de gerenciamento que possibilitam a inspeção e a análise de elementos, famílias de elementos e danos que compõem as OAEs inspecionadas, bem como a padronização de diferentes parâmetros utilizados na inspeção. A divisão da plataforma em módulos e a criação de diferentes níveis de acesso a diferentes tipos de usuário permite a separação e limitação das funcionalidades, garantindo maior segurança à visualização e manipulação dos dados.

O comportamento dos danos em elementos estruturais ao longo do tempo tem grande importância para a análise de risco e definição de planos de manutenção. A metodologia do GDE/UnB recomenda prazos máximos para a intervenção, a depender do nível de deterioração estrutural. Nesse âmbito, a aplicabilidade do SIGOA-DF se torna interessante para a preservação do histórico de inspeções nas quais é feito o mapeamento dos danos, elementos e sua classificação de acordo com a tipologia e a relevância estrutural destes.

A análise de dados sumariza os resultados de inspeções feitas em 179 OAEs localizadas no Distrito Federal, realizadas utilizando o SIGOA-DF. A utilização da plataforma nas inspeções permitiu o seu desenvolvimento e aprimoramento, sendo possível a verificação de 3 OAEs em estado crítico, 8 em estado sofrível e 20 em estado de alta deterioração estrutural na região da capital. Os dados obtidos e guardados em banco revelam particularidades no que diz respeito à ocorrência e recorrência de determinadas manifestações patológicas em determinados tipos de elementos, denominados “famílias”.

## ABSTRACT

The Brazilian transportation infrastructure is mainly composed by roads, in which various solutions are used in order to efficiently overcome intersection problems between roads, waterbodies and valleys. Commonly used are the Special Works of Art (OAEs), which consist of the construction of bridges and viaducts so that vehicles and pedestrians can flow safely and fluidly. In a context of increasing complexity and quantity of OAEs, mapping their state of conservation and deterioration level becomes necessary to extend the lifespan and maintain proper performance of each. In this subject, the adoption of such platform becomes valuable, for it helps with the analysis and decision-making processes when it comes to maintenance and/or necessary pedestrian and vehicle flow interruptions.

This work consists of the development and presentation of SIGOA-DF, a special work of arts management system based in the Structural Deterioration Degree Methodology (GDE/UnB), developed at the University of Brasilia. The system is composed by five main management modules, making it possible to inspect and analyze elements, element families and damages which compose the inspected works of art, as well as the standardization of different parameters used in inspections. The division of the platform in modules and the creation of different access levels in association with different user types permits the division and limitation of functionalities, guaranteeing higher security to undesired data visualization and manipulation.

The behavior of damages in structural elements over time is of great importance for risk analysis and for the definition of maintenance plans. The GDE/UnB methodology recommends maximal intervention deadlines, depending on the level of structural deterioration. In this regard, the applicability of SIGOA-DF becomes interesting for the preservation of inspection history, in which the mapping of damages, elements and their classification according to their type and structural relevance is considered.

The data analysis summarizes the results of inspections carried in 179 special works of art, all located in the Federal District using SIGOA-DF. The use of this platform for inspections made the development and enhancement of the tool possible, resulting in a total of 3 works of art in critical state, 8 in sufferable state and 20 in high deterioration state. The obtained data is stored in a database and reveal particularities regarding occurrence and recurrence of certain pathological manifestations in certain element types, denominated “families”.

Keywords: Viaducts; Bridges; Management System; Structures; GDE

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1.	MOTIVAÇÃO .....	2
1.2.	JUSTIFICATIVA.....	5
1.3.	OBJETIVOS.....	5
1.3.1.	OBJETIVOS GERAIS .....	5
1.3.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	6
1.4.	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	6
<b>2.</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>7</b>
2.1.	INTRODUÇÃO .....	7
2.2.	A METODOLOGIA GDE/UNB.....	7
2.2.1.	PESQUISAS EM DESTAQUE.....	7
2.3.	MANUTENÇÃO DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS .....	20
2.3.1.	NORMALIZAÇÃO TÉCNICA PARA A MANUTENÇÃO DE OAES .....	22
2.4.	INSPEÇÃO DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS .....	24
2.4.1.	PROCEDIMENTOS DE INSPEÇÃO SEGUNDO A NORMA DNIT 010/2004-PRO (DNIT, 2004a).....	24
2.4.2.	PROCEDIMENTOS DE INSPEÇÃO SEGUNDO A ABNT NBR 9452:2019 .....	26
2.5.	SISTEMAS DE GERENCIAMENTO DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS.....	30
2.5.1.	EXEMPLOS DE SISTEMAS DE GERENCIAMENTO DE OAES.....	32
2.5.2.	OUTROS SISTEMAS DE GERENCIAMENTO DE OAES .....	42
<b>3.</b>	<b>BANCO DE DADOS.....</b>	<b>44</b>
3.1.	LEVANTAMENTO DAS OBRAS DE ARTE ESPECIAIS DO DISTRITO FEDERAL.....	44



3.2. DIVISÃO ENTRE OS INSPETORES E NOMENCLATURA.....	45
<b>4. METODOLOGIA .....</b>	<b>47</b>
4.1. DESENVOLVIMENTO DA PLATAFORMA .....	47
4.2. ESTRUTURA DA PLATAFORMA .....	48
4.2.1. MÓDULO DE GESTÃO DE USUÁRIOS .....	49
4.2.2. MÓDULO DE PADRONIZAÇÃO.....	50
4.2.3. MÓDULO DE CONSULTA.....	52
4.2.4. MÓDULO DE GESTÃO DE OAES.....	56
4.2.5. MÓDULO DE INSPEÇÃO.....	56
4.3. INTEGRAÇÃO E ESTRUTURA DO BANCO DE DADOS .....	60
<b>5. RESULTADOS.....</b>	<b>62</b>
5.1. ANÁLISE GERAL DAS OAES INSPECIONADAS .....	62
5.2. ANÁLISE DAS FAMÍLIAS E DE ELEMENTOS .....	66
5.3. ANÁLISE DOS DANOS.....	67
5.4. ANÁLISE DAS OAES EM ESTADO CRÍTICO.....	69
<b>6. CONCLUSÃO .....</b>	<b>71</b>
6.1. TRABALHOS FUTUROS.....	72
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>73</b>
<b>8. ANEXO .....</b>	<b>79</b>
8.1. ANEXO 1 - FICHA DE INSPEÇÃO ROTINEIRA EXPEDITA – DNIT .....	79
8.2. ANEXO 2 - INVENTÁRIO DA ESTRUTURA UTILIZADA PELO DNIT .....	81
8.3. ANEXO 3 – DISTRIBUIÇÃO E RESULTADOS DAS INSPEÇÕES POR INSPETOR82	

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela</b>	<b>Página</b>
Tabela 2-1 - Famílias, danos e fatores de ponderação (CASTRO, 1994).....	9
Tabela 2-2 - Determinação do fator de intensidade a partir da classificação de danos (CASTRO,1994) .....	10
Tabela 2-3 - Classificação de Níveis de Deterioração do Elemento (CASTRO, 1994).....	11
Tabela 2-4 - Classificação dos Graus de Deterioração da Estrutura (CASTRO,1994).....	13
Tabela 2-5 - Classificação de níveis de deterioração adaptado para pontes (EUQUERES, 2011) .....	16
Tabela 2-6 - Classificação dos Fatores de Intensidade dos Danos - Parte 1 (VERLY, 2015) .	17
Tabela 2-7 - Classificação dos Fatores de Intensidade dos Danos - Parte 2 (VERLY, 2015) .	18
Tabela 2-8 - Classificação da condição de OAE segundo os parâmetros estrutural, funcional e de durabilidade (ABNT NBR 9452, 2019) .....	28
Tabela 2-9 - Modelo de ficha de classificação da OAE (ABNT NBR 9452, 2019) .....	29
Tabela 2-10 - Caracterização dos elementos segundo a relevância no sistema estrutural (ABNT NBR 9452, 2019) .....	30
Tabela 2-11 - Funções do Pontis no suporte do ciclo de vida das OAEs. (AASTHO, 2005)..	36
Tabela 2-12- Resumo de alguns dos sistemas de gerenciamento utilizados no mundo. (FHWA, 2005 apud MOSCOSO, 2017). .....	42
Tabela 3-1 - OAEs designadas e inspecionadas.....	46
Tabela 4-1 - Resumo dos níveis de acesso do SIGOA-DF .....	49
Tabela 4-2 - Resumo equações Metodologia GDE/UnB utilizadas no SIGOA-DF. ....	59
Tabela 4-3 - Fatores de Relevância Padrão Adotados no Sistema.....	60
Tabela 5-1 - Panorama Geral das OAEs levantadas .....	63
Tabela 5-2 - Relação das 10 OAEs mais críticas .....	63
Tabela 5-3 - Relação das 10 OAEs menos críticas .....	64
Tabela 5-4 - Classificação dos Níveis de Deterioração das OAEs Analisadas.....	64
Tabela 5-5 - Análise dos Parâmetros das Família dos Dados Analisados .....	66
Tabela 5-6 - Análise Geral dos Danos nas OAEs Avaliadas .....	67

Tabela 5-7 - Ocorrência de Danos por Família de Elementos .....	68
Tabela 5-8 - Dados das Famílias de Elementos Inspeccionadas nas 3 OAEs mais críticas .....	69
Tabela 5-9 - Análise dos Danos encontrados nas três OAEs mais críticas do banco de dados	70

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
Figura 1-1 - Viaduto Ayrton Senna, exemplo de formato de estrutura diferenciado utilizando o concreto armado .....	1
Figura 1-2 - Viaduto do Eixo Rodoviário após o desabamento .....	3
Figura 1-3 - Danos na Ponte do Bragueto .....	4
Figura 1-4 - Queda de placas em viaduto próximo a Ponte Costa e Silva .....	4
Figura 2-1 - Fluxograma da Metodologia GDE/UnB (adaptado de CASTRO, 1994).....	8
Figura 2-2 - Combinação sistemática dos componentes para a sustentabilidade da construção (CEB-FIP, 2009). .....	21
Figura 2-3 - Lei de Sitter (HELENE, 1992 apud CAVALLI; DOTAF, 2008) .....	22
Figura 2-4 - Fluxo de atividades de um sistema de Gestão de Obras Especiais. (MOSCOSO, 2017).....	32
Figura 2-5 - Pontes sobre a represa do Capivari, (DNIT, 2005) .....	33
Figura 2-6 - Modelo de funcionamento do Sistema de Gestão e Conservação de Obras de Arte (HORTA e FREIRE, 2012).....	39
Figura 3-1 - Divisão do Distrito Federal em malhas (Retirado do <i>Google Maps</i> ).....	44
Figura 3-2 – Relação e distribuição das OAEs do DF para inspeção (Retirado do <i>Google Maps</i> ) .....	45
Figura 4-1 - Arquitetura Simplificada do SIGOA-DF .....	48
Figura 4-2 - Telas de Login e Gerenciador de Usuários .....	50
Figura 4-3 - Gerenciador de Danos-Padrão e Edição dos Fatores de Intesidade (Fi).....	51
Figura 4-4 - Gerenciador de Famílias-Padrão e Associação de Danos-Padrão.....	51
Figura 4-5 - Visão em Lista e Visão em Mapa das OAEs .....	52
Figura 4-6 - Menus de Filtragem e Ordenamento .....	53
Figura 4-7 – Aba de Análise Básica.....	54
Figura 4-8 – Página de Visualização de OAE.....	55
Figura 4-9 - Tela de Criação e Edição de OAEs .....	56
Figura 4-10 - Tela de Inspeção.....	57

Figura 4-11 - Tela de Edição de Elemento.....	58
Figura 4-12 Estruturas de banco de dados .....	61
Figura 5-1 - Relação de OAEs Levantas e Inspeccionadas Utilizando-se o SIGOA-DF .....	62
Figura 5-2 - Níveis de Deterioração das OAEs Analisadas .....	64
Figura 5-3 - Gráfico de Dispersão das OAEs analisadas .....	65
Figura 5-4 - Classificação das OAEs exportadas para o Google My Maps .....	66
Figura 5-5 - Ocorrência de Danos nas OAEs Avaliadas .....	68

## LISTA DE SÍMBOLOS

### Símbolo      Significado

$FI$	Fator de intensidade do dano;
$FR$	Fator de relevância estrutural;
$FG$	Fator de gravidade do problema;
$n$	Número de elementos componente da família;
$m$	Número de elementos da família
$GR$	Grau de risco da estrutura;
$k$	Número de famílias de elementos da obra;
$F_p$	Fator de ponderação;
$F_i$	Fator de intensidade do dano;
$D$	Grau do dano;
$G_{de}$	Grau de deterioração do elemento;
$m$	Número de danos detectados no elemento;
$D_i$	Grau do dano de ordem $i$ ;
$G_{df}$	Grau de deterioração da família de elementos;
$n$	Número de elementos componentes da família com $G_{de} \geq 15$ ;
$F_r$	Fator de relevância estrutural;
$G_d$	Grau de deterioração estrutural;
$D_{máx}$	Maior grau de dano;
$G_{demáx}$	Maior grau de deterioração do elemento;
$G_d^*$	Grau de deterioração da estrutura, considerando todos os valores de $G_{de}$
$G_{df,i}$	Grau de deterioração da família de elementos de ordem $i$ ;
$K$	Produto do $G_{df,i}$ pelo respectivo $F_r$ ;
$K_{máx}$	Maior $K$ ;
$G_{d,mod}$	Grau de deterioração da estrutura modificado;

$G_{d,mod}^*$  Grau de deterioração da estrutura modificado, considerando todos os valores de  $G_{de}$ .

# 1. INTRODUÇÃO

Essenciais para uma maior eficiência do transporte de pedestres e veículos, as pontes e viadutos são utilizadas para que seja mantida a continuidade de vias quando é necessário um caminho alternativo a um obstáculo, seja esse uma outra via, um curso ou um corpo d'água. Sua utilização garante, portanto, o funcionamento adequado de sistemas de transporte de pessoas, bens e serviços. Estes elementos são classificados como Obras de Arte Especiais – OAEs (DNIT, 2017) devido às suas características diferenciadas, como elementos estruturais verticais, arquitetura e dimensões.

As Obras de Arte Especiais são comumente executadas em concreto armado, que permite estruturas com formatos variados, como o Viaduto Ayrton Senna, localizado em Brasília e mostrado na Figura 1-1. O menor custo de seu emprego, assim como a facilidade de acesso ao concreto tornaram-no o material mais utilizado no Brasil. A cidade de Brasília, capital do país, é mundialmente conhecida por sua arquitetura modernista e pela utilização do concreto para diversos monumentos, edifícios, pontes e viadutos.



Figura 1-1 - Viaduto Ayrton Senna, exemplo de formato de estrutura diferenciado utilizando o concreto armado

A cidade de Brasília completou seu 61º aniversário e, nos últimos anos, as consequências da falta de manutenção das estruturas mostraram-se preocupantes. A deterioração de elementos, principalmente em pontes e viadutos, é visível na forma de mais diversas patologias, que podem gerar colapso parcial ou total da estrutura. Apesar dos esforços de órgão auditores, como o



Tribunal de Contas do Distrito Federal -TCDF (2012), ocorreram em fevereiro de 2018 dois incidentes marcantes.

A queda da laje da garagem de um prédio na SQN 201 destruiu 25 veículos durante a madrugada. Alguns dias depois, parte do viaduto sobre a Galeria dos Estados, no coração da cidade, desabou durante a manhã e danificou quatro veículos. Afortunadamente não houve vítimas, porém os incidentes poderiam ser evitados caso a devida manutenção preventiva tivesse sido realizada nas estruturas.

De forma a garantir a qualidade e prolongar a vida útil das estruturas, as manutenções periódicas são importantes para evitar que surjam novos problemas ou que problemas já existentes se agravem. Ademais, o controle do estado de conservação de edificações requer que determinados procedimentos e parâmetros sejam padronizados. Dessa maneira facilita-se a classificação, bem como auxilia-se na priorização de reparos e no planejamento da manutenção das estruturas. Para tal, foram criados métodos avaliativos das condições, levando em consideração variados aspectos e permitindo a identificação de riscos e a economia a longo prazo ao evitar-se agravamento dos danos existentes ou o surgimento de novos.

Um dos métodos desenvolvidos com o uso de equações para a avaliação do grau de deterioração estrutural é a metodologia GDE/UnB. Esta permite, além da análise global da estrutura, a avaliação isolada de cada elemento que a constitui. A metodologia possibilita, dessa forma, a determinação de prazos, prioridades e facilita a organização e o controle das rotinas de inspeção. Não obstante, diminui-se o risco de acidentes que possam ocorrer devido a patologias causadas e agravadas por falta de informações, comunicação por parte da equipe responsável, assim como de gerenciamento e fiscalização das estruturas.

## **1.1. MOTIVAÇÃO**

No ano de 1960 foi inaugurada a nova capital do Brasil, Brasília, com arquitetura modernista e urbanismo planejado. A UNESCO reconheceu a cidade como Patrimônio Cultural da Humanidade em dezembro de 1987, sendo até hoje a única cidade moderna na seleta lista. O desenho urbanístico em formato semelhante ao de um avião desenhado por Lúcio Costa, o paisagismo pensado por Burle Marx, as concepções arquitetônicas de Oscar Niemeyer acompanhada dos cálculos estruturais feitos por Joaquim Cardozo, bem como o trabalho de muitos outros profissionais que construíram e planejaram a capital do país, possibilitaram o

desenvolvimento da bela cidade. Embora conhecida e admirada internacionalmente, observa-se certa dificuldade na conservação e na proteção de muitas partes do patrimônio Brasiliense.

Em fevereiro de 2018, o desabamento de um viaduto em uma das principais rodovias que corta a cidade, o Eixo Rodoviário Central de Brasília, localizado a menos de um quilômetro da Rodoviária do Plano Piloto foi presenciado pela população local. Felizmente não houve vítimas diretas, porém o prejuízo financeiro e socioeconômico foi alto, uma vez que comerciantes e trabalhadores do local tiveram grandes perdas materiais, além de sofrerem com a interdição de suas lojas e restaurantes. Durante a interdição do trecho o trânsito teve de ser desviado, afetando o transporte local e tornando necessários 16 meses e aproximadamente 12 milhões de reais para a reconstrução do viaduto, cuja queda é retratada na Figura 1-2.



Figura 1-2 - Viaduto do Eixo Rodoviário após o desabamento

A Universidade de Brasília fez parte da investigação do caso, concluindo que o acidente ocorreu devido à falta de manutenção no viaduto, causando a exposição desse às intempéries como a água. A entrada desta por fissuras teve como consequência a corrosão dos cabos de protensão da estrutura até o colapso no dia 6 de fevereiro de 2018 (UNB, 2018).

O Sindicato de Engenharia e Arquitetura fez em 2009 e em 2011 estudos que apontavam a necessidade urgente de reparos e manutenção em diversos viadutos e pontes da cidade (Sinaenco, 2009, 2011). Além disso, uma auditoria realizada em 2012 pelo Tribunal de Contas do Distrito Federal detectou fragilidades em viadutos, pontes e monumentos de Brasília, sendo recomendada a restauração do viaduto que desabou em 2018 e de outros, como a Ponte do Bragueto, cujo estado de conservação no ano de 2017 pode ser observado pela Figura 1-3. O

relatório mostrou que 40,5% das passarelas da cidade, além de 30% das pontes e viadutos se encontravam em mau estado de conservação (TCDF, 2013).



Figura 1-3 - Danos na Ponte do Bragueto

Em setembro de 2020, durante uma forte chuva, moradores locais ficaram assustados com a queda de placas de concreto de um viaduto próximo à Ponte Costa e Silva, mostrado na Figura 1-4. Na ocorrência, as placas quase atingiram carros e tornaram necessária a interdição da pista.



Figura 1-4 - Queda de placas em viaduto próximo a Ponte Costa e Silva

Com o objetivo de evitar-se novos erros provenientes de causas similares, busca-se, com o presente trabalho, o estudo das atuais ferramentas disponíveis para o gerenciamento de Obras

de Arte Especiais no Distrito Federal, bem como a apresentação de resultados da coleta de dados realizada por alunos da universidade de Brasília, como Chaves (2021), Saraiva (2021), Pereira (2021), Monteiro (2021) e Nascimento Filho (2021). Estes trabalhos foram realizados aplicando-se a metodologia GDE/UNB, proposta por Castro (1994) e atualizada por pesquisadores da Universidade de Brasília nos últimos 25 anos.

## **1.2. JUSTIFICATIVA**

As manutenções periódicas são essenciais em estruturas de concreto armado ou protendido, garantindo o desempenho e a durabilidade ao longo de suas vidas úteis. Observa-se um cenário preocupante em relação à falta de gerenciamento de manutenção e às falhas na priorização de investimentos de recursos em reformas, principalmente no que tange as Obras de Arte Especiais, patrimônios públicos de grande importância para a preservação de um bom fluxo de veículos e pedestres.

A crescente utilização de tecnologia, bem como o aperfeiçoamento das metodologias de inspeção permitem que sejam desenvolvidas ferramentas de inspeção e gerenciamento de Obras de Arte Especiais. É possível, dessa forma, otimizar a distribuição de esforços e recursos para a prevenção e monitoramento de patologias que possam levar essas estruturas à ruína. O presente trabalho propõe, portanto, o desenvolvimento e a utilização de uma ferramenta para o cadastro, inspeção e monitoramento dos viadutos do Distrito Federal, bem como a criação de um banco de dados com inspeções já realizadas e com previsão para a realização de novas inspeções.

## **1.3. OBJETIVOS**

### **1.3.1. OBJETIVOS GERAIS**

Este trabalho tem como objetivo principal o desenvolvimento do SIGOA-DF, uma ferramenta computacional de inspeção, monitoramento e gerenciamento do estado de conservação de Obras de Arte Especiais do Distrito Federal utilizando a metodologia GDE/UnB. Além disso, é proposto um banco de dados com estatísticas e resultados obtidos em inspeções que utilizaram a ferramenta, obtendo-se assim o grau de deterioração das estruturas, patologias mais recorrentes e outros fatores a partir dos quais pode ser feita uma análise estatística que pode ser utilizada para a criação de planos de manutenção e auxílio para tomadas de decisão.

### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Proposição de uma interface para cadastro e coleta de dados obtidos em inspeções de acordo com a metodologia GDE/UnB e acompanhamento da utilização da mesma por uma equipe de 5 alunos da Universidade de Brasília. Por fim, analisar os resultados preliminares colhidos para as OAEs designadas enfatizando as que obtiveram pior e melhor avaliação para o grau de deterioração estrutural, especificando os seus elementos, famílias de elementos, o fator de intensidade dos danos, além da avaliação global da estrutura.

### **1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO**

Este trabalho está dividido em 6 capítulos, apresentados da seguinte maneira.

O Capítulo 1 tem como objetivo introduzir o leitor ao tema que será abordado ao longo do trabalho.

O Capítulo 2 faz uma breve introdução à metodologia GDE/UnB e apresenta os principais trabalhos onde são propostas ferramentas de gestão e inspeção de pontes, viadutos e/ou outros tipos de estruturas, consistindo na revisão bibliográfica deste trabalho. A revisão é fundamental para situar o estudo temporalmente com o desenvolvimento, aplicação e resultados obtidos por outros autores.

O Capítulo 3 apresenta o processo de identificação, levantamento e distribuição das Obras de Arte Especiais do Distrito Federal entre os inspetores.

O Capítulo 4 apresenta uma visão consolidada do SIGOA-DF, ferramenta desenvolvida neste trabalho, assim como uma breve descrição dos procedimentos de cadastro de Obras de Arte Especiais e de inspeção. É feito em seguida um resumo da rotina de cálculo utilizada no processo, assim como tratamento e armazenamento dos dados.

O Capítulo 5 apresenta os resultados alcançados na coleta de dados preliminar pelos inspetores, além de uma análise básica do banco por eles formado.

O Capítulo 6 contempla as conclusões sobre o desenvolvimento da ferramenta e a aplicação da metodologia, bem como recomendações para trabalhos futuros.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. INTRODUÇÃO**

Neste capítulo apresenta-se inicialmente uma breve revisão acerca da metodologia do Grau de Deterioração Estrutural da Universidade de Brasília (GDE/UnB), mencionando-se diferentes pesquisadores na área. Em seguida, é apresentado o referencial normativo e manuais complementares no que tange o procedimento de inspeção e coleta de dados. Retrata-se, então, diferentes sistemas de gerenciamento utilizados pelo mundo, enfatizando-se aquele operado pelo Departamento de Infraestrutura e Transporte do Brasil (DNIT).

### **2.2. A METODOLOGIA GDE/UNB**

A metodologia GDE/UnB foi adaptada ao decorrer dos anos visando-se uma avaliação mais detalhada e padronizada de Obras de Arte Especiais. O desenvolvimento de métodos quantitativos busca reduzir a subjetividade das análises, tornando-as mais precisas.

#### **2.2.1. PESQUISAS EM DESTAQUE**

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

A metodologia proposta por KLEIN et. al (1991) tem como principal objetivo a padronização das análises de vistorias em Obras de Arte Especiais executadas em concreto armado, sendo feita uma classificação em função de seu grau de risco estrutural. A partir dessa metodologia, podem ser definidas avaliações de prioridade de intervenção e ser feito o planejamento de manutenções.

Baseado na inspeção visual da estrutura e na identificação e registro de todas as patologias observadas, KLEIN et. al (1991) define grupos de mesmo elemento estrutural, chamados de famílias, dentre as quais se destacam instalações, pavimentos, pilares, tabuleiros, aparelhos de apoio e juntas de dilatação. Cada uma dessas famílias possui uma lista de manifestações patológicas particulares, sendo atribuídas notas para cada manifestação patológica em função da intensidade do dano reconhecido durante a vistoria. O parâmetro utilizado para a quantificação de cada dano, o Fator de Intensidade de Dano (FI) pode variar de 0 a 4, sendo 0

atribuído a elementos em perfeitas condições (sem lesões) e 4 atribuído a elementos em péssimas condições (estado crítico).

A metodologia proposta considera ainda diferentes pesos para cada família, definidos de acordo com sua importância para a segurança e estabilidade global da estrutura. O peso de cada família de elementos é chamado de Fator de Relevância Estrutural (FR).

### 2.2.1.2. CASTRO (1994)

Objetivando a sistematização e o incentivo de programas de manutenção periódica para OAEs, a metodologia GDE/UnB foi desenvolvida através do trabalho de Castro (1994). Utilizou-se para tal a quantificação do grau de deterioração estrutural, buscando uma maior facilidade no que diz respeito à determinação da necessidade de intervenções que garantissem a durabilidade prevista para as estruturas.

A autora adaptou a metodologia proposta por Klein et. al (1991), tornando possível uma avaliação mais completa e aplicável a outros tipos de estruturas. Para tal, foi necessária a adaptação de alguns parâmetros e definições, tornando possível a quantificação da evolução dos danos ao longo da vida útil da estrutura.

Baseada em inspeções periódicas e no preenchimento de cadernos de inspeção, a metodologia proposta por Castro (1994) segue os moldes mostrados no fluxograma exposto na Figura 2-1.

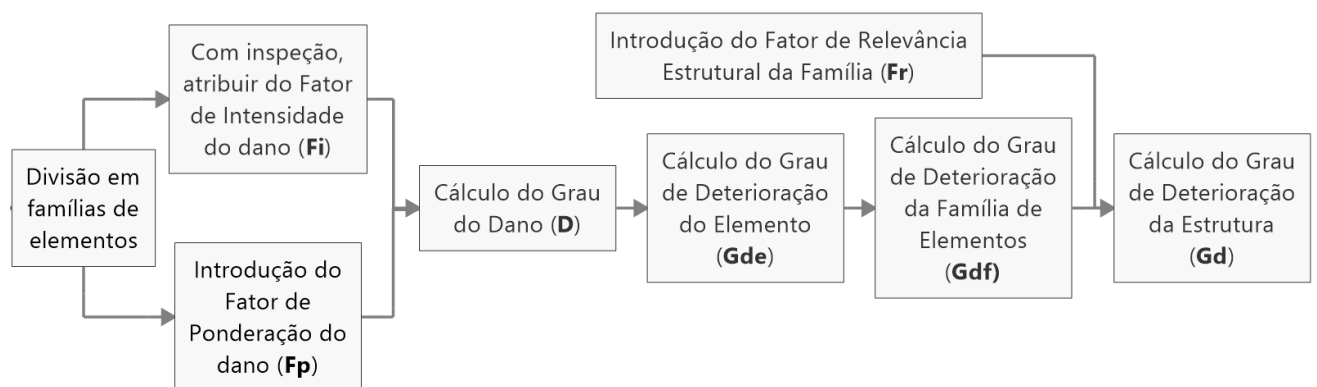


Figura 2-1 - Fluxograma da Metodologia GDE/UnB (adaptado de CASTRO, 1994)

Assim como no trabalho de Klein et. al (1991), as edificações analisadas podem ser divididas utilizando as características dos elementos estruturais. A formação de grupos, também chamados

de famílias, é definida por Castro (1994) englobando novos tipos de elemento como vigas, cortinas, blocos, escadas e reservatórios. Ademais, o método permite a adição e edição de famílias, tornando possível uma maior flexibilidade para a avaliação de particularidades da estrutura analisada.

Cada família de elementos proposta por Castro (1994) possui sua própria lista de possíveis manifestações patológicas, acompanhada de um valor de Fator de Ponderação do Dano ( $F_p$ ), que varia de 1 a 10. O objetivo da criação desse parâmetro é a quantificação da relevância de determinada manifestação patológica em função de suas particularidades tais como segurança, funcionalidade e estética. Manifestações iguais podem, dessa maneira, ter fatores de ponderação diferentes em função das características da família para qual são avaliadas. A Tabela 2-1 apresenta as principais famílias, danos e fatores de ponderação propostos pela autora.

Tabela 2-1 - Famílias, danos e fatores de ponderação (CASTRO, 1994)

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

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



O responsável pela inspeção deve, a partir da inspeção visual, atribuir um Fator de Intensidade de Dano ( $F_i$ ) para o dano avaliado, com escala que varia de 0 a 4, assim como proposto por Klein et. al (1991).

Castro (1994) desenvolveu ainda uma tabela com a descrição de cada nível de dano como referência para o inspetor, possibilitado uma análise menos subjetiva e mais pragmática. Um exemplo de classificação de danos para a determinação dos fatores de intensidade pode ser observado na Tabela 2-2.

Tabela 2-2 - Determinação do fator de intensidade a partir da classificação de danos (CASTRO,1994)

Tipos de danos	Fator de intensidade do dano ( $F_i$ ) - Tipos de manifestação
Segregação	1- Superficial e pouco significativa em relação às dimensões da peça; 2- Significante em relação às dimensões da peça; 3- Profunda em relação às dimensões da peça, com ampla exposição da armadura; 4- Perda relevante da seção da peça.
Eflorescência	1- Início de manifestação; 2- Manchas de pequenas dimensões; 3- Manchas acentuadas, em grandes extensões.
Desagregação	2- Início de manifestação; 3- Manifestações leves; 4- Por perda acentuada de seção e esfrelamento do concreto.
Cobrimento	1- Menores que os previstos em norma sem, no entanto, permitir a localização da armadura; 2- Menor que o previsto em norma, permitindo a localização da armadura ou armadura exposta em pequenas extensões; 3- Deficiente com armaduras expostas em extensões significativas.
Manchas de corrosão ou Corrosão da armadura	2- Manifestações leves; 3- Grandes manchas e/ou fissuras de corrosão; 4- Corrosão acentuada na armadura principal, com perda relevante de seção.
Flechas	1- Não perceptíveis a olho nu; 2- Perceptíveis a olho nu, dentro dos limites previstos em norma; 3- Superiores em até 40% às previstas na norma; 4- Excessivas.
Fissuras	1- Aberturas menores do que as máximas previstas em norma; 2- Estabilizadas, com abertura até 40% acima dos limites de norma; 3- Aberturas excessivas, estabilizadas; 4- Aberturas excessivas, não estabilizadas.

Após a determinação dos fatores de intensidade, o próximo passo no método é a definição do parâmetro Grau de Dano (D), introduzido na metodologia com objetivo de quantificar-se a manifestação de cada patologia com base no modelo de evolução da deterioração no concreto no tempo apresentado no trabalho de Tuutti (1982). O fator de Ponderação ( $F_p$ ) e o Fator de Intensidade ( $F_i$ ) influenciam diretamente este parâmetro, regido pelas Equações 2-1 e 2-2.

$$D = 0,4 \cdot F_i \cdot F_p \quad \text{para } F_i \leq 2 \quad \text{Equação 2-1}$$

$$D = (6 \cdot F_i - 14) \cdot F_p \quad \text{para } F_i \geq 3 \quad \text{Equação 2-2}$$

Diante do exposto, é possível a obtenção do Grau de Deterioração de um Elemento isolado ( $G_{de}$ ) utilizando as Equações 2-3 e 2-4.

$$G_{de} = D_{máx} \quad \text{para } m \leq 2 \quad \text{Equação 2-3}$$

$$G_{de} = D_{máx} + \frac{\sum_{i=1}^{m-1} D_i}{m-1} \quad \text{para } m > 2 \quad \text{Equação 2-4}$$

Sendo:

$m$  o número de danos detectados no elemento;

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

A formulação tem como principal objetivo a consideração correta da interferência entre os danos dos elementos, prevalecendo o maior dano para elementos com até dois danos. No caso de elementos com mais de dois danos, deve ser considerada a influência da superposição dos mesmos, de modo que, para fins de cálculo, soma-se o maior dano à média dos demais. Castro (1994) propõe medidas a serem adotadas de acordo com o grau de deterioração do elemento, conforme exposto na Tabela 2-3.

Tabela 2-3 - Classificação de Níveis de Deterioração do Elemento (CASTRO, 1994)

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

Após a determinação do Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ ), a próxima etapa é a determinação do Grau de Deterioração de uma Família de elementos ( $G_{df}$ ). O cálculo desse parâmetro é feito pela média aritmética entre os graus de deterioração dos elementos que a compõem, sendo considerados apenas valores de  $G_{de}$  maiores ou iguais a 15, tornando mais relevantes os danos de estado mais crítico. Segundo Castro (1994), para famílias cujos

elementos tenham todos  $G_{de}$  menor que 15, o valor de  $G_{df}$  deve ser considerado igual a zero. A Equação 2-5 apresenta o cálculo do Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ ).

$$G_{df} = \frac{\sum_{i=1}^n G_{de(i)}}{n} \quad \text{Equação 2-5}$$

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

Cada família tem atribuída a si um Parâmetro de Relevância Estrutural ( $F_r$ ), similar ao proposto por Klein et. al (1991), cujos valores variam de 1 a 5. Esses parâmetros são pesos utilizados para relativizar a importância de cada família dentro da estrutura global.

A obtenção dos parâmetros Grau de Deterioração da Família ( $G_{df}$ ) e dos respectivos valores de Fator de Relevância ( $F_r$ ) possibilita o cálculo do Grau de Deterioração da Estrutura ( $G_d$ ), parâmetro final da análise proposta pela autora. A obtenção desse parâmetro é dada pela Equação 2-6.

$$G_d = \frac{\sum_{i=1}^k F_{r(i)} \cdot G_{df(i)}}{\sum_{i=1}^k F_{r(i)}} \quad \text{Equação 2-6}$$

Onde:

$k$  é o número de famílias de elementos presentes na estrutura;

$F_r$  é o fator de relevância estrutural de cada família;

$G_{df}$  é o grau de deterioração estrutural da família de elementos.

A partir dos valores de Grau de Deterioração da Estrutura ( $G_d$ ) calculados, Castro (1994), propõe intervalos de classificação do nível de deterioração global da estrutura, bem como as medidas a serem adotadas em cada caso, conforme mostra a Tabela 2-4.

Tabela 2-4 - Classificação dos Graus de Deterioração da Estrutura (CASTRO,1994)

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

A ferramenta de análise proporcionada na Tabela 2-4 deve ser entendida como um resultado global da estrutura. A possibilidade de danos críticos isolados em estruturas globalmente classificadas como de baixo nível de deterioração deve, no entanto, ser considerada, podendo existir a necessidade de intervenções imediatas nas mesmas (CASTRO, 1994).

### 2.2.1.3. LOPES (1998)

O trabalho de Lopes (1998) consistiu na utilização da metodologia GDE/UnB para verificar a condição de prédios de uso comercial do Banco do Brasil S.A. Foi também proposta a criação de um banco de dados para sistema de manutenção dos edifícios. Entre outras mudanças que envolvem alteração das famílias de elementos e fatores de ponderação, a formulação para o cálculo do grau de deterioração do elemento (G<sub>de</sub>) foi alterada para corrigir distorções oriundas da quantidade de danos considerados.

A formulação proposta por Castro (1994) adotava o maior grau de dano quando existissem até dois danos e, em caso de um número maior de danos, fazia-se a soma da média dos demais. A formulação proposta por Lopes (1998) altera, por sua vez, o equacionamento matemático em busca de uma melhor representação do crescimento da deterioração do elemento quando na adição de novos danos.

$$G_{de} = D_{máx} \cdot \left( 1 + \frac{\sum_{i=1}^m D_{(i)} - D_{máx}}{\sum_{i=1}^m D_{(i)}} \right) \quad \text{Equação 2-7}$$

Onde:

*m* é o número de danos detectados no elemento;

$D_i$  é o grau do dano de ordem (i);

$D_{máx}$  é o maior grau de dano.

A utilização da metodologia GDE/UnB com as alterações propostas se mostrou eficiente para a caracterização dos edifícios inspecionados no que tange o grau de deterioração. Além disso, os resultados foram utilizados para a recomendação de ações e planos de manutenção das edificações, possibilitando o prolongamento de sua vida útil e melhor desempenho.

#### 2.2.1.4. FONSECA (2007)

Em seu trabalho, Fonseca (2007) teve como principal objetivo a aplicação da metodologia GDE/UnB no Instituto Central de Ciências (ICC) da Universidade de Brasília. Além de alterações na lista de danos, como a mudança de “esfoliação” para “deslocamento” e “segregação” para “falha de concretagem”. O autor também notou que o valor da maior parte dos fatores de ponderação ( $F_p$ ) estavam acima de 5. Com isso, foi simplificada a escala de 0 a 10 para uma escala de 1 a 5. Para tal, foi necessária uma alteração na formulação para a definição do grau de dano (D), conforme as equações 2-8 e 2-9.

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

$$D = (12 \cdot F_i - 28) \cdot F_p \quad \text{para } F_i \geq 3 \quad \text{Equação 2-9}$$

Juntamente a outras modificações no que tange o fator de ponderação de alguns dos danos, como de carbonatação ( $F_p = 3$ ) e de corrosão ( $F_p = 5$ ), o dano de fissuras passou a ter fator de ponderação variável de acordo com o tipo de fissura atuante. O valor do fator de ponderação para este dano deve estar no intervalo de 2 a 5, sendo os valores de 4 e 5 atribuídos a elementos com risco de ruptura frágil.

O autor propõe em seu trabalho uma tabela que descreve os tipos de fissura a serem consideradas, com croquis, descrições e qual o fator de ponderação a ser adotado em cada caso. Esta tabela foi inserida no roteiro de inspeções proposto por Boldo (2002) que foi atualizado mais tarde por Euqueres (2011) e por Verly (2015).

O cálculo do grau de deterioração da estrutura também foi alterado por Fonseca (2007), que considerava que o equacionamento antes utilizado superestimava o estado real de um elemento

em estado crítico, especialmente no caso da ocorrência de vários elementos na estrutura. Dessa maneira, o cálculo do grau de deterioração da família passa a ser representado pela Equação 2.10

$$G_{df} = G_{demáx} \cdot \left( \sqrt{1 + \frac{\sum_{i=1}^m G_{de(i)} - G_{demáx}}{\sum_{i=1}^m G_{de(i)}}} \right) \quad \text{Equação 2.10}$$

Onde,

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

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

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

O resultado final da inspeção feita por Fonseca (2007) indicou a estrutura como sofrível de deterioração, sendo recomendado de acordo com a metodologia uma intervenção no prazo máximo de 6 meses. A conclusão do autor foi de que a avaliação estava condizente com a realidade estrutural do Instituto Central de Ciências (ICC).

### 2.2.1.5. EUQUERES

O trabalho de Euqeres (2011) teve como principal objetivo a aplicação da metodologia GDE/UnB na inspeção de pontes de concreto armado, localizadas no estado de Goiás. Para tal, foi utilizado o método revisado por Fonseca (2007), sendo feitas adaptações para o uso em pontes de concreto armado.

Entre as adaptações feitas, passaram a ser considerados os seguintes elementos, com os respectivos fatores de relevância ( $F_r$ ):

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

Ademais, foram feitas modificações na classificação em níveis de deterioração estrutural e seus respectivos prazos de intervenção e manutenção. Com isso, as faixas de nível de deterioração e suas respectivas medidas a serem adotadas foram adaptadas para a inspeção de pontes de concreto armado, como mostrado na Tabela 2-5.

Tabela 2-5 - Classificação de níveis de deterioração adaptado para pontes (EUQUERES, 2011)

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

As pontes avaliadas tiveram classificação que variava entre média e alta. Não obstante as dificuldades de avaliação para as grandes pontes, algumas das quais superam mais de 70 metros de extensão, Euqueres (2011) mostrou a eficiência do método com inspeções visuais.

#### 2.2.1.6. VERLY (2015)

Como principal objetivo de seu trabalho, Verly (2015) fez uma comparação entre a metodologia GDE/UnB e a metodologia utilizada pelo Departamento de Infraestrutura e Transporte do Brasil (SGO/DNIT). Para tal, o autor realizou avaliações das condições estruturais de 22 OAEs da cidade de Brasília – DF, cujos resultados foram adaptados para a metodologia GDE/UnB e comparados aos resultados obtidos pela metodologia do DNIT.

O autor anexa a seu trabalho tabelas que descrevem as características dos danos de acordo com cada fator de intensidade, auxiliando na redução da subjetividade e na padronização da metodologia pelos inspetores. A Tabela 2-6 e a Tabela 2-7 apresentam as classificações propostas por Verly (2015) de acordo com o tipo e a intensidade dos danos.

Tabela 2-6 - Classificação dos Fatores de Intensidade dos Danos - Parte 1 (VERLY, 2015)

<b>Tipos de danos</b>	<b>Valores de <math>F_i</math></b>
Carbonatação	1 → localizada, com regiões com pH < 9, sem afetar as armaduras. 2 → localizada, atingindo a armadura, em ambiente seco. 3 → localizada, atingindo a armadura, em ambiente úmido. 4 → generalizada, atingindo a armadura, em ambiente úmido.
Cobrimento deficiente	1 → menores que os previstos em norma sem, no entanto, permitir a localização da armadura. 2 → menor que o previsto em norma, permitindo a localização visual da armadura ou armadura exposta em pequenas extensões. 3 → deficiente, com armaduras expostas em extensões significativas.
Contaminação por cloretos	2 → elementos abrigados sem umidade 3 → elementos no exterior sem umidade 4 → ambientes úmidos.
Corrosão de armaduras	2 → manifestações leves, pequenas manchas. 3 → grandes manchas e/ou fissuras de corrosão. 4 → corrosão acentuada da armadura principal, com perda relevante de seção (> 20% do diâmetro).
Desagregação	2 → início de manifestação. 3 → manifestações leves, início de estofamento do concreto. 4 → por perda acentuada de seção e esfrelamento do concreto.
Deslocamento por empuxo	3 → deslocamento lateral da cortina no sentido horizontal, estável. 4 → deslocamento lateral da cortina no sentido horizontal, instável.
Desplacamento	2 → pequenas escamações do concreto. 3 → lascamento de grandes proporções, com exposição da armadura. 4 → lascamento acentuado com perda relevante de seção.
Desvios de Geometria	2 → pilares e cortinas com excentricidade $e \leq h/100$ ( $h = altura$ ). 3 → pilares e cortinas com excentricidade $h/100 \leq e < h/50$ . 4 → pilares e cortinas com excentricidade $e \geq h/50$ .
Eflorescência	1 → início de manifestações. 2 → manchas de pequenas dimensões. 3 → manchas acentuadas, em grandes extensões. 4 → grandes formações de crostas de carbonato de cálcio (estalactites).
Falha de concretagem	1 → superficial e pouco significativa em relação às dimensões da peça. 2 → significativa em relação às dimensões da peça. 3 → significativa em relação às dimensões da peça, com ampla exposição da armadura. 4 → perda relevante da seção transversal da peça (> 20% da área).
Fissuras	1 → abertura menores do que as máximas previstas em norma. 2 → estabilizadas, com abertura até 40% acima dos limites de norma. 3 → aberturas excessivas; estabilizadas. 4 → aberturas excessivas; não estabilizadas.



Tabela 2-7 - Classificação dos Fatores de Intensidade dos Danos - Parte 2 (VERLY, 2015)

<b>Tipos de danos</b>	<b>Valores do Fator de Intensidade do Dano</b>
Flechas	1 → não perceptíveis a olho nu. 2 → perceptíveis a olho nu, dentro dos limites previstos na norma. 3 → superiores em até 40% às previstas na norma. 4 → excessivas.
Impermeabilização deficiente	2 → danos na camada protetora e/ou perda de elasticidade do material da impermeabilização. 3 → descontinuada, degradada em alguns pontos (pontos de infiltração). 4 → degradação acentuada, com perda relevante da estanqueidade.
Infiltração de água	1 → indícios de umidade. 2 → pequenas manchas. 3 → grandes manchas. 4 → generalizada.
Manchas	2 → manchas escuras de pouca extensão, mas significativas (< 50% da área visível do elemento estrutural). 3 → manchas escuras de grande extensão (>50%). 4 → manchas escuras em todo o elemento estrutural (100%).
Obstrução de juntas de dilatação	2 → perda de elasticidade do material da junta; início de fissuras paralelas às juntas nas lajes e paredes adjacentes. 3 → presença de material não compressível na junta; incidência significativa de fissuras paralelas às juntas nas lajes e paredes adjacentes. 4 → fissuras em lajes e paredes adjacentes às juntas, com prolongamento em vigas e/ou pilares de suporte.
Recalques	2 → indícios de recalque pelas características das trincas na alvenaria; 3 → recalque estabilizado com fissuras em peças estruturais. 4 → recalque não estabilizado com fissuras em peças estruturais.
Sinais de esmagamento do concreto	3 → desintegração do concreto na extremidade superior do pilar, causada por sobrecarga ou movimentação da estrutura; fissuras diagonais isoladas. 4 → fissuras bi-diagonais, com lascamento e/ou esmagamento do concreto por cisalhamento-compressão, com perda substancial de material; exposição e início de flambagem de armaduras.

Revisado por Verly (2015), o Manual de Aplicação da Metodologia GDE/UnB em OAEs foi intitulado dessa forma a partir do Roteiro de Inspeção de Pontes de Concreto Armado atualizado por Euqeres (2011). Esse manual se torna, dessa forma, um guia da metodologia. Verly (2015) considera ainda duas análises para os valores de  $G_d$  obtidos para as 22 OAEs verificadas em seu trabalho, sendo  $G_d^*$  o parâmetro que considera todos os valores de  $G_{de}$ , e  $G_d$  o parâmetro que considera apenas valores de  $G_{de}$  maiores que 15.

As análises dos dados coletados expuseram inconsistência no equacionamento do Grau de Deterioração da Estrutura ( $G_d$ ) no caso do crescimento ou diminuição do número de patologias. O autor propõe, dessa forma, uma nova formulação do Grau de Deterioração Estrutural ( $G_d$ ), apresentado na Equação 2-11.

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

Equação 2-11

Sendo:

$k$  o número de famílias da estrutura;

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

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

Observou-se que a modificação da formulação gerou resultados mais coerentes, uma vez que os valores de  $G_d^*$  calculados a partir do novo equacionamento se apresentaram sempre maiores que os valores de  $G_d$  também calculados pela Equação 2-7. Essa equação permitiu a aplicação da metodologia GDE/UnB em estruturas com baixo nível de deterioração, tornando possível a consideração dos danos com valores baixos nas análises. As adaptações propostas por Verly (2015) tornam possível a apresentação da metodologia GDE/UnB como mais eficiente no que tange a priorização de intervenções, haja vista o englobamento de todas as escalas e dispersões entre valores, tornando mais fácil e eficiente o processo de classificação e de tomada de decisão.

### 2.2.1.7. LAURIA (2018)

O trabalho realizado por Lauria (2018) teve como objetivo principal a utilização da metodologia GDE/UnB na análise de 24 viadutos das entrequadras que contemplam o Eixo Rodoviário Sul da cidade de Brasília – DF. A autora propôs a adição de danos de abrasão às análises, haja vista a recorrência desse tipo de dano nas OAEs analisadas.

Buscando a caracterização do dano na metodologia, a autora definiu um fator de ponderação e um fator de influência para a patologia. Com base em condições de comprometimento da segurança, funcionalidade e estética da estrutura, bem como a gravidade da manifestação, foi considerado um fator de ponderação  $F_p$  de valor igual a 3 para a abrasão. Ademais, Lauria (2018), define os fatores de intensidade para o dano de abrasão.

Lauria (2018) considerou o resultado que leva tanto os valores de  $G_{de}$  maiores quando os valores menores que 15 para fins de cálculo. Portanto, tem-se que: 21% dos viadutos foram

classificados em estado sofrível, sendo proposta recomendação de intervenção em no máximo 6 meses; 29% encontravam-se com nível de deterioração alto (intervenção em 1 ano, no máximo); 50% restantes obtiveram classificação média de deterioração, permitindo manutenção em até dois anos. Os resultados obtidos por Lauria (2018) foram considerados satisfatórios, podendo ser utilizados como ferramenta de auxílio em tomadas de decisão para manutenções.

### **2.3. MANUTENÇÃO DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS**

A palavra manutenção significa manter em ação, sendo um fator essencial, quando empregado no momento adequado, para que sejam evitados altos custos de reposição e reparo de estruturas, bem como a redução do desgaste de outros elementos presentes na mesma. Em estruturas de concreto armado e protendido, as atividades relacionadas à manutenção, reparo e restauração das estruturas e suas partes correspondem a 35% do total do volume de trabalho do setor de construção civil, número crescente nos últimos anos (GARCIA-ALONSO et. al, 2007)

Em países industrialmente desenvolvidos, estima-se que 40% dos recursos da indústria de construção são destinados a intervenções de estruturas já existentes (MEHTA E MONTEIRO, 2008). Dessa forma, é eminente o aumento da atenção por parte dos gestores e engenheiros à questões de durabilidade.

Conforme exposto no Capítulo 1 deste trabalho, a ausência de políticas voltadas para a manutenção e conservação de OAEs resulta em graves consequências, especialmente devido aos riscos para os usuários das estruturas. Grande parte das obras civis do Brasil não possuem plano de manutenção. Além da reformulação dessa cultura e mentalidade, devem ser alterados projetos de obras civis obrigando a elaboração de planos para o período pós-obra (DNIT, 2016).

De acordo com Neto (2012) apud Villanueva (2015), a manutenção passou a ter no Brasil maior ênfase em 1977 com a edição da NBR 5674 – Manutenção de edifícios. Essa norma deu início aos estudos de manutenção na construção civil, sendo aprimorada ao decorrer do tempo. A NBR 5674 proporcionou uma melhoria significativa na abordagem do assunto, conduzindo a metodologia de implantação e englobando diversos aspectos no que diz respeito à gestão de manutenção.

A NBR 5674 incentivou o debate a respeito da importância da manutenção na construção civil, aumentando a preocupação com a manutenção das OAEs, que por sua parte não possuíam plano de gestão de manutenção eficientes. A manutenção corretiva ocorre apenas quando há a necessidade de reparos emergenciais, além de possuir custo mais elevado devido à necessidade de interdição e de reparos ágeis. Apesar de não ser possível eliminar a manutenção corretiva, pode-se utilizar a manutenção preditiva e a manutenção preventiva para a prevenção de falhas e para uma economia de recursos e menor geração de resíduos.

Possan (2010) e a CEB-FIP (2009) sugerem a combinação sistemática dos conceitos de qualidade (durabilidade), funcionalidade e de custo de ciclo de vida e impacto ambiental. O projeto de uma estrutura deve levar em consideração o equilíbrio entre esses três fatores, visando o nível de excelência, mostrado na Figura 2-2.

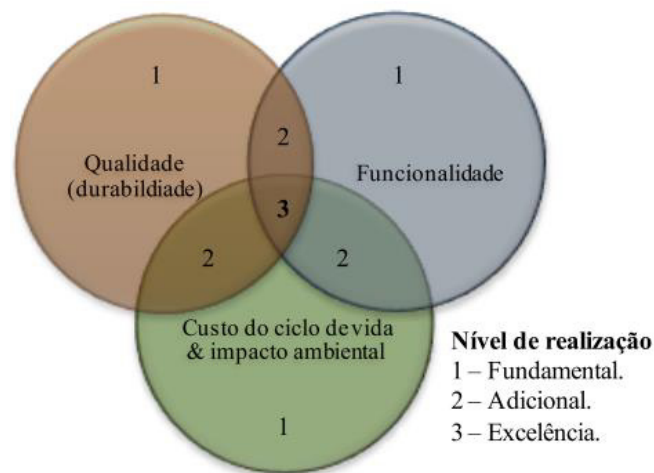


Figura 2-2 - Combinação sistemática dos componentes para a sustentabilidade da construção (CEB-FIP, 2009).

Se elementos deficientes geradores de manutenção e as intervenções preventivas necessárias ao longo da vida útil da OAEs forem antevistos na etapa de projeto, os custos com manutenção podem ser minimizados, conforme demonstra a Lei de Sitter ou Lei dos Cinco, que interpreta a evolução dos custos de manutenção de forma progressiva (HELENE, 1992 apud CAVALLI; DOTAF, 2008).

Segundo essa lei, os custos devidos a intervenções tardias em estruturas ascendem em projeção geométrica de razão 5 (cinco) em relação aos custos com medidas preventivas adotadas na etapa de projeto (HELENE, 1992 apud CAVALLI; DOTAF, 2008).

A Figura 2-3 expõe o custo elevado associado à manutenção corretiva em relação à manutenção preventiva. Isso se dá devido ao caráter normalmente emergencial com necessidade de intervenções imediatas para que a utilização da estrutura possa continuar a ser feita.

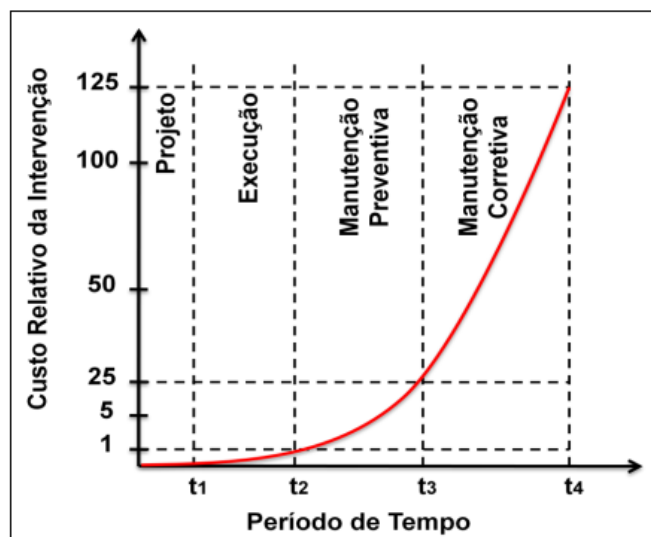


Figura 2-3 - Lei de Sitter (HELENE, 1992 apud CAVALLI; DOTAF, 2008)

### 2.3.1. NORMALIZAÇÃO TÉCNICA PARA A MANUTENÇÃO DE OAES

Embora não haja uma legislação específica no Brasil para garantir que órgãos públicos tenham sistemas de manutenção preventiva de obras civis, existem normas e manuais que abordam o assunto. Podem, dessa maneira, ser levadas em consideração as orientações da ABNT NBR 5674 (2012) e o Manual de Obras de Arte Especiais (2016), elaborado pelo DNIT.

#### 2.3.1.1. NBR 5674:2012

A NBR 5674:2012 – Manutenção de edificações – Requisitos para o sistema de gestão de manutenção estabelece os requisitos para a gestão do sistema de manutenção de edificações. A gestão do sistema de manutenção inclui meios para a preservação das características originais da edificação e para a prevenção da perda de desempenho decorrente da degradação de seus sistemas, elementos ou componentes.

Apesar de ser voltada para edificações, a NBR 5674 é aplicável à gestão da manutenção das OAes, uma vez que nela não é feita a particularização dos itens, ou seja, não ocorre a restrição

de seus parâmetros aos itens de edificações. As diretrizes são, portanto, adaptáveis à estruturas de OAEs. Haja vista a ausência de uma norma voltada especificamente para a manutenção de OAEs, a NBR 5674 pode ser utilizada como uma diretriz, uma vez adaptada para a realidade na qual as OAEs estão inseridas.

### **2.3.1.2. MANUAL DE MANUTENÇÃO DE OBRAS DE ARTES ESPECIAIS (DNIT, 2016)**

Em decorrência da ausência de normalização técnica específica, o DNIT (2016) elaborou o Manual de Manutenção de Obras de Artes Especiais. Este manual apresenta um conjunto de serviços mínimos necessários à manutenção de OAEs, buscando garantir o desempenho e segurança projetados para as Obras de Arte Especiais.

Apresentando conceitos básicos sobre a composição das OAEs, bem como de elementos que necessitam de inspeções periódicas, o manual identifica as principais atividades de manutenção necessárias para a garantia da funcionalidade dos elementos de forma a maximizar a vida útil.

O DNIT (2016) aborda nesse manual como deve ser elaborada a inspeção de OAEs, indicando como, quando e por quais profissionais esta deve ser realizada. Há ainda a diferenciação dos tipos de inspeção, que podem ser do tipo cadastral, rotineira, extraordinária ou especial, especificadas mais à frente.

O manual apresenta conceitos básicos a respeito da composição de OAEs, identificando e detalhando cada elemento presente em Obras de Arte Especiais. São detalhadas pontes em concreto armado e protendido, além de estruturas metálicas e bueiros. Para cada elemento há a identificação do procedimento de inspeções periódicas, identificando os principais requisitos e atividades de manutenção necessárias. No manual também consta a necessidade de consideração de importantes fatores, tal como o planejamento do tráfego durante a interdição, aspectos ambientais e socioeconômicos.

No manual são definidas as principais atividades necessárias para a conservação de OAEs, sendo elas a inspeção, a reabilitação, a recuperação, o reforço e a manutenção.

## **2.4. INSPEÇÃO DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS**

No Brasil, existem duas referências normativas principais que definem procedimentos e tipos de inspeção de Obras de Arte Especiais, sendo elas a norma DNIT 010/2004-PRO (DNIT, 2004a) e a ABNT NBR 9452 (2019).

### **2.4.1. PROCEDIMENTOS DE INSPEÇÃO SEGUNDO A NORMA DNIT 010/2004-PRO (DNIT, 2004a)**

A inspeção de Obras de Arte Especiais consiste, segundo a norma DNIT 010/2004-PRO (DNIT, 2004a) em uma atividade técnica especializada que abrange a coleta de elementos, de projeto e de construção, bem como o exame minucioso de estrutura, além da elaboração de relatórios, avaliação do estado da obra e as recomendações, que podem ser de nova vistoria, de obras de manutenção, recuperação, reforço ou reabilitação.

A importância dos processos de inspeção será na garantia de maior segurança das obras de construção civil, assegurado o bem-estar do usuário e atestação da qualidade dos processos de projeto, execução e manutenção das mesmas.

Por muitas vezes, os processos de inspeção são encarados como um problema porque consistem em uma atividade que demanda tempo e, muitas vezes, algum investimento que não havia sido previsto no início do projeto. Segundo Villanueva (2015), a necessidade de realização de inspeções chega a ser questionada.

Fundamental para o bom andamento tanto da fase de projeto quanto das fases de execução, manutenção e utilização, o processo de inspeção deve ser visto como uma forma de otimização de custos. Conforme citado anteriormente, a manutenção preventiva gera economia a longo prazo, além de garantir maior segurança e desempenho das estruturas.

De acordo com a norma DNIT 010/2004-PRO (DNIT, 2004a), as vistorias devem ser obrigatoriamente feitas por profissionais especializados que possuam olhar crítico e embasamento técnico. A responsabilidade e o conhecimento técnico devem ser utilizados para uma inspeção organizada e sistemática da estrutura. Nesse ponto, a norma que serve de referência é a ABNT NBR 16230 (2013).

#### **2.4.1.1. TIPOS DE INSPEÇÃO SEGUNDO A NORMA DNIT 010/2004-PRO (DNIT, 2004a)**

A norma DNIT 010/2004-PRO (DNIT, 2004a) classifica as inspeções em cinco tipos, sendo eles:

##### **2.4.1.1.2 INSPEÇÃO CADASTRAL**

A inspeção cadastral consiste em inspeção feita preferencialmente ou mesmo obrigatoriamente logo após a sua construção. Neste caso ainda devem encontrar-se disponíveis os elementos de projeto e os relatórios da fiscalização e supervisão da execução, contendo as informações construtivas. Essa inspeção deve ser devidamente documentada e servirá de referência para futuras inspeções. Para a tipificação da estrutura, devem ser levadas em consideração as tabelas expostas no Anexo 2 deste trabalho, oriundas da norma e que relacionam as características das OAEs.

##### **2.4.1.1.3 INSPEÇÃO ROTINEIRA**

As inspeções rotineiras são normalmente realizadas a cada dois anos, podendo este prazo variar de acordo com fatores como dimensão, estado de conservação e dificuldade do procedimento. Nessas inspeções, é feita uma verificação visual da evolução de danos identificados em inspeções anteriores assim como a identificação de novos defeitos, falhas ou ocorrências como reparos, modificações de projeto ou reforços realizados. Caso sejam constatados defeitos que possam afetar o desempenho da obra ou defeitos graves, deverá ser solicitada uma inspeção especial. A ficha de inspeção rotineira utilizada se encontra no Anexo 1 deste trabalho.

##### **2.4.1.1.4 INSPEÇÃO EXTRAORDINÁRIA**

As inspeções extraordinárias consistem em inspeções não programadas que têm como objetivo a avaliação de danos excepcionais, causados pelo homem ou pela natureza.

##### **2.4.1.1.5 INSPEÇÃO ESPECIAL**

As inspeções especiais consistem em inspeções visuais minuciosas, que devem ser realizadas em intervalos não superiores a cinco anos e realizadas por um inspetor sênior. Partes de difícil acesso deve ser examinadas com o auxílio de lunetas, andaimes ou veículos especiais equipados com lança e gôndolas. Pode ser necessária a complementação das observações e medições



convencionais com medidas de flechas e deformações, aferidas com instrumentos de alta precisão.

As inspeções especiais devem ser realizadas quando:

- a) A Inspeção Cadastral ou a Inspeção Rotineira revelarem defeitos graves ou críticos na estrutura da obra;
- b) Em estruturas que se distinguem por seu vulto ou complexidade, em intervalos regulares e não superior a cinco anos e em substituições às Inspeções Rotineiras;
- c) Em ocasiões especiais, como antes e durante a passagem de cargas excepcionais.

#### **2.4.1.1.6 INSPEÇÃO INTERMEDIÁRIA.**

As inspeções intermediárias são recomendadas para monitorar uma deficiência suspeitada ou já detectada, como um pequeno recalque de fundação, uma erosão incipiente, um encontro parcialmente descalçado, o estado de um determinado elemento estrutural, etc.

#### **2.4.1.2. FREQUÊNCIA DAS INSPEÇÕES**

De acordo com a norma DNIT 010/2004-PRO (DNIT, 2004a), devem ser respeitados os seguintes intervalos entre as inspeções:

- a) Inspeção cadastral: imediatamente após a conclusão da obra, quando se inclui a obra no SGO ou quando a obra é submetida a alterações como alargamentos e outras mudanças na geometria;
- b) Inspeção rotineira: a cada dois anos no máximo;
- c) Inspeção especial: a cada cinco anos no máximo;
- d) Inspeção extraordinária: quando ocorrer um grave acidente na obra;

#### **2.4.2. PROCEDIMENTOS DE INSPEÇÃO SEGUNDO A ABNT NBR 9452:2019**

A ABNT NBR 9452:2019 especifica os requisitos exigíveis na realização de inspeções em pontes, vias e passarelas de concreto, bem como na apresentação dos resultados obtidos nas mesmas. De forma semelhante à norma DNIT 010/2004-PRO (DNIT, 2004a), a ABNT NBR 9452 (2019) define quatro tipos de inspeção, sendo elas:

- a) cadastral;

- b) rotineira;
- c) especial;
- d) extraordinária.

Para o caso de inspeções cadastrais, a norma recomenda a obtenção de informações obtidas no roteiro básico a ela anexado, além de registro fotográfico, desenhos esquemáticos, classificação da OAE conforme a Tabela 2-8, além de outras informações consideradas importantes para a inspeção.

As inspeções rotineiras devem, de acordo com a ABNT NBR 9452 (2016), ser realizadas em prazos não superiores a um ano. Além disso, deve conter uma introdução contendo informações básicas de localização, classificação de acordo com a Tabela 2-8, ficha de inspeção rotineira anexa à norma preenchida, registro fotográfico e demais informações consideradas importantes para a inspeção.

No caso das inspeções especiais, a periodicidade deve ser de cinco anos, podendo ser postergada para até oito anos caso a obra se enquadre com classificação de longo prazo (notas 4 e 5 da Tabela 2-8) ou caso o acesso de todos os seus elementos possa ser feito na inspeção rotineira.

O procedimento da inspeção especial deve seguir o roteiro específico, também anexo à norma.

A inspeção especial deve ser feita antecipada quando a inspeção anterior indicar uma classificação de intervenção em curto prazo (notas de classificação 1 e 2, conforme a Tabela 2-8), nos seus parâmetros de desempenho estrutural e de durabilidade ou quando forem previstas adequações de grande porte, como alargamentos, prolongamentos, reforços e elevação de classe portante.

Por fim, a inspeção extraordinária deve ser feita:

- a) Quando houver necessidade de avaliação com mais critério um elemento ou parte da OAE
- b) Após a ocorrência de impacto de veículo, trem ou embarcação na obra
- c) Após a ocorrência de eventos da natureza, como inundação, vendaval, sismo e outros.

No caso de elementos submersos, deve ser seguido procedimento de inspeção especial, cujo roteiro pode ser encontrado em anexo à norma.

A classificação da OAE consiste na atribuição de avaliação de sua condição, que pode ser excelente, boa, regular, ruim ou crítica, associando notas aos parâmetros estrutural, funcional e de durabilidade (ABNT NBR 9452, 2016).

Segundo a ABNT NBR 9452 (2016), a classificação da OAE deve seguir parâmetros estruturais, funcionais e de durabilidade, conforme a Tabela 2-8.

Tabela 2-8 - Classificação da condição de OAE segundo os parâmetros estrutural, funcional e de durabilidade (ABNT NBR 9452, 2019)

Nota de classificação	Condição	Caracterização estrutural	Caracterização funcional	Caracterização de durabilidade
5	Excelente	A estrutura apresenta-se em condições satisfatórias, apresentando defeitos irrelevantes e isolados.	A OAE apresenta segurança e conforto aos usuários.	A OAE apresenta-se em perfeitas condições, devendo ser prevista manutenção de rotina.
4	Boa	A estrutura apresenta danos pequenos e em áreas, sem comprometer a segurança estrutural.	A OAE apresenta pequenos danos que não chegam a causar desconforto ou insegurança ao usuário.	A OAE apresenta pequenas e poucas anomalias, que comprometem sua vida útil, em região de baixa agressividade ambiental.
3	Regular	Há danos que podem vir a gerar alguma deficiência estrutural, mas não há sinais de comprometimento da estabilidade da obra. Recomenda-se acompanhamento dos problemas. Intervenções podem ser necessárias a médio prazo.	A OAE apresenta desconforto ao usuário, com defeitos que requerem ações de médio prazo.	A OAE apresenta pequenas e poucas anomalias, que comprometem sua vida útil, em região de moderada a alta agressividade ambiental ou a OAE apresenta moderadas a muitas anomalias, que comprometem sua vida útil, em região de baixa agressividade ambiental.
2	Ruim	Há danos que comprometem a segurança estrutural da OAE, sem risco iminente. Sua evolução pode levar ao colapso estrutural. A OAE necessita de intervenções significativas a curto prazo.	OAE com funcionalidade visivelmente comprometida, com riscos de segurança ao usuário, requerendo intervenções de curto prazo.	A OAE apresenta anomalias moderadas a abundantes, que comprometam sua vida útil, em região de alta agressividade ambiental.

1	Crítica	Há danos que geram grave insuficiência estrutural na OAE. Há elementos estruturais em estado crítico, com risco tangível de colapso estrutural. A OAE necessita intervenção imediata, podendo ser necessária restrição de carga, interdição total ou parcial ao tráfego, escoramento provisório e associada instrumentação, ou não.	A OAE não apresenta condições funcionais de utilização.	A OAE encontra-se em elevado grau de deterioração, apontando problema já de risco estrutural e/ou funcional.
---	---------	---	---	--

Durante as inspeções, cada elemento da obra deve ser inspecionado individualmente e suas anomalias registradas. A classificação deve seguir o quadro referencial de classificação da OAE constante na norma, no qual são listados os principais danos, para os quais é atribuída uma nota de 1 a 5 de acordo com a condição verificada. A nota final da inspeção deve ser a menor nota atribuída ao parâmetro analisado, conforme a Tabela 2-9.

Tabela 2-9 - Modelo de ficha de classificação da OAE (ABNT NBR 9452, 2019)

Parâmetro	Elemento						Nota Final
	Super estrutura	Meso estrutura	Infra estrutura	Elementos Complementares		Pista	
				Estrutura	Encontro		
<b>Estrutural</b>							
<b>Funcional</b>		NA	NA				
<b>Durabilidade</b>							

Ainda de acordo com a ABNT NBR 9452 (2019), a classificação final deve ser apresentada conforme o modelo apresentado na Tabela 2-9, por componente estrutural e com uma classificação para cada um dos parâmetros considerados estrutural, funcional e de durabilidade, com base nas notas da Tabela 2-8.

A norma sugere ainda que, no caso de inspeções especiais – estas mais detalhadas – cada elemento da obra deve ser inspecionado e classificado em principal, secundário e complementar. A Tabela 2-10, presente no Anexo E da ABNT NBR 9452 (2019) mostra a sugestão de classificação dos elementos estruturais, de acordo com sua relevância no sistema estrutural.

Tabela 2-10 - Caracterização dos elementos segundo a relevância no sistema estrutural (ABNT NBR 9452, 2019)

Elemento			Sistema estrutural				
			Duas vigas	Grelha	Caixão	Laje	Galeria
Superestrutura	Viga	Longarina	P	P	-	-	-
		Transversina	S	S	S	S	S
	Laje	S	S	P	P	P	
Mesoestrutura	Travessas		P	P	P	P	-
	Pilares		P	P	P	P	-
	Aparelho de apoio		P	P	P	P	-
Encontros	Cortina		S	S	S	S	-
	Laje de transição		S	S	S	S	S
	Muros de ala		S	S	S	S	S
Infraestrutura	Blocos		P	P	P	P	P
	Sapatas		P	P	P	P	P
	Estacas, tubulões		P	P	P	P	P
Complementares	Barreira rígida		C	C	C	C	C
	Guarda-corpo		C	C	C	C	C

Ainda no Anexo E da ABNT NBR 9452 (2019), são apresentadas tabelas descrevem as notas de classificação da OAE segundo os parâmetros estruturais previstos para cada tipo de anomalia encontrado, que devem ser utilizadas para o preenchimento da Tabela 2-8 e por fim para a classificação final do estado de conservação da OAE.

Segundo Vitório (2013), é obrigatória a aplicação de uma avaliação nas inspeções focadas no auxílio da elaboração de projetos de recuperação, alargamento ou reforço estrutural das pontes existentes nas rodovias federais do Brasil, já que o colapso de uma estrutura que se encontra em estado crítico é iminente e sem aviso.

## 2.5. SISTEMAS DE GERENCIAMENTO DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS

As Obras de Arte Especiais são de grande importância para o desenvolvimento socioeconômico do país, sendo a manutenção algo fundamental para a prolongação e aproveitamento máximo da vida útil das estruturas. Para tal, é essencial que o sistema de gerenciamento que seja eficiente e confiável para o controle das OAEs, especialmente para o mapeamento das estruturas em estado crítico e o auxílio na tomada de decisões a serem realizadas.

A monitoração feita pelo sistema de gerenciamento de OAEs é, segundo Morp e Ellingwood (1993), parte do processo de cuidado da vida útil das mesmas, uma vez que estruturas podem sofrer danos devidos ao envelhecimento, intempéries e danos pontuais e de fadiga.

Segundo a ABNT NBR 5674 (2012), não é possível considerar as obras de engenharia como descartáveis, cuja substituição seria simplesmente feita por novas construções uma vez atingidos níveis de desempenho inferiores aos exigidos pelos usuários. É evidente, dessa maneira, a necessidade do acompanhamento do comportamento das estruturas, minimizando riscos de interdição. Para tal, é necessária a realização de vistorias ou inspeções que permitam a obtenção de dados que indiquem o estado das estruturas, apresentando as patologias existentes, bem como sugestões de soluções efetivas para o desenvolvimento adequado de seu ciclo de vida.

Para garantir maior controle das pontes e viadutos sob sua responsabilidade, uma entidade deve idealmente utilizar um sistema de gerenciamento de OAEs, no qual seja possível a consulta de um histórico de inspeções, as quais devem preferencialmente ser detalhadas. A depender da quantidade de OAEs no banco de dados, torna-se difícil a consulta individual das mesmas, sendo a melhor forma de controle a criação de indicadores e parâmetros quantitativos que permitam a caracterização do estado de conservação, além do histórico de inspeções e manutenção de diversas estruturas.

De acordo com Neves, Frangopol e Petcherdchoo (2006), é possível considerar combinações de ações de manutenção no sistema de gerenciamento, buscando-se um maior desempenho das OAEs, o tempo de aplicação das ações essenciais de manutenção e os tempos de aplicação das ações preventivas. Com isso, pode-se obter uma redução de custos nas intervenções ao longo do tempo.

Elbehairy, Hegazi e Soudki (2006), assim como Elbehairy (2007), afirmam que um sistema de gerenciamento de OAEs pode ser definido como uma ferramenta de auxílio aos gestores e entidades responsáveis para a otimização de políticas de decisão de uma rede viária, facilitando a criação de planejamento de ações de manutenção, reabilitação ou substituição, considerando-se os objetivos a longo prazo e os recursos disponíveis.

De acordo com Moscoso (2017), de maneira geral, um sistema de gerenciamento de OAEs se divide em três grupos: banco de dados, análise dos dados e suporte à decisão. Segundo a autora,

as decisões tomadas pelos responsáveis são baseadas nas informações de entrada dos trabalhos realizados nas OAEs e das inspeções programadas nas estruturas. A Figura 2-4 mostra o fluxograma de um sistema de gerenciamento de Obras de Arte Especiais.

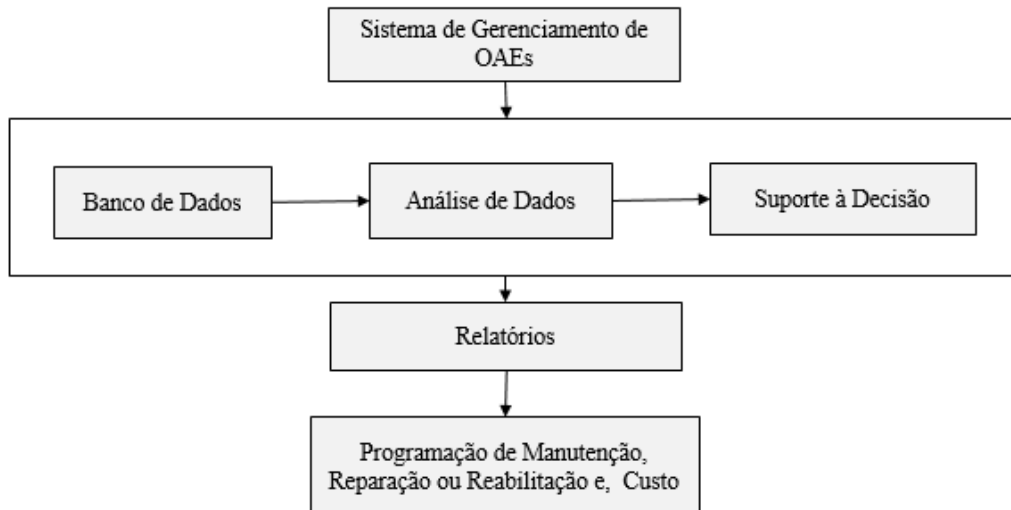


Figura 2-4 - Fluxo de atividades de um sistema de Gestão de Obras Especiais. (MOSCOSO, 2017)

O sistema de gerenciamento de OAEs nasce com a finalidade de estender o tempo de conservação das estruturas, levando em consideração a vida útil dos elementos estruturais e sabendo que é durante a execução do projeto que se consolida a vida útil de uma estrutura e onde ao longo do tempo deve-se fazer um acompanhamento para assim atingir o objetivo proposto de vida útil. (VERLY, 2015).

### 2.5.1. EXEMPLOS DE SISTEMAS DE GERENCIAMENTO DE OAES

Outros países já desenvolveram e continuam a aprimorar sistemas de gerenciamento de OAEs, que já contam com metodologias integradas de análise de dados e modelagem de degradação. De acordo com Moscoso (2017), no Brasil, é feita atualmente uma coleta das informações do banco de dados (cadastro e estado atual da OAEs), necessárias para as análises de dados, desenvolvimento de modelos de degradação e uma eventual tomada de decisão no que tange a programação da manutenção, a reparação e o Orçamento. Na presente seção serão apresentados brevemente alguns dos sistemas de gerenciamento utilizados no mundo, com ênfase no SGO, sistema utilizado pelo DNIT no Brasil.

### 2.5.1.1. SGO

A principal entidade brasileira responsável pelas Obras de Arte Especiais é o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). No órgão, foi implementado recentemente o Sistema de Gerenciamento de Obras de Arte Especiais (SGO), sendo o processo de manutenção das OAEs aos poucos sendo realizado tendo em vista a grande quantidade de pontes e viadutos existentes no país.

No Brasil, ainda não existe um levantamento técnico científico sistemático e aprofundado sobre a avaliação das condições de estabilidade estrutural das pontes rodoviárias existentes, em especial das mais antigas. Sendo realizadas as avaliações de acordo as necessidades e conforme as experiências e conhecimentos dos engenheiros especializados em projetos e execução. (VITÓRIO e BARROS, 2013).

Acidentes apresentados na OAEs no país durante as últimas décadas trouxeram discussões na comunidade técnica e no governo, já que muitas das catástrofes acontecidas foram devidas à má manutenção ou ao fato de não terem sido realizadas manutenções periódicas nas estruturas. Como é o caso da ponte dos Remédios sobre o rio Tietê em São Paulo, que entrou em processo de colapso em 1997 apresentando grandes deformações e rachaduras, como também o desabamento de um trecho da ponte sobre a represa do Capivari em 2005, mostrada na Figura 2-5, sobre a Rodovia Regis Bittencourt (BR-116/PR), provocado pela ruptura do aterro de uma das cabeceiras. (VITÓRIO, 2007).



Figura 2-5 - Pontes sobre a represa do Capivari, (DNIT, 2005)

A norma que define o procedimento de projeto de estruturas de concreto, a ABNT NBR 6118 (2014) especifica que as estruturas em serviço, quando projetadas, executadas, utilizadas e mantidas corretamente devem suportar além das ações mecânicas, a agressividade do meio



ambiente ao longo de sua vida útil. Não obstante, nem sempre as estruturas se conservam conforme o previsto, uma vez que sofrem degradação que gera necessidade de recuperação antecedente ao término de sua vida útil. Os meios técnico e acadêmico, em preocupação com a situação, estudam os mecanismos de degradação de forma a minimizar a deterioração precoce das estruturas.

Segundo a auditoria realizada em abril de 2012 pelo Tribunal de Contas da União (TCU) ao Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), foi revelado que o Sistema de Gerenciamento de Obras de Artes Especiais (SGO) não sofria atualizações desde 2004. Nesse relatório se concluiu que pelo menos 3.351 construções, das 4.469 sob responsabilidade do DNIT, encontram-se em situações que variam de “condições precárias” a “mau estado de conservação” (MONTEIRO, 2012).

No Brasil, o DNIT vem desenvolvendo o sistema de gerenciamento de obras de arte especiais (SGO). Mantendo o controle de aproximadamente 6.000 OAEs, fazendo desde o ano de 2012 novas vistorias para cadastro e inspeção dessas obras, que tem como objetivo alimentar o sistema de gerenciamento. (RIBEIRO et al., 2013).

O sistema de gerenciamento do DNIT está atualmente em sua quarta versão, que conta com funções que auxiliam a identificação das necessidades das estruturas e o estabelecimento de prioridades. Segundo Verly (2015), uma vez que é feita a divisão e padronização dos elementos podem ser feitas análises gerenciais. Alguns dos atributos desses elementos são sua função (podendo ser ou não estrutural), sua geometria e o material que o constitui, exemplificados no inventário utilizado pelo DNIT presente no Anexo 2 deste trabalho.

O Sistema de Gerenciamento de Obras de Arte Especiais, no Brasil – SGO é alimentado a partir de inspeções técnicas de campo realizadas de acordo com a ABNT NBR 9452 (2019). A operação do SGO engloba uma série de procedimentos e rotinas, tais como: levantamento de dados cadastrais, levantamento de dados relativos às condições de segurança e de conservação das pontes, registros fotográficos, vídeos, croquis e a atualização permanente dos dados. (RIBEIRO et al., 2013).

O SGO conta com módulos de auxílio ao gerenciamento, sendo eles:

- SGO Web: campos análise e aprovação das vistorias de campo e emissão de relatórios;

- SGO Inspetor: modulo para o inspetor inserir dados da vistoria, como: fotos, croquis, vídeos e outros;
- SGO Mobile: aplicativo no “tablet”, que favorece a padronização das vistorias.

A análise das OAEs é feita a partir do cadastro das estruturas e de seus elementos, de forma que fiquem documentadas para posterior consulta as informações pertinentes das Obras de Arte Especiais, bem como dos elementos que as compõem. Essas informações servirão como base para inspeções futuras, que visam a avaliação, o mapeamento da evolução de manifestações patológicas e dos comportamentos dos elementos. Ressalta-se que as diretrizes para a realização das inspeções nas OAEs seguem as recomendações da ABNT NBR 9452 (2019) e da Norma DNIT 010/2004-PRO, (DNIT, 2004a), descritas anteriormente no presente trabalho.

### **2.5.1.2. AASHTOWare Bridge Management**

O *AASHTOWare Bridge Management*, previamente conhecido como *Pontis* foi desenvolvido no ano de 1989 para o *Federal Highway Administration (FHWA)*, divisão do departamento de transportes dos Estados Unidos e responsável pela administração de fundos utilizados para a construção e manutenção do sistema de rodovias nacional americano (*National Highway System*). Este sistema de gerenciamento auxilia na alocação de recursos visando a melhoria e manutenção das estruturas existentes, contribuindo para a segurança e usabilidade das mesmas. O software armazena dados obtidos a partir de inspeções realizadas, permitindo a modelagem e análise que possibilitam o desenvolvimento de projetos e orçamentos. O programa permite ainda que sejam realizados estudos e políticas de conservação e melhoria na rede de pontes e viadutos, podendo-se traçar diferentes soluções para estruturas individuais ou grupos de estruturas. O software é licenciado para mais de 45 departamentos estaduais de transportes e outras agências através da *AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials)*, a Associação Americana de Funcionários de Rodovias e Transportes Estaduais. (AASHTO, 2005). O software usa modelos probabilísticos, especificamente modelos Markovianos, para realizar as otimizações. (GUTKOWSKI e ARENELLA, 1998).

O *AASHTOWare Bridge Management* conta com cinco módulos principais, descritos por Moscoso (2017) e apresentados abaixo, sendo as funções de sua versão anterior, o *Pontis*, listadas na Tabela 2-11.

- Módulo de Inventário: banco de dados onde constam as informações e características de cada Obra de Arte Especial cadastrada.
- Módulo de Inspeção: módulo de atualização do banco de dados onde são cadastradas informações de inventário e de inspeção das estruturas.
- Módulo de Planejamento de Projetos: conjunto de ferramentas que auxiliam no desenvolvimento de projetos e permitem a visualização das necessidades de cada estrutura. Este módulo permite também a definição de programas com orçamentos restritos para a execução de projetos, além do registro de informações sobre projetos já executados.
- Módulo de Programação: permite a definição de políticas e de padrões de melhoria de estrutura, além da execução de simulações com cenários alternativos de programas plurianuais.
- Módulo de Preservação: possibilita o desenvolvimento e a execução de modelos que permitam determinar políticas de preservação a longo prazo, visando minimizar os custos do ciclo de vida e mantendo os elementos fora do risco de falha.

Tabela 2-11 - Funções do Pontis no suporte do ciclo de vida das OAEs. (AASHTO, 2005)

Inventário	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Informação da estrutura, inventário preciso;</li> <li>• Integração e troca de dados com sistemas de informação empresariais existentes.</li> </ul>
Inspeção	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agendamento e realização de inspeções estruturais;</li> <li>• Inserção de dados de inspeção;</li> <li>• Importação de dados de sistemas de coleção de inspeções;</li> <li>• Inventário para o <i>NBI (National Bridge Inventory)</i>;</li> <li>• Relatórios de inventário, inspeção e avaliação.</li> </ul>
Necessidades Desenvolvimento De Avaliação e Estratégia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desenvolvimento de modelos de deterioração de estruturas e de custos com base em dados históricos e experiências da agência;</li> <li>• Desenvolvimento de políticas de longo alcance, em toda a rede para a preservação e melhoria da estrutura, refletindo considerações econômicas e padrões de agências;</li> <li>• Avaliar as necessidades atuais e futuras de preservação e melhoria</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avaliação de cenários de investimento alternativo, com base na condição, no desempenho da estrutura e nas considerações de custo/benefício.</li> </ul>
Projeto e Programa de Desenvolvimento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaboração de projetos para atender as recomendações de trabalho dos inspetores, políticas e padrões da agência;</li> <li>• Avaliação de impactos de alternativas de projeto sobre o desempenho da estrutura</li> <li>• Classificação do projeto</li> <li>• Desenvolvimento de programas de projetos com restrições orçamentárias</li> <li>• Acompanhamento do estado e conclusão do projeto</li> </ul>

### 2.5.1.3. BRIDGIT

O *Bridgit* consiste em um pacote de software de gerenciamento de OAEs destinado a atender necessidades de agências estaduais, locais e outras. Desenvolvido no Programa Cooperativo de Pesquisa Rodoviária (*National Cooperative Highway Research Program - NCHRP*) e patrocinado pela *AASHTO*, este programa auxilia com orientações sobre decisões de gerenciamento de nível de rede e ações em nível de projeto. De acordo com Hawk (1999), o *Bridgit* conta com os seguintes módulos funcionais:

**Módulo de Inventário:** permite ao usuário criar um número ilimitado de itens de dados para cada OAE, como vãos individuais, pilares, juntas e rolamentos de uma ponte. O *BRIDGIT* é fornecido com um conjunto de itens de dados comuns à maioria das agências, incluindo todos os itens do Inventário Nacional de Pontes (*NBI*) obrigatório da *FHWA*.

**Módulo de Inspeção:** permite que o usuário (ou as agências) consultem ou editem informações de inspeção para cada elemento da ponte ou do sistema de proteção, bem como visualizar dados históricos específicos ou resumidos para a população da ponte. Os usuários também podem armazenar informações sobre futuras inspeções rotineiras e especiais para uma ponte.

O *Bridgit* utiliza o mesmo tipo de sistema de classificação de condição usado no software *Pontis* patrocinado pela *FHWA* para identificar a natureza e a extensão da deterioração de todos os elementos das OAEs. As informações de condição a serem inseridas incluem as quantidades de um elemento relatadas em cada um dos estados de condição definidos para esse elemento. Os

estados de condição para um elemento ou sistema de proteção são descritos por tipos de defeitos de desempenhos físicos e funcionais.

**Módulo de Manutenção, Reabilitação e Substituição:** O módulo permite que as agências planejem, agendem e monitorem programas de trabalho plurianuais, bem como o acompanhamento de ações de trabalho históricas e custos relacionados às OAEs individuais na rede.

**Módulo de Análises:** O módulo de análise é o módulo mais sofisticado no *Bridgit* e produz planos de trabalho otimizados a partir dos módulos de inventário, de inspeção e de modelos, para toda ou parte do banco de OAEs, em um horizonte de análise definido. O modelo de otimização é executado em duas etapas: primeiramente são desenvolvidos diferentes perfis de atividade do ciclo de vida da OAEs na rede e uma estimativa de custos das futuras opções de reparação. Segundo, é executada uma análise de otimização para priorizar as necessidades e selecionar as opções de melhorias mais rentáveis que satisfaçam os casos de orçamentos restritos ou não restritos, assim como as metas de nível de serviço.

**Módulo de Modelos:** este módulo permite a visualização ou modificação dos vários modelos e tabelas a serem utilizados na análise de otimização. Isso permite que cada agência personalize o *Bridgit* de acordo com a singularidade de sua própria rede de OAEs e identifique suas políticas de manutenção, reabilitação e substituição.

#### 2.5.1.4. GOA

Segundo Mendonça, Brito e Milhazes (2010), o sistema GOA foi desenvolvido e organizado de forma a permitir adaptar-se às necessidades dos diversos gestores de obra. O sistema apresenta um conjunto de módulos que interagem entre si e nos quais a informação recolhida no campo está devidamente organizada e catalogada. Os módulos do sistema são:

- Tabelas Auxiliares
- Gestão de Permissões
- Módulo de Inventário
- Módulo de Inspeções Principais
- Módulo de Inspeções de Rotina
- Módulo de Inspeções Subaquáticas

- Módulo de Batimetria
- Módulo de Histórico
- Módulo de Consultas
- Módulo de Registo de Transportes Especiais
- Módulo de Relatórios - Exportação em Lotes

### 2.5.1.5. SGOA

O Sistema de Gestão de Conservação de Obras de Arte da Estradas de Portugal S.A. (EP) consiste numa ferramenta de apoio à decisão implementada com o principal objetivo de definir prioridades de intervenção dimensionadas à realidade da empresa. A sua implementação proporcionou, aos técnicos envolvidos na gestão do património de obras de arte, a possibilidade da tomada consistente e estruturada de decisões relativas à sua conservação e manutenção, visando a otimização dos recursos disponíveis. Implementado em 2006 o SGOA completou, em 2011, o primeiro ciclo de Inspeções Principais ao património de obras de arte da EP, resultados que numa perspectiva de continuidade e evolução importa avaliar (HORTA e FREIRE, 2012).

Horta e Freire (2012) apresentam em seu trabalho o modelo de funcionamento do Sistema de Gerenciamento e Conservação de Obras de Arte em Portugal, mostrado na Figura 2-6.

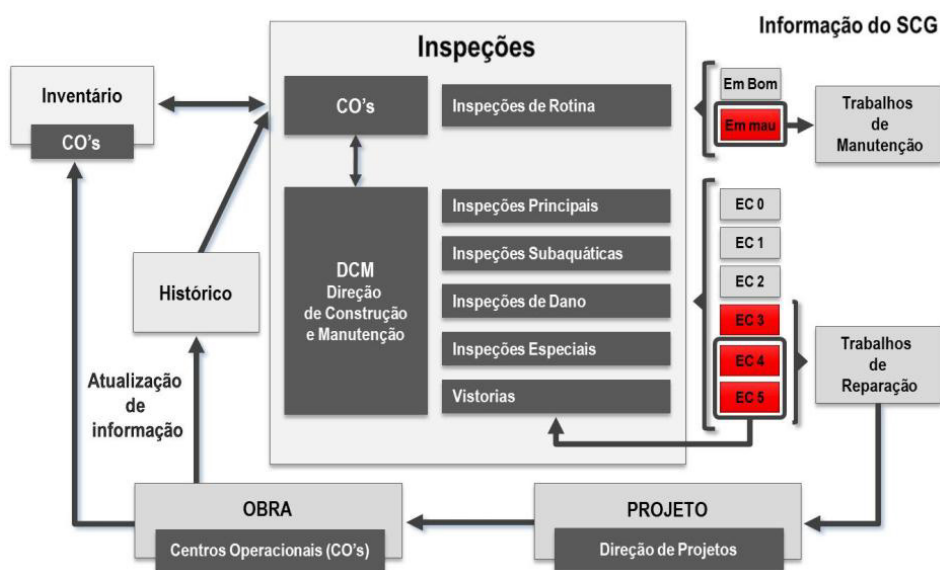


Figura 2-6 - Modelo de funcionamento do Sistema de Gestão e Conservação de Obras de Arte (HORTA e FREIRE, 2012)

**Inventário:** composto por:

- Dados Técnicos, que incluem a definição da tipologia da obra de arte;
- Dados Administrativos, que incluem a localização, o projetista, a entidade construtora e o dono de obra;
- Dados de Constituição, que consistem nos equipamentos e materiais que a constituem.

**Histórico:** consiste em um compilado de informação de diversas atuações sobre a Obra de Arte, resumindo as inspeções, projetos e intervenções nela realizadas. Segundo Horta e Freire (2012), esse processo é de extrema importância para a compreensão do comportamento da estrutura, apesar de se revelar de difícil atualização devido à ausência de informação organizada sobre estas realidades.

**Modelo de Previsão / Apoio à Decisão:** Utiliza-se modelos de previsão associados à degradação das estruturas, levando em consideração os dados obtidos anteriormente e observando-se o seu comportamento ao longo do tempo. Dessa forma pode-se comparar o desempenho atual com o previsto nas fases de projeto e execução.

#### **2.5.1.6. DANBRO**

O DANBRO é o sistema de gerenciamento de Obras de Arte utilizado na Dinamarca. Inicialmente, o sistema foi usado principalmente para planejar a manutenção de rotina e manter o controle sobre os materiais utilizados nas intervenções. Atualmente é usado na gestão de obras, contratos e orçamentos a nível nacional. (HENRIKSEN, 1999). O sistema DANBRO oferece dois módulos:

**Módulo de Registro:** oferece uma visão geral dos acordos e obrigações ligados a cada ponte.

**Módulo do Livro de Preços:** disponibiliza informações sobre os preços de verificação do contratante.

#### **2.5.1.7. SYSTÈME DE GESTION DES STRUCTURES (SGS)**

Em 2008, o ministério do transporte de Quebec (MTQ) desenvolveu o sistema de gestão de estruturas para gerenciar as mais de 9000 pontes e viadutos sob sua responsabilidade. O

Système de Gestion des Structures (SGS) foi desenvolvido levando-se em consideração os seguintes fatores (ELLIS et al., 2008):

- Uma arquitetura de software descentralizada utilizando o Microsoft .NET framework, para máximo compartilhamento de inventário e dados de inspeção na província, com um maior controle de acesso para a análise de planejamento estratégico.
- Uma interface gráfica de usuário bilíngue e com recursos localizados.
- Suporte para inspeções detalhadas de pontes e viadutos, utilização da metodologia de balanços sucessivos, porém com elementos e condições similares ao Manual de Inspeção de Estruturas de Ontario, com inspeção de sistemas de proteção avulsa.
- Análise de planejamento estratégico com diversos níveis para se enquadrar nos processos de negócio do MTQ: orçamento a nível de redes e análise de performance; programação de prioridades, escopo de projeto e seleção de tratamento automáticos além de um *dashboard* digital para planejamento de projetos interativo.

O SGS é constituído pelos seguintes módulos:

**Revisões para Inspeção:** o sistema de inspeção anterior era baseado em um manual de classificação numérica de 1 a 6, sendo dado para os elementos em condição nova o valor de 6. Os números representam uma combinação da severidade de defeitos e sua extensão.

No novo manual, os elementos das OAEs são definidos especificamente, e a condição da estrutura é determinada pela gravidade e extensão, separadamente. Os estados de condição dos elementos são definidos por letras, sendo elas: “A” (Excelente), “B” (Bom), “C” (Regular) e “D” (Ruim).

**Módulo de Inventário e Inspeção:** ferramenta principal para inserção, visualização, edição e relato das informações da inspeção realizada na estrutura.

**Organização e Implantação do Banco de Dados:** o MTQ mantém um banco de dados com o inventário das inspeções nas estruturas que incluem os resultados da avaliação estrutural e dados sobre recursos locais da ponte. São utilizados uma base de dados empresarial da Oracle e periodicamente os dados e também são replicados em um banco de dados do Microsoft SQL Server, para uso em módulos de relatórios e de suporte analítico, incluindo um módulo de planejamento estratégico.



**Processo de Tomada de Decisão:** por ser o MTQ descentralizado em seu processo de tomada de decisão, as decisões de manutenção e reparação em nível de ponte são feitas nos escritórios regionais a partir do funcionamento operacional. Os dados de inventário de pontes e viadutos deve ser compartilhado entre os entre os escritórios regionais. (ELLIS et al., 2008).

## 2.5.2. OUTROS SISTEMAS DE GERENCIAMENTO DE OAES

A nível mundial, observa-se vários sistemas de gerenciamento, sendo muitos deles utilizados há muitos anos e ainda em constante atualização e implementação de novos recursos e metodologias. No Brasil, a implementação do SGO é recente e muitos recursos ainda não estão presentes, como análises a partir de modelos de degradação integrados. Em seu trabalho, Moscoso (2017), sintetiza alguns sistemas de gerenciamento utilizados no mundo e apresentados por FHWA (2005). A escala de avaliação utilizada nas inspeções, bem como os intervalos de tempo nas quais estas são realizadas, o nome, país e algumas observações a seu respeito são encontrados na Tabela 2-12.

Tabela 2-12- Resumo de alguns dos sistemas de gerenciamento utilizados no mundo. (FHWA, 2005 apud MOSCOSO, 2017).

Pais	Escala das Notas de Avaliação	Tempo entre as Inspeções	Software- Observações nas Inspeções
Estados Unidos	0-9	2 anos	BMS-Estados dos elementos, reparação, manutenção, reabilitação ou substituição
França	1-3	3 anos	LAGORA-Urgência de manutenção, de reparos e segurança
Alemanha	1-4	3 anos	SIB-Defeitos, ameaça à segurança
Noruega	1-4	1 ano	Brutus-Capacidade de carga, operações de tráfego, custos de manutenção
Sul África	4 categorias	3- 5 Anos	STRUMAN-Danos severos, cargas, urgência de reparos
Suécia	3 categorias	3 anos	BaTMan-Física, funcional e condição econômica
Reino Unido	1-5	2 anos	SMIS-Capacidade de carga, manutenção, reabilitação

Segundo Moscoso (2017), um importante de todos estes sistemas para seu ótimo funcionamento é realizar as inspeções estabelecidas pela norma em cada país. Estas inspeções ajudam na

tomada de decisões e com as quais se pode projetar possíveis intervenções nas OAEs, gastos no futuro na aplicação das alternativas de progresso no desempenho das estruturas. Nestes sistemas de gerenciamento a previsão da degradação das OAEs, é feita de forma determinística em alguns casos, e de forma estocástica em outros, a depender do tipo de banco de dados e levando-se em consideração diferentes tipos de custo ao longo das intervenções.

### 3. BANCO DE DADOS

Este trabalho consiste no desenvolvimento de um sistema de gerenciamento de Obras de Arte Especiais utilizando a metodologia GDE/UnB, o Sistema de Gestão de Obras de Arte do Distrito Federal - SIGOA-DF. O banco de dados utilizado pelo software foi montado por um grupo de alunos da Universidade de Brasília, sendo os viadutos e pontes levantados, divididos e inspecionados por Saraiva (2021), Chaves (2021), Pereira (2021), Monteiro (2021) e Nascimento Filho (2021).

#### 3.1. LEVANTAMENTO DAS OBRAS DE ARTE ESPECIAIS DO DISTRITO FEDERAL

A relação das Obras de Arte Especiais que compõem a malha rodoviária do Distrito Federal foi retirada inicialmente do Portal Brasileiro de Dados Abertos, onde constam as obras de arte especiais existentes ao longo das rodovias sob circunscrição do Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal (DER, 2019). Observou-se, todavia, que diversas pontes e viadutos não estão sob jurisdição deste órgão, sendo necessária a busca manual pelas demais OAEs presentes na região.

Visando facilitar a busca pelas estruturas não presentes no banco inicial, bem como a posterior divisão entre os autores para inspeção, o mapa do Distrito Federal foi dividido em 100 malhas, mostradas na Figura 3-1.

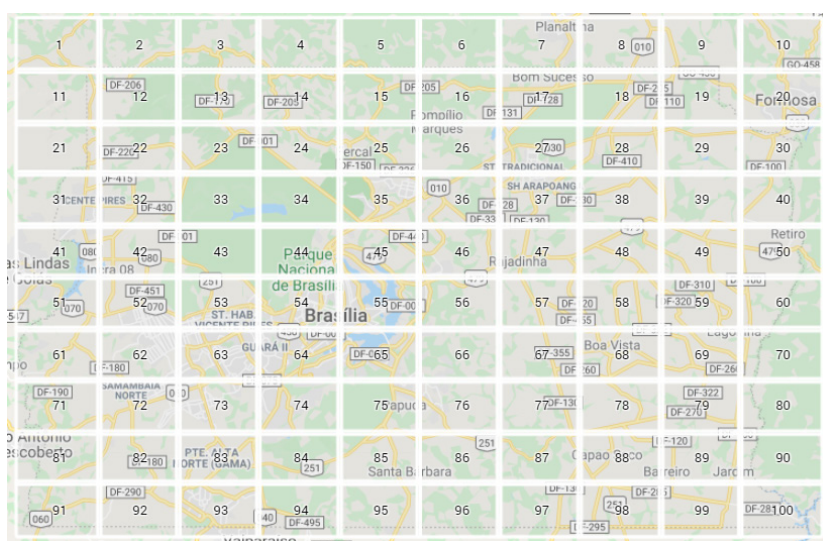


Figura 3-1 - Divisão do Distrito Federal em malhas (Retirado do *Google Maps*)

O banco inicial foi inserido na plataforma *Google My Maps* juntamente à malha definida, sendo cada autor responsável por buscar OAEs ainda não marcadas em determinada quantidade de quadrantes. Para tal, foram utilizadas imagens de satélite e de mapas com os *softwares Google Earth* e com a plataforma *Google Maps*, sendo feitas varreduras nas vias do DF em busca de OAEs não cadastradas no banco inicial.

Com isso, foram contabilizadas um total de 356 OAEs no Distrito Federal, sendo 250 destas levantadas a partir do banco de dados proveniente do Portal Brasileiro de Dados Abertos e 106 encontradas manualmente. As OAEs foram divididas para inspeção entre os autores em 5 lotes, realizados em duas etapas cada um.

### 3.2. DIVISÃO ENTRE OS INSPETORES E NOMENCLATURA

A divisão das OAEs a serem inspecionadas foi feita de forma a equalizar as distâncias que seriam percorridas por cada inspetor. As OAEs foram atribuídas aos responsáveis de acordo com a malha a qual pertenciam, de forma a evitar viagens perdidas. A Figura 3-2 mostra a relação das OAEs do Distrito Federal, com os respectivos responsáveis pelas inspeções.

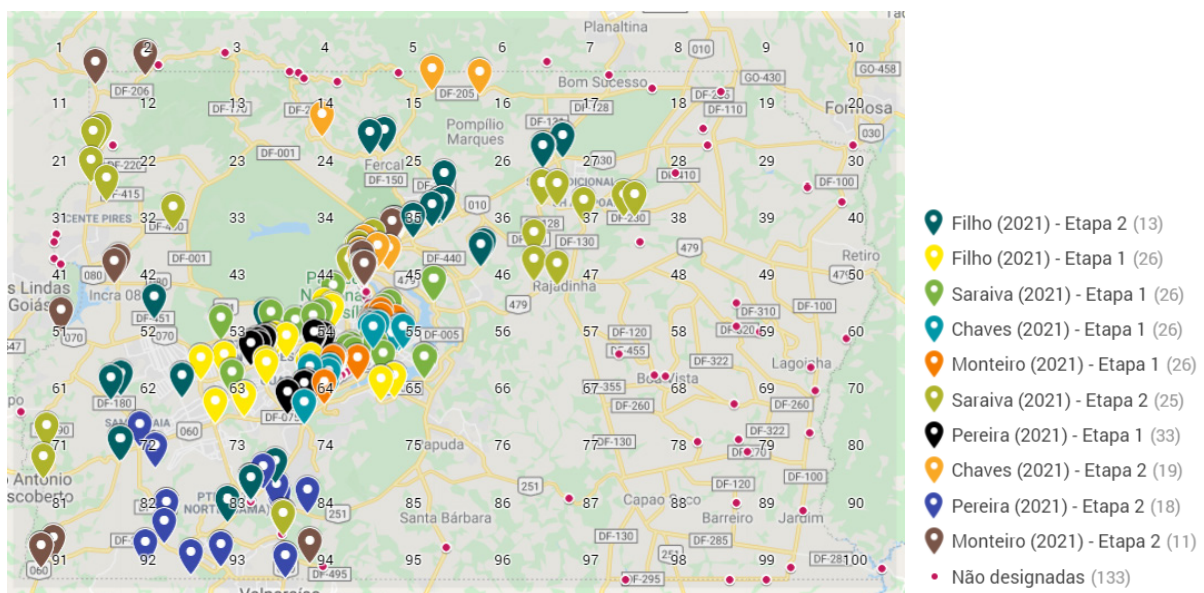


Figura 3-2 – Relação e distribuição das OAEs do DF para inspeção (Retirado do Google Maps)

Foi definida ainda uma nomenclatura padronizada para a identificação das OAEs, que leva em conta a localização geográfica, correspondendo ao formato “AAA\_BBB\_CC\_DD\_E”, onde:

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

A nomenclatura é utilizada apenas como referência para a identificação e distribuição inicial das OAEs, sendo um código único gerado para cada uma quando na sua inserção na plataforma do SIGOA-DF, que será discutida no próximo capítulo deste trabalho.

As OAEs foram designadas para cada um dos autores de forma que fossem feitas primeiramente as inspeções das estruturas mais próximas do plano piloto. Por limitações de prazo e custo, não foram inicialmente designadas todas as OAEs levantadas, permanecendo as não designadas no banco de dados, bem como suas informações básicas, havendo assim possibilidade de inspeções posteriores.

O número de Obras de Artes Especiais definidas para a inspeção por cada responsável, bem como o número real de inspeções feitas é apresentado na Tabela 3-1. A relação completa de OAEs designadas para cada inspetor e resultado global da inspeção – o Grau de Deterioração ( $G_d$ ) se encontram no Anexo 3 deste trabalho.

Tabela 3-1 - OAEs designadas e inspecionadas

Responsável	Inspeções Previstas		OAEs Inspeccionadas	
Chaves (2021) - Etapa 1	26	45	26	36
Chaves (2021) - Etapa 2	19		10	
Nascimento Filho (2021) - Etapa 1	26	39	22	35
Nascimento Filho (2021) - Etapa 2	13		13	
Monteiro (2021) - Etapa 1	26	37	25	36
Monteiro (2021) - Etapa 2	11		11	
Pereira (2021) - Etapa 1	33	51	28	38
Pereira (2021) - Etapa 2	18		10	
Saraiva (2021) - Etapa 1	26	51	24	34
Saraiva (2021) - Etapa 2	25		10	
<b>Total</b>		<b>223</b>		<b>179</b>

## 4. METODOLOGIA

Este trabalho consiste no desenvolvimento de um sistema de gerenciamento de Obras de Arte Especiais utilizando a metodologia GDE/UnB, o SIGOA-DF. O sistema se trata de uma aplicação multiplataforma, desenvolvida inicialmente para iOS e Android, mas que pode ser adaptada sem grandes dificuldades para as plataformas Desktop (Windows, Mac e Linux), bem como para Web (compatível com os principais navegadores, sem necessidade de instalação da aplicação). Isso permite grande versatilidade para a utilização da plataforma em diferentes situações, seja para a realização de inspeções, consultas ou análise do banco de dados.

### 4.1. DESENVOLVIMENTO DA PLATAFORMA

O desenvolvimento da plataforma se deu principalmente em *Dart*, uma linguagem de *script* desenvolvida pela Google e complementada pelo kit de desenvolvimento de interface de usuário *Flutter*, que permite a criação de aplicativos compilados nativamente para Android, iOS, Windows, Mac, Linux e Web. A utilização desse kit de desenvolvimento possibilita que o mesmo código seja reaproveitado nessas plataformas, sem a necessidade da criação de uma aplicação específica para cada uma. Com isso, o processo de controle e atualização do aplicativo se torna mais eficiente.

Para o armazenamento dos dados em nuvem, foram utilizadas duas plataformas, também desenvolvidas pela Google. O armazenamento das imagens que compõem o banco de dados do SIGOA-DF é feito no *Firebase Storage*, enquanto os dados numéricos e de texto são guardados no *Firebase Firestore*. Ambas as plataformas oferecem leitura e escrita de dados com alta velocidade, além de possuírem generosos limites em suas versões gratuitas. Além disso, os dados armazenados nas duas plataformas são criptografados e é oferecido um ambiente próprio para criação de regras de segurança para acesso.

Por se tratar de uma linguagem de Programação Orientada a Objetos (POO), o uso do *Dart* permitiu a modelagem e a manipulação de classes a partir de elementos como OAEs, inspetores, inspeções, famílias de elementos estruturais, elementos estruturais e tipos de danos, cada qual possui propriedades particulares comuns entre os objetos que as compõem. Dessa forma, foi possível a padronização e criação de classificações para a melhor organização e eficiência da plataforma.

## 4.2. ESTRUTURA DA PLATAFORMA

O SIGOA-DF é atualmente constituído por cinco módulos principais, cujo acesso é controlado de acordo com o nível de privilégio do usuário. A divisão da ferramenta em módulos possibilita maior organização dos dados e dos processos que os envolvem. A Figura 4-1 mostra de forma simplificada a arquitetura do SIGOA-DF, baseada em seus cinco módulos descritos a seguir.

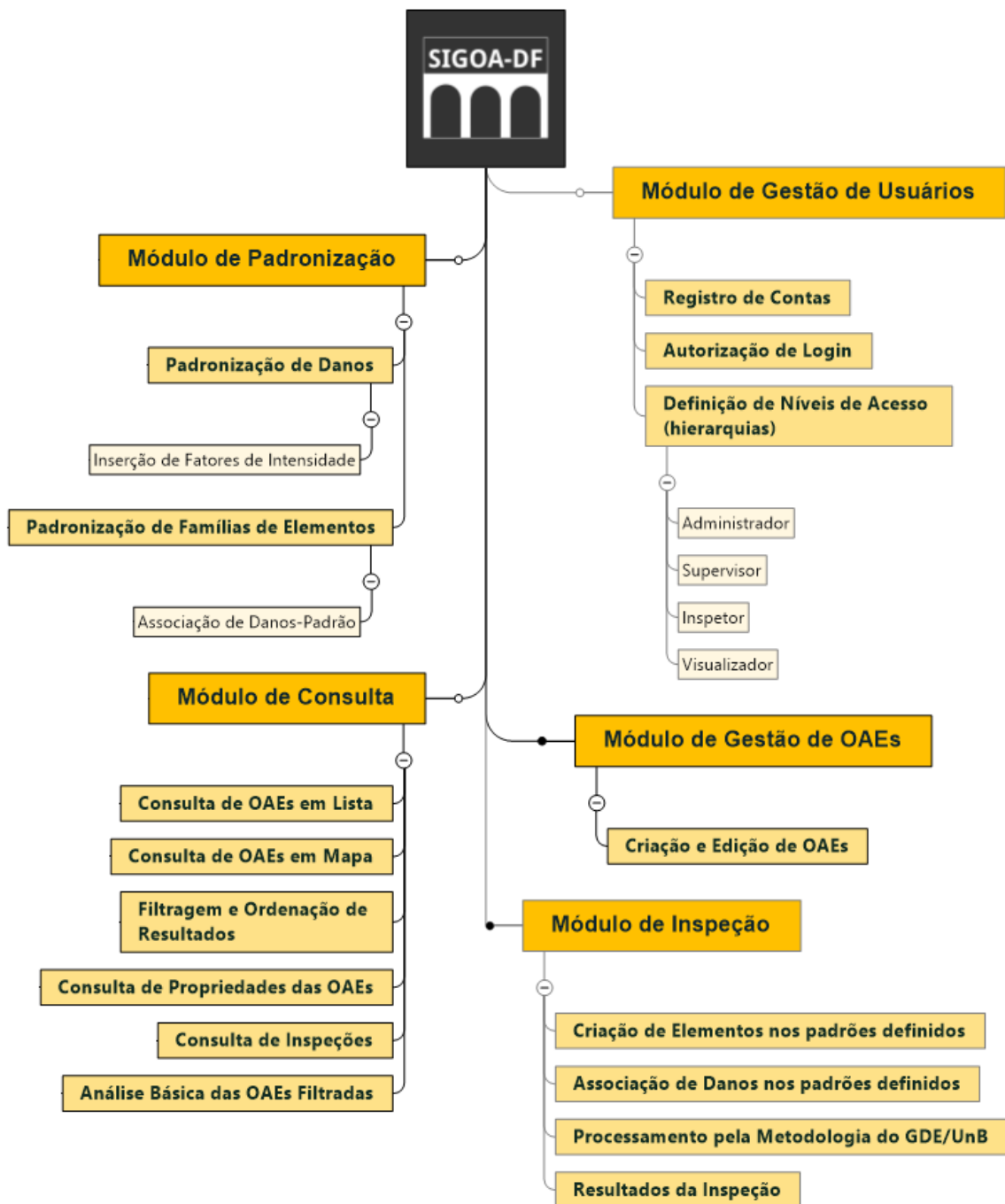


Figura 4-1 - Arquitetura Simplificada do SIGOA-DF

#### 4.2.1. MÓDULO DE GESTÃO DE USUÁRIOS

O Módulo de Gestão de Usuários é o responsável pelo controle de acesso de usuários externos à ferramenta, assim como de usuários internos a determinadas funcionalidades. O SIGOA-DF conta com os seguintes níveis de acesso:

- **Administrador:** autorização para admitir novos usuários e controlar seu nível de acesso às funcionalidades. O usuário administrador também pode gerenciar e cadastrar novos tipos de danos e famílias de elementos, associando-os de forma a padronizar as inspeções. Este nível de acesso também permite o cadastro de novas OAEs e a edição de estruturas e inspeções já existentes.
- **Supervisor:** autorização para cadastrar novas OAEs, criar novas inspeções e editar dados de OAEs e inspeções já existentes. Futuramente, este nível de acesso pode ser utilizado com a funcionalidade de aprovação e reprovação de OAEs.
- **Inspetor:** autorização para criar novas inspeções e editar as inspeções feitas pelo próprio usuário.
- **Visualizador:** autorização para visualizar os dados das OAEs e das inspeções realizadas.

A Tabela 4-1 mostra um resumo das funções que podem ser realizadas de acordo com o nível de acesso do usuário. A Figura 4-2 mostra a tela de login e o gerenciador de usuários, acessível apenas para administradores.

Tabela 4-1 - Resumo dos níveis de acesso do SIGOA-DF

Função	Administrador	Supervisor	Inspetor	Visualizador
<b>Admitir, banir e gerenciar usuários</b>	Sim	Não	Não	Não
<b>Criar danos-padrão</b>	Sim	Não	Não	Não
<b>Criar famílias-padrão</b>	Sim	Não	Não	Não
<b>Associar danos às famílias-padrão</b>	Sim	Não	Não	Não
<b>Editar e cadastrar OAEs</b>	Sim	Sim	Não	Não
<b>Criar inspeções</b>	Sim	Sim	Sim	Não
<b>Editar inspeções</b>	Sim	Sim	*	Não
<b>Visualizar OAEs</b>	Sim	Sim	Sim	Sim
<b>Visualizar Inspeções</b>	Sim	Sim	Sim	Sim

\* Se o inspetor for o criador da inspeção



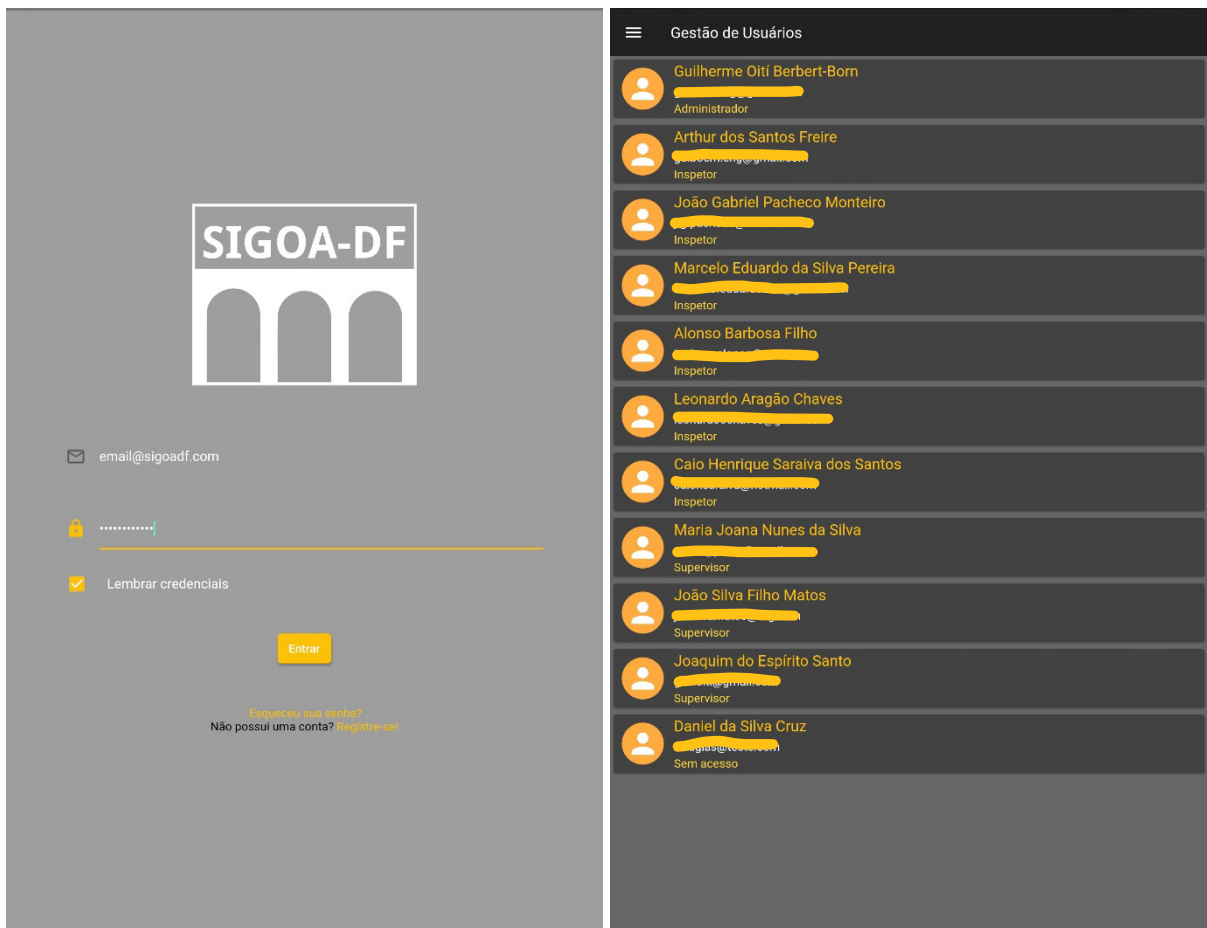


Figura 4-2 - Telas de Login e Gerenciador de Usuários

#### 4.2.2. MÓDULO DE PADRONIZAÇÃO

O Módulo de Padronização tem como principal função o gerenciamento dos tipos de danos e das famílias de elementos, permitindo maior controle sobre os tipos de dados inseridos no banco. Os usuários do tipo Administrador podem acessar as telas mostradas na Figura 4-3 e na Figura 4-4, sendo elas:

- Gerenciador de Danos-Padrão: permite cadastrar e editar tipos de danos, além de possibilitar a inserção de parâmetros a eles relativos, como fatores de intensidade ( $F_i$ ), quantitativa- e qualitativamente.

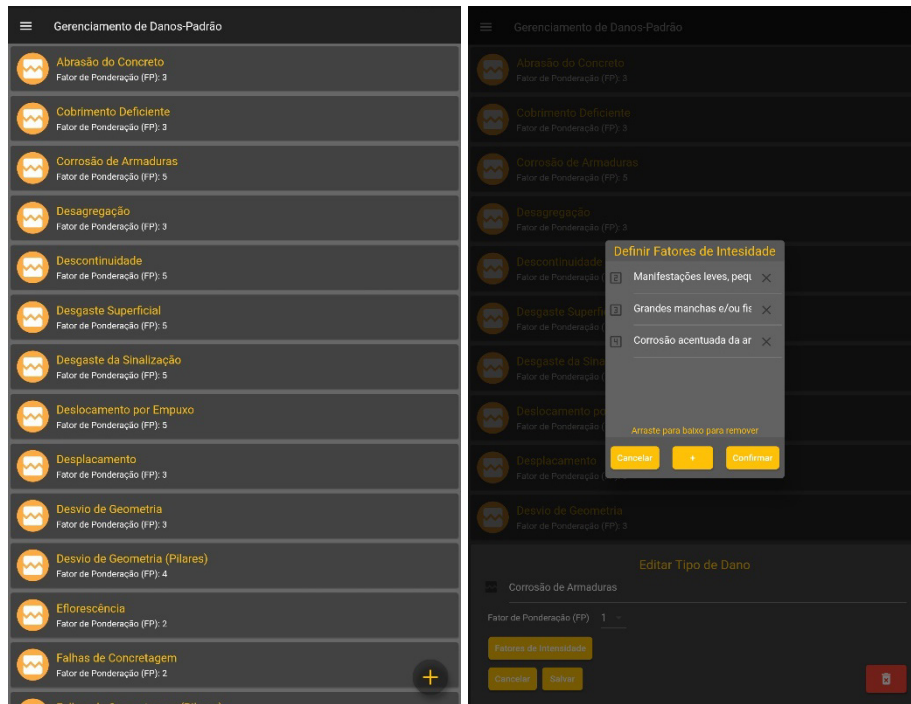


Figura 4-3 - Gerenciador de Danos-Padrão e Edição dos Fatores de Intesidade (F<sub>1</sub>)

- Gerenciador de Famílias-Padrão: permite a criação e edição de famílias padronizadas de elementos, para cada qual é possível associar danos específicos criados no Gerenciador de Danos-Padrão.

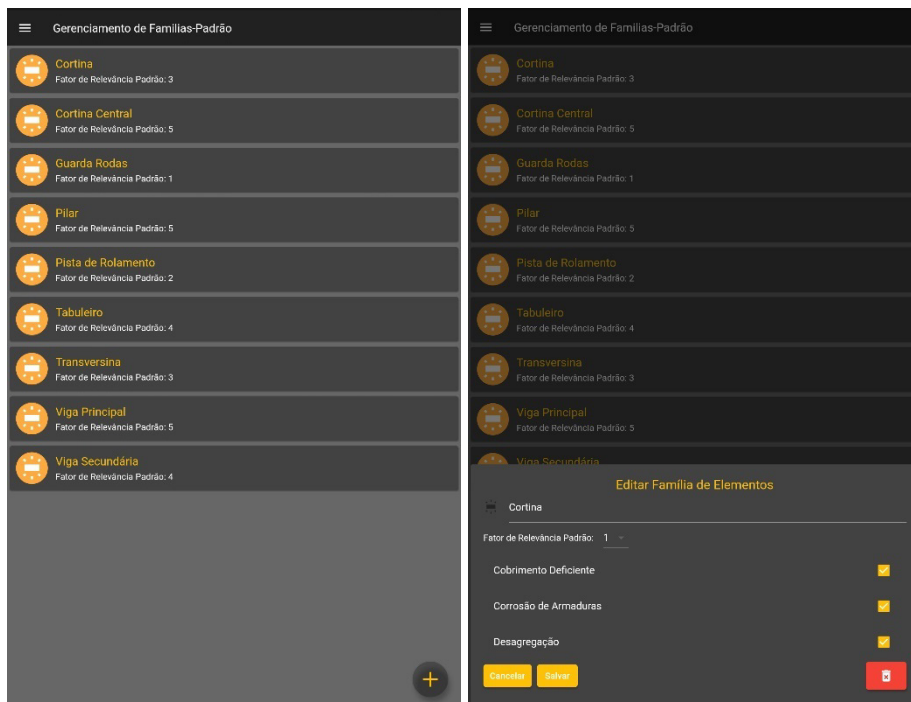


Figura 4-4 - Gerenciador de Famílias-Padrão e Associação de Danos-Padrão

### 4.2.3. MÓDULO DE CONSULTA

O Módulo de Consulta permite a visualização de dados referentes às Obras de Arte Especiais (nome, código, descrição, localização, fotos, estado de conservação, Grau de Deterioração -  $G_d$ ) e de inspeções já realizadas em cada uma delas. A Figura 4-5 mostra a Visão em Lista das OAEs cadastradas, assim como das informações principais de suas inspeções mais recentes.

Também é possível visualizar as OAEs cadastradas em um mapa, que representa as suas localizações com marcadores coloridos de acordo com os Graus de Deterioração ( $G_d$ ) obtidos nas últimas inspeções. A Visão em Mapa também pode ser observada na Figura 4-5.

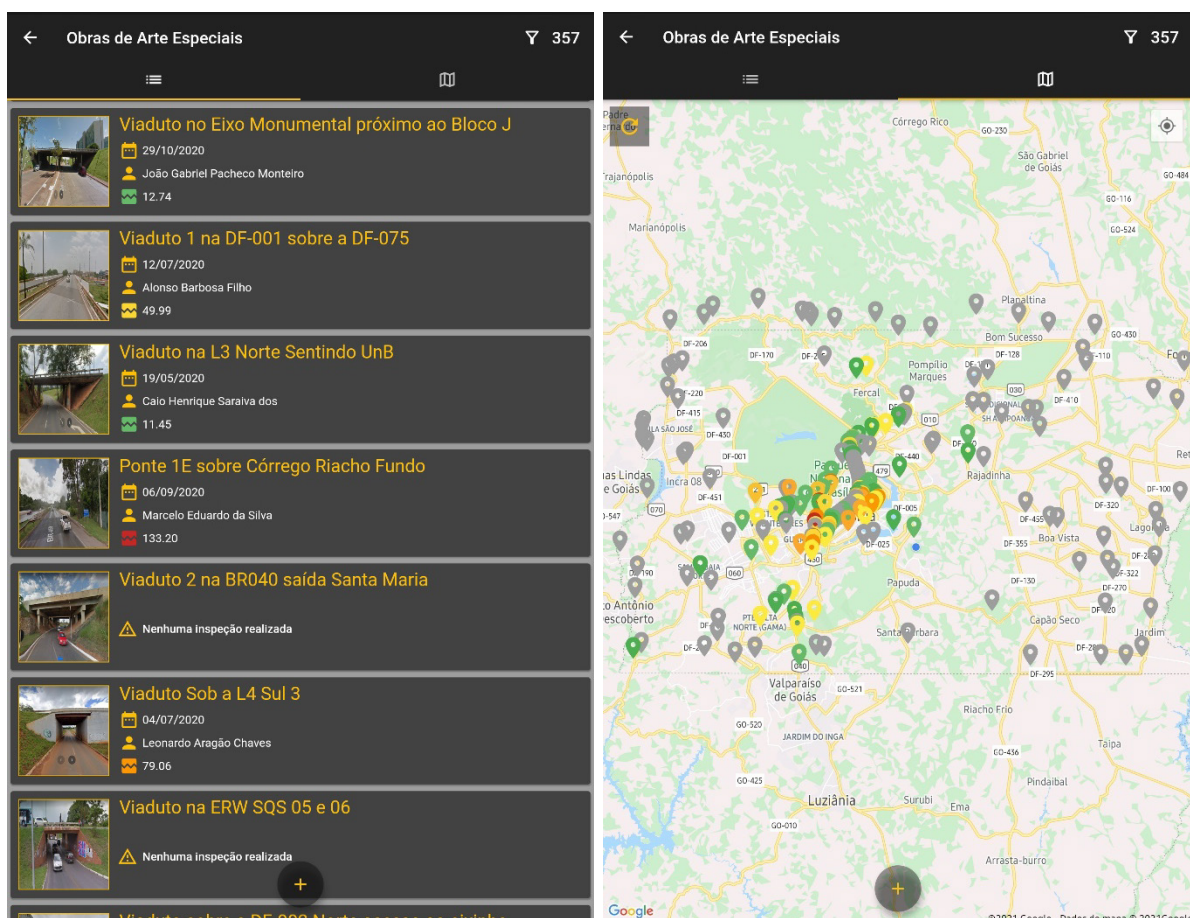


Figura 4-5 - Visão em Lista e Visão em Mapa das OAEs

A utilização da Visão de Mapa permite a integração à plataforma *Google Maps*, podendo ser utilizada para a localização e navegação, além da integração ao *Google Street View*. Com isso, a busca por rotas para deslocamento e a identificação das OAEs é facilitada.

O SIGOA-DF conta ainda com um sistema de filtragem e ordenamento de OAEs, com o qual podem ser filtradas e ordenadas de acordo com os seguintes parâmetros:

- Existência de Inspeções
- Descrição ou rodovia
- Código único ou nome
- Tipo de OAE (ponte, viaduto sobre rua, pontilhão, etc.)
- Intervalos de latitude e longitude (seleção a partir do mapa)
- Dias decorridos desde a última inspeção
- Estado de Conservação ou intervalo de Graus de Deterioração ( $G_d$ )
- Inspetor responsável pela última inspeção

A Figura 4-6 mostra os menus utilizados para busca e ordenamento na lista de OAEs, que são filtradas tanto na Visão em Lista quanto na Visão em Mapa.

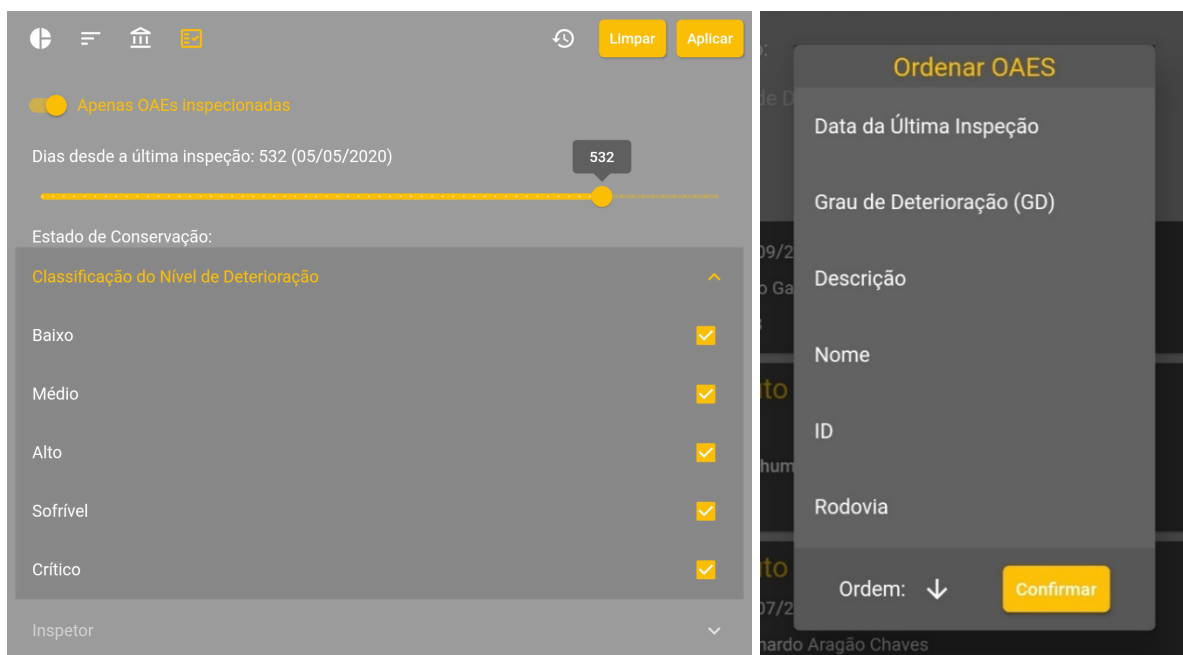


Figura 4-6 - Menus de Filtragem e Ordenamento

Informações acerca das OAEs limitadas pelo filtro inserido podem ser observadas na aba de análise básica, mostrada na Figura 4-7, onde são mostrados a quantidade de OAEs que se enquadra nos parâmetros de filtro inseridos, bem como o  $G_d$  mínimo, médio e máximo da

seleção. O SIGOA-DF ainda divide as OAEs nas faixas de estado de conservação definidas por Euqueres (2011), apresentadas na forma de um gráfico interativo.

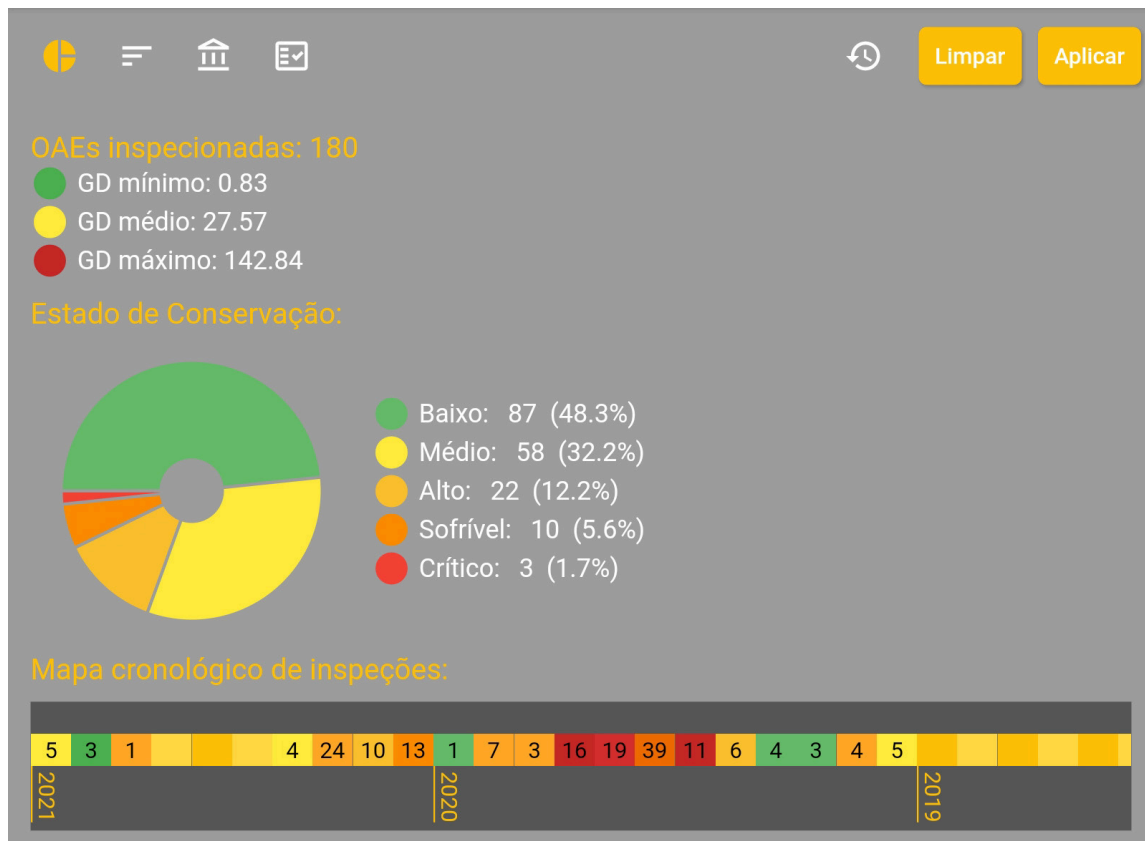


Figura 4-7 – Aba de Análise Básica

É criado ainda um mapa cronológico de inspeções, a partir do qual são distribuídas no tempo as últimas inspeções de cada OAE filtrada. Com isso, cada quadrado representa um mês na linha do tempo, representando o número em seu interior a quantidade de OAEs no mês e a sua cor um indicador do nível de deterioração da OAE mais crítica nele contida. Dessa forma, pode-se analisar rapidamente quais OAEs foram inspecionadas pela última vez há mais tempo e quais os níveis de deterioração encontrados em suas inspeções. O mapa é interativo e é possível selecionar as OAEs do mês desejado para a visualização em lista ou em mapa.

A seleção de uma OAE na Visão em Lista ou na Visão em Mapa levará o usuário à página da OAE, mostrada na Figura 4-8 e na qual podem ser visualizadas as principais propriedades da OAE, como descrição, foto, nome, código, localização (por coordenadas e em mapa), rodovia/quilômetro e lista de inspeções já realizadas. No caso de usuários administradores ou

supervisores, essas informações podem ser editadas por meio do Módulo de Gestão de OAEs, comentado adiante.

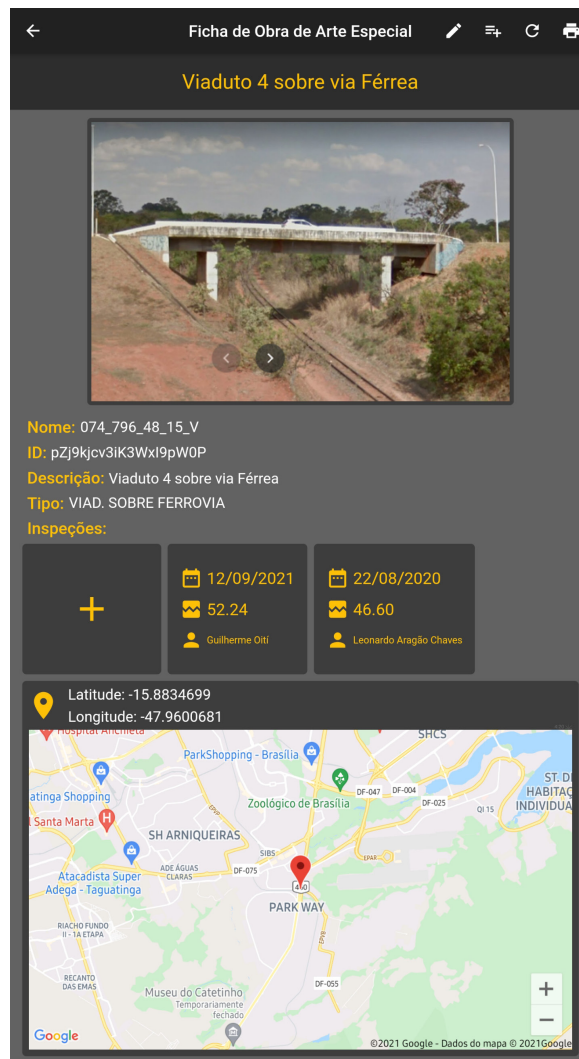


Figura 4-8 – Página de Visualização de OAE

Por fim, o toque no botão de adicionar inspeção ou em uma das inspeções presentes na Página de Visualização de OAE levarão o usuário ao módulo de inspeção, que será mostrado adiante. Frisa-se que a hierarquia de usuários sempre é respeitada para que haja a possibilidade de edição, adição, deleção e visualização de inspeções.

#### 4.2.4. MÓDULO DE GESTÃO DE OAES

O Módulo de Gestão de OAES é acessível mediante autorização por nível de acesso para usuários do tipo Administrador ou Supervisor. Nele, é possível acessar a tela de criação e de edição de OAES, mostrada na Figura 4-9.

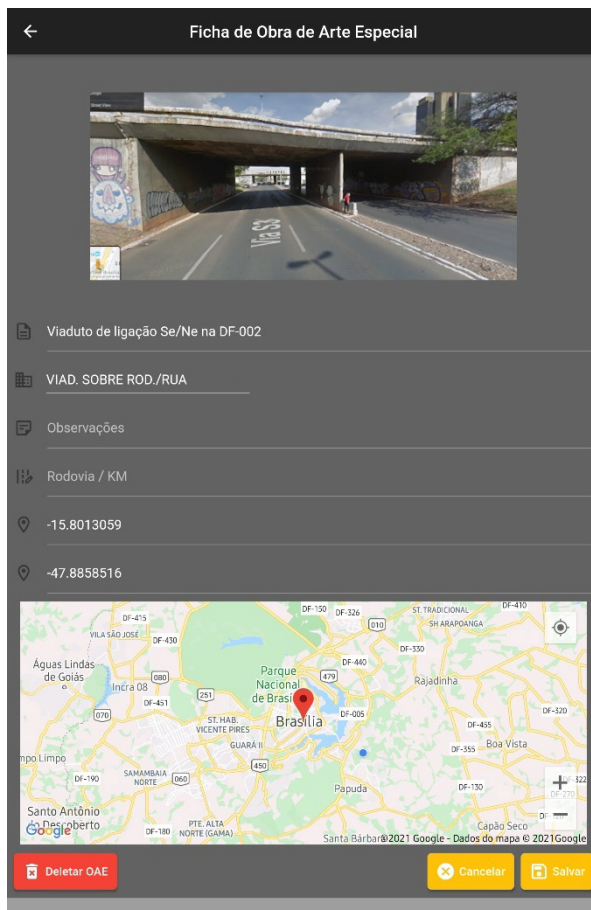


Figura 4-9 - Tela de Criação e Edição de OAES

#### 4.2.5. MÓDULO DE INSPEÇÃO

O Módulo de Inspeção consiste em um ambiente onde são cadastrados croquis da OAE e são criados modelos de elementos dentro dos padrões estabelecidos no Módulo de Padronização. Os modelos respeitam as famílias de elementos, sendo categorizados e listados de acordo. Nele ficam armazenados, além das famílias, elementos e danos, os dados principais das inspeções, tais como nome do inspetor, data de inspeção e observações pertinentes.

A Figura 4-10 mostra a Tela de Inspeção, onde é mostrado um resumo das famílias que compõem a estrutura com seus respectivos Graus de Deterioração da Família ( $G_{df}$ ), informações de data da inspeção, nome do inspetor, e Grau de Deterioração ( $G_d$ ) calculado.

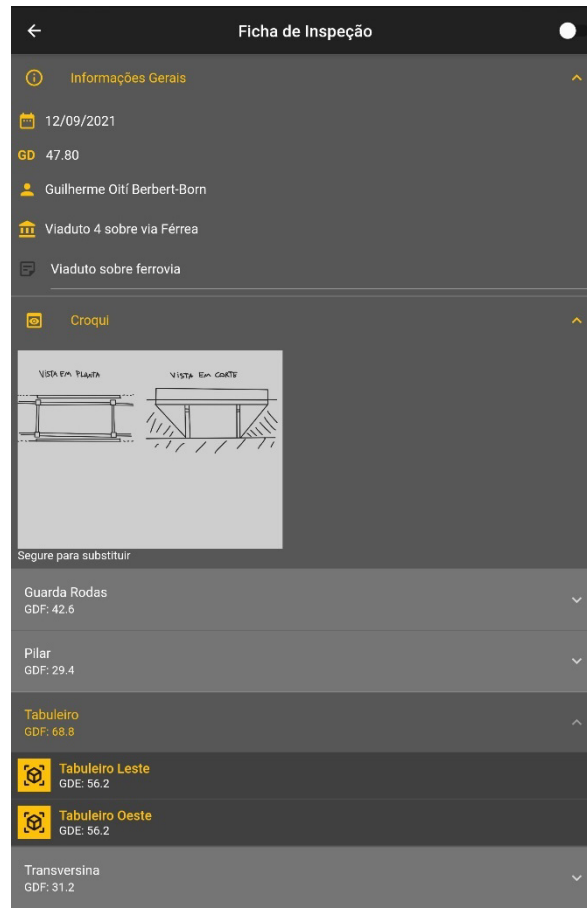


Figura 4-10 - Tela de Inspeção

A seleção de elementos existentes dentro das famílias listadas ou a criação de um novo elemento levam o usuário para a Tela de Edição de Elemento, onde devem ser apontados a posição no croqui (feita em ferramenta de desenho integrada ao SIGOA-DF), além de inseridas fotos e outras informações do elemento, sendo elas a família, o posicionamento em relação aos pontos cardeais, nome e observações pertinentes.

Na Tela de Edição de Elemento, mostrada na Figura 4-11, é possível inserir danos padronizados para a família a qual o elemento pertence, de acordo com as regras estabelecidas no Módulo de Padronização. Para cada dano inserido, devem ser adicionadas fotos e ser avaliado o Fator de Intensidade (quantitativa- ou qualitativamente), também de acordo com os padrões



estabelecidos. À medida que são preenchidas as informações referentes aos danos, ocorre o processamento dos dados do elemento, descrito a seguir juntamente ao processamento global da estrutura, procedimento que ocorre no ato da confirmação de criação do elemento.

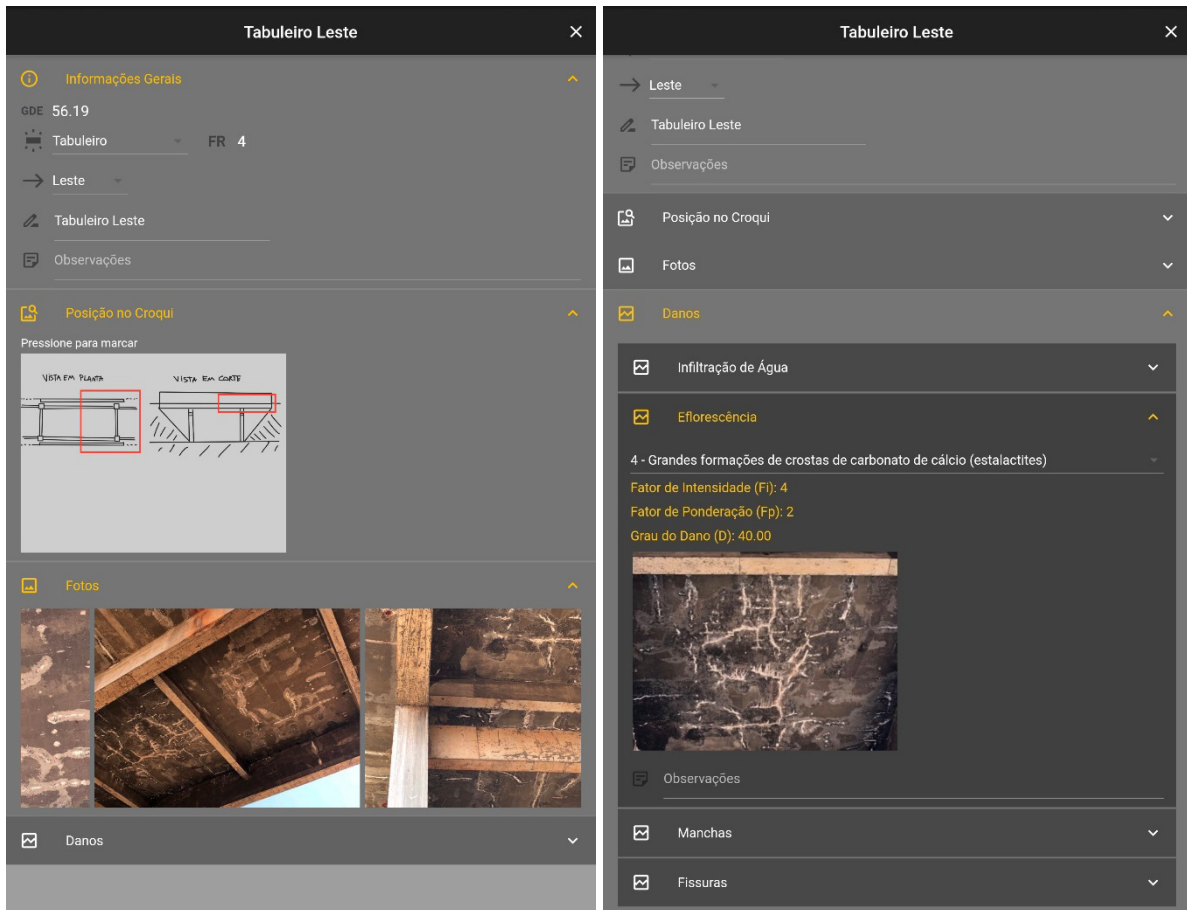


Figura 4-11 - Tela de Edição de Elemento

Ressalta-se que o Módulo de Inspeção também respeita as hierarquias de níveis de acesso, sendo apenas administradores, supervisores e inspetores (desde que criador da inspeção) autorizados a editá-las.

#### 4.2.5.1. PROCESSAMENTO DOS DADOS INSERIDOS NA INSPEÇÃO

Cada vez que é preenchido um Fator de Intensidade ( $F_i$ ) associado a um dano de um elemento, ocorre o processamento desse elemento, sendo calculado o Grau de Dano (D) e o Grau de Deterioração do Elemento ( $G_{de}$ ).

Para a etapa processamento, foi utilizada a metodologia GDE/UnB nas suas últimas versões e adaptações da literatura técnica, levando-se em consideração o Manual de Aplicação da Metodologia GDE/UnB a Obras de Arte Especiais (VERLY, 2015) e considerando o dano de abrasão proposto por Lauria (2018).

Inicialmente, a interface de inspeção foi desenvolvida apenas para o registro de inspeções visuais, sendo, portanto, desconsiderados os danos de carbonatação e contaminação do concreto por cloretos em função da necessidade de coleta para a avaliação.

Em resumo, os cálculos são feitos definindo-se primeiramente o grau de cada dano em cada elemento cadastrado. Em seguida, o grau de deterioração do elemento é calculado. A partir dos fatores de relevância das famílias, o cálculo prossegue para o grau de deterioração da família e, em seguida, para o grau de deterioração estrutural da obra analisada. A Tabela 4-2 apresenta as equações, formulações e suas respectivas referências, em ordem de cálculo para o método.

Tabela 4-2 - Resumo equações Metodologia GDE/UnB utilizadas no SIGOA-DF.

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

Os fatores de relevância foram os usados conforme proposto por Euqueres (2011), com algumas adaptações. A Tabela 4-3 apresenta os valores atribuídos para cada uma das famílias.

Tabela 4-3 - Fatores de Relevância Padrão Adotados no Sistema

Elemento	Fator de Relevância ( $F_r$ )
Guarda-rodas	1
Pista de Rolamento	2
Cortina	3
Tabuleiro, Transversina	4
Pilar, Pilar-Parede, Longarina, Tabuleiro (Principal)	5

Ressalta-se que pode ser utilizado o Módulo de Padronização para a criação de famílias e danos customizados, não sendo definitivos as famílias e os fatores de relevância apresentados neste trabalho.

Utilizando as equações descritas na Tabela 4-3 e os dados obtidos nas inspeções, é possível proceder com a análise utilizando a metodologia GDE/UnB para as OAEs escolhidas no banco de dados para a inspeção. A partir disso, resulta-se, para cada OAE, o valor do Grau de Deterioração da estrutura ( $G_d$ ).

### 4.3. INTEGRAÇÃO E ESTRUTURA DO BANCO DE DADOS

O banco de dados das inspeções descritas no Capítulo 3 deste trabalho foi montado em uma versão anterior do SIGOA-DF, desenvolvida em *Visual Basic for Applications*, outra linguagem de programação. Foi, portanto, necessária a compatibilização dos dados de inspeção para uso com a nova versão da ferramenta.

A estrutura do banco de dados da primeira versão era do tipo relacional (*SQL*), enquanto na versão atual o banco é do tipo *NoSQL*, ou seja, não relacional. Com isso, o armazenamento passou a dar-se na forma de estrutura de documentos, na qual as relações entre os dados são de forma direta. A esquematização das duas estruturas de bancos de dados é representada na Figura 4-12.

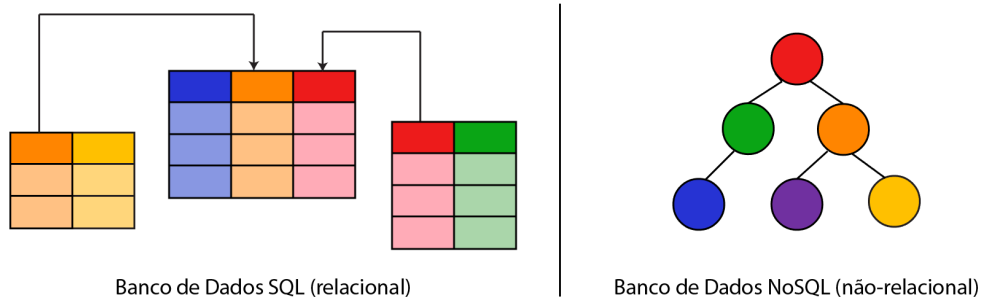


Figura 4-12 Estruturas de banco de dados

Por fim, alguns ajustes nos nomes e características das famílias inspecionadas foram necessários para compatibilização com os padrões criados na nova versão da plataforma, feitos de acordo com o Manual de Aplicação da Metodologia GDE/UnB em OAEs, revisado e complementado por Verly (2015).

## 5. RESULTADOS

Nos anos de 2020 e 2021, o SIGOA-DF foi utilizado por alunos da Universidade de Brasília para a inspeção de Obras de Arte Especiais do Distrito Federal. Os trabalhos de Saraiva (2021), Chaves (2021), Pereira (2021), Monteiro (2021) e Nascimento Filho (2021) consistiram na inspeção de diversas OAEs, sendo as mesmas feitas utilizando-se uma versão anterior do sistema criado e apresentado no presente trabalho. O trabalho desses alunos possibilitou o aprimoramento da ferramenta criada, tendo sido levadas em consideração sugestões de melhoria e as necessidades dos responsáveis pelas inspeções.

Até o momento do processamento dos dados apresentados neste trabalho, foram coletados dados referentes a 179 OAEs, sendo criado um banco de informações detalhadas com aproximadamente 4700 linhas de dados. A coleta desses dados possibilitou a criação de um banco de dados em nuvem nos moldes apresentados no capítulo anterior, onde foram inseridas informações acerca das OAEs cadastradas, das inspeções, das famílias, dos elementos e dos danos constatados.

O presente capítulo apresenta uma análise básica dos dados preliminares coletados na plataforma do SIGOA-DF.

### 5.1. ANÁLISE GERAL DAS OAES INSPECIONADAS

Do total de 356 viadutos e pontes levantados no Distrito Federal, 179 tiveram suas inspeções realizadas utilizando-se o SIGOA-DF nos anos de 2020 e 2021. A Figura 5-1 expõe esses dados visualmente, acompanhada de um panorama geral fornecido pela Tabela 5-1.

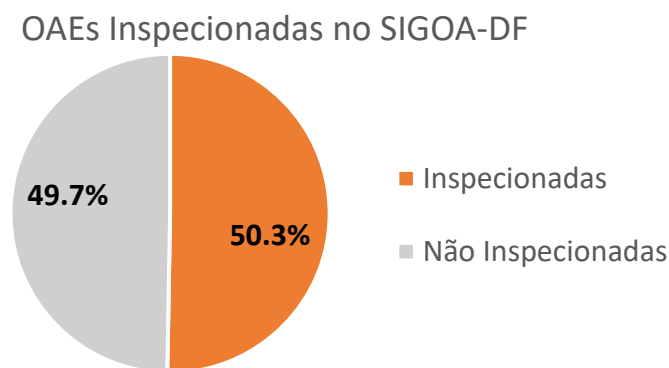


Figura 5-1 - Relação de OAEs Levantas e Inspeccionadas Utilizando-se o SIGOA-DF

Tabela 5-1 - Panorama Geral das OAEs levantadas

OAEs no BD	356
OAEs Inspeccionadas	179
% Inspeccionadas	50.3%
Gd Máximo	142.84
Gd Mínimo	0.83
Gd Médio	27.53

Observa-se que, entre as OAEs inspeccionadas por meio do SIGOA-DF, os valores de Grau de Deterioração ( $G_d$ ) variaram em um intervalo de 0.83 (nível baixo) a 142.84 (nível crítico). O valor médio encontrado foi de 27.53, representando um nível de deterioração médio pelos critérios estabelecidos por Euqueres (2011).

Ao analisar-se as 10 OAEs mais críticas, expostas na Tabela 5-2, são observados 9 viadutos e apenas uma ponte. Pode ainda ser constatado uma grande variação nos valores de  $G_d$  encontrados, sendo 142.84 o maior deles (crítico) e 82.98 o menor (sofrível). A estrutura mais crítica apresenta, portanto, um Grau de Deterioração aproximadamente 72% maior que a décima estrutura mais crítica do banco de dados.

Tabela 5-2 - Relação das 10 OAEs mais críticas

OAE	Gd
064_795_85_47_V	142.84
064_795_54_28_P	133.20
054_794_89_03_V	120.70
054_792_64_07_V	95.24
063_794_55_14_V	89.05
055_787_63_31_V	88.58
055_787_01_07_V	87.96
064_795_02_44_V	86.01
064_795_54_86_V	82.98
044_789_29_06_V	82.57

Analisando-se as 10 OAEs menos críticas, expostas na Tabela 5-3, são observados apenas viadutos. Neste caso, constata-se menor variação nos valores de  $G_d$  encontrados, sendo 3.67 o maior deles (baixo) e 0.83 o menor (baixo). A décima estrutura menos crítica apresenta, dessa forma, um Grau de Deterioração aproximadamente 442% maior que a estrutura menos crítica do banco de dados.

Tabela 5-3 - Relação das 10 OAEs menos críticas

OAE	Gd
044_789_89_51_V	3.67
055_788_44_84_V	3.33
044_789_68_00_V	3.30
055_788_52_25_V	3.06
044_789_89_44_V	2.76
055_788_49_31_V	2.38
064_792_65_45_V	1.87
055_788_74_37_V	1.26
055_788_64_32_V	0.91
055_788_45_57_V	0.83

Levando em consideração todo o conjunto de dados, observa-se que a maior parte das OAEs do Distrito Federal inspecionadas pelo SIGOA-DF se encontram em baixo nível de deterioração (48.6%), seguido dos níveis médio (34.1%), alto (11.2%), sofrível (4.5%) e crítico (1.7%). Estes dados se encontram visualmente na Tabela 5-4 e na Figura 5-2.

Tabela 5-4 - Classificação dos Níveis de Deterioração das OAEs Analisadas

Nível de Deterioração	Gd	OAEs
Baixo	0 - 15	87
Médio	15 - 50	61
Alto	50 - 80	20
Sofrível	80 - 100	8
Crítico	> 100	3

Nível de Deterioração das OAEs Analisadas

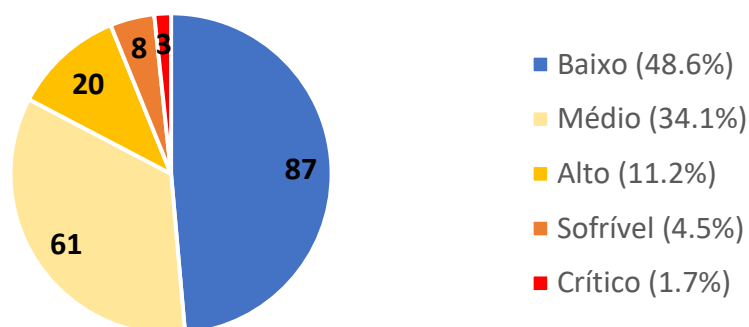


Figura 5-2 - Níveis de Deterioração das OAEs Analisadas

Os dados obtidos podem ser distribuídos em um gráfico de dispersão, apresentado na Figura 5-3. Observa-se que, de fato, a maior parte das estruturas analisadas se encontram nos níveis baixo e médio, diminuindo a quantidade de OAEs à medida que se aumenta o nível de deterioração, e consequentemente os  $G_d$  analisados.

O gráfico de dispersão apresentado na Figura 5-3, bem como as Tabelas 5-1, 5-2 e 5-3 mostram um elevado desvio padrão nas inspeções, o que é justificado pelos diferentes históricos de manutenção, níveis de serviço e datas de construção.

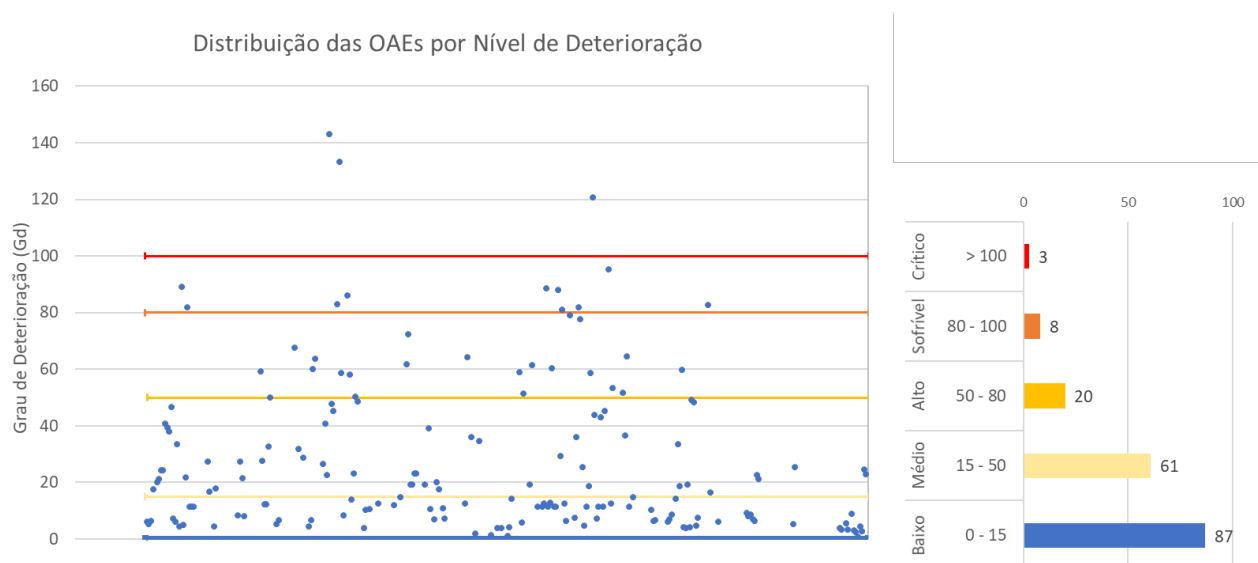


Figura 5-3 - Gráfico de Dispersão das OAEs analisadas

A integração do SIGOA-DF à plataforma *Google Maps* viabilizou a inserção dos pontos do banco de dados no mapa, sendo possível a caracterização dos pontos de acordo com o  $G_d$  calculado. Parte do mapa gerado se encontra na Figura 5-4. Observa-se pelo mapa maior concentração de OAEs com deterioração média a crítica na região do plano piloto da cidade.



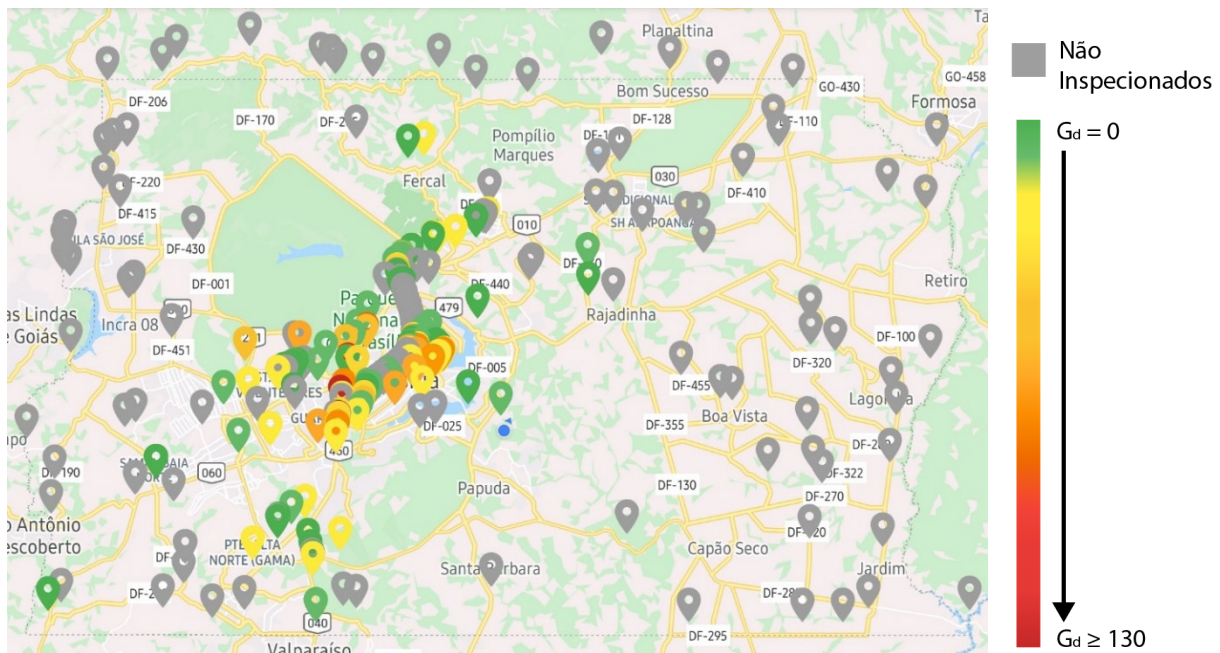


Figura 5-4 - Classificação das OAEs exportadas para o Google My Maps

## 5.2. ANÁLISE DAS FAMÍLIAS E DE ELEMENTOS

Os dados coletados pela metodologia GDE/UnB utilizada na inspeção permitem a visualização um panorama geral do grau de deterioração tanto dos elementos ( $G_{de}$ ) quanto das famílias que caracterizam cada um deles ( $G_{df}$ ). É possível, para cada família, a obtenção de parâmetros como o Grau de Deterioração Médio da Família, o Grau de Deterioração Médio dos Elementos, bem como a quantidade de elementos que a compõem. A

Tabela 5-5 mostra os parâmetros calculados para cada família inspeccionada.

Tabela 5-5 - Análise dos Parâmetros das Família dos Dados Analisados

Família	Gdf Médio	Gde Médio dos Elementos	Número Elementos Inspeccionados
Cortina	21.22	14.71	41
Cortina Central	11.61	14.55	9
Guarda Rodas	22.24	15.67	212
Longarina	15.97	10.28	38
Pilar	23.38	9.09	611
Tabuleiro	34.46	17.84	335
Transversina	18.20	8.04	36

A partir da tabela, pode-se observar que a maior deterioração ocorre nos elementos dos tipos Tabuleiro, Pilar e Guarda-Rodas, em ordem decrescente. Averigua-se ainda que esses elementos, além de mais expostos ao fluxo de veículos no geral, são os elementos mais inspecionados.

### 5.3. ANÁLISE DOS DANOS

A caracterização dos danos, bem como a sua associação às tipologias ou famílias de elementos é de grande importância para um estudo mais aprofundado da deterioração das estruturas. A Tabela 5-6 apresenta os tipos de danos levados em consideração na metodologia GDE/UnB, assim como o número de ocorrências de cada um deles em elementos inspecionados e os Fatores de Intensidades ( $F_i$ ) Médios calculados.

Tabela 5-6 - Análise Geral dos Danos nas OAEs Avaliadas

<b>Dano</b>	<b>Ocorrências</b>	<b>%</b>	<b>Fi Médio</b>
Abrasão do concreto	236	5.1%	1.47
Cobrimento deficiente	283	6.1%	1.81
Corrosão de armaduras	427	9.2%	2.05
Desagregação	226	4.9%	1.90
Deslocamento por empuxo	4	0.1%	2.50
Desplacamento	332	7.2%	2.25
Desvio de geometria	11	0.2%	1.73
Eflorescência	530	11.4%	1.86
Falhas de concretagem	379	8.2%	1.16
Fissuras	701	15.1%	1.83
Flechas	2	0.0%	2.00
Infiltração de água	539	11.6%	1.51
Manchas	973	21.0%	1.83

A Figura 5-5 mostra um gráfico para a representação visual das tipologias e ocorrências dos danos obtidos.

### Ocorrência dos Danos

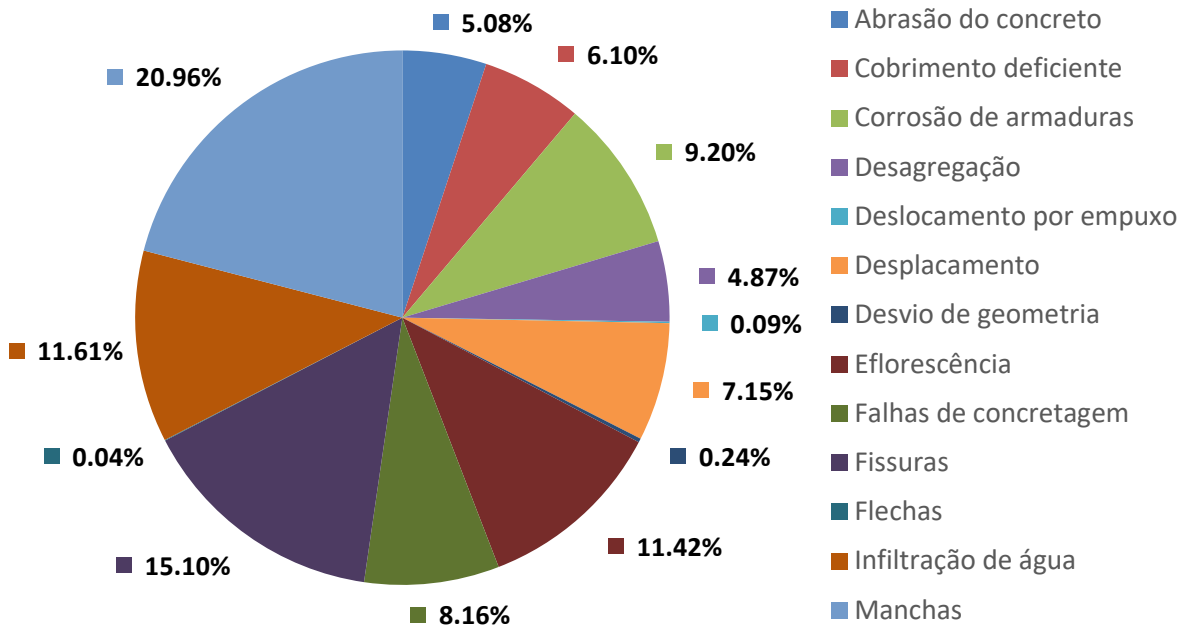


Figura 5-5 - Ocorrência de Danos nas OAEs Avaliadas

O processamento dos dados realizado pelo SIGOA-DF possibilitou também a obtenção da recorrência dos danos específicos para cada família, conforme mostra a Tabela 5-7. O valor do Fator de Ponderação de cada dano ( $F_p$ ) é apresentado entre parêntesis para uma melhor visualização da relevância do mesmo no cálculo do Grau de Deterioração ( $G_d$ ).

Tabela 5-7 - Ocorrência de Danos por Família de Elementos

Cortina		Pilar		Cortina Central	
Manchas (3)	58	Manchas (3)	289	Manchas (3)	4
Infiltração de água (3)	43	Falhas de concretagem (2)	259	Eflorescência (2)	3
Fissuras (2 a 5)	35	Desplacamento (3)	151	Desagregação (3)	2
Eflorescência (2)	24	Fissuras (2 a 5)	113	Infiltração de água (3)	2
Desplacamento (3)	12	Desagregação (3)	110	Deslocamento por empuxo (5)	1
Falhas de concretagem (2)	7	Corrosão de armaduras (5)	108	Cobrimento deficiente (3)	0
Abrasão do concreto (3)	5	Infiltração de água (3)	54	Corrosão de armaduras (5)	0
Desagregação (3)	4	Abrasão do concreto (3)	53	Desplacamento (3)	0
Cobrimento deficiente (3)	2	Eflorescência (2)	50	Desvio de geometria (3)	0
Corrosão de armaduras (5)	2	Cobrimento deficiente (3)	48	Falhas de concretagem (2)	0
Deslocamento por empuxo (5)	1	Desvio de geometria (3)	11	Fissuras (2 a 5)	0
Desvio de geometria (3)		Deslocamento por empuxo (5)	2	Sinais de Esmagamento (4)	0
Sinais de Esmagamento (4)	0	Sinais de Esmagamento (4)	0	Abrasão do concreto (3)	0

Tabela 5-7 - Ocorrência de Danos por Família de Elementos (continuação)

Guarda Rodas		Longarina		Tabuleiro	
Fissuras (2 a 5)	191	Manchas (3)	46	Manchas (3)	376
Manchas (3)	173	Eflorescência (2)	44	Eflorescência (2)	363
Desplacamento (3)	105	Infiltração de água (3)	41	Infiltração de água (3)	317
Abrasão do Concreto (3)	83	Fissuras (2 a 5)	35	Fissuras (2 a 5)	312
Corrosão de armaduras (5)	72	Corrosão de armaduras (5)	34	Corrosão de armaduras (5)	206
Infiltração de água (3)	62	Cobrimento deficiente (3)	15	Cobrimento deficiente (3)	174
Cobrimento deficiente (3)	36	Falhas de concretagem (2)	15	Desagregação (3)	78
Falhas de concretagem (2)	30	Desagregação (3)	14	Abrasão do concreto (3)	67
Eflorescência (2)	29	Abrasão do concreto (3)	14	Falhas de concretagem (2)	63
Desagregação (3)	26	Desplacamento (3)	7	Desplacamento (3)	53
Sinais de Esmagamento (4)	0	Flechas (5)	0	Flechas (5)	2

Transversina	
Manchas (3)	35
Infiltração de água (3)	20
Eflorescência (2)	18
Abrasão do concreto (3)	14
Fissuras (2 a 5)	13
Cobrimento deficiente (3)	10
Desplacamento (3)	8
Corrosão de armaduras (5)	6
Falhas de concretagem (2)	4
Desagregação (3)	3
Flechas (5)	0

#### 5.4. ANÁLISE DAS OAES EM ESTADO CRÍTICO

Dentre as três OAES em estado crítico, pode ser observado um Grau de Deterioração médio de 132,25. Fazendo-se uma análise de seus elementos e das manifestações patológicas encontradas, observa-se que o elemento de  $G_{df}$  mais elevado é a Transversina, com um grau de deterioração médio da família igual a 165,49, seguido pelos elementos do tipo Tabuleiro, Pilar e Guarda Rodas, respectivamente. A relação das famílias mais deterioradas considerando-se apenas as 3 OAES críticas inspecionadas é apresentada na Tabela 5-8.

Tabela 5-8 - Dados das Famílias de Elementos Inspeccionadas nas 3 OAES mais críticas

Família	Gdf Médio	Gde Médio dos Elementos	Elementos
Transversina	165.49	41.55	5.00
Tabuleiro	125.91	45.69	18.00
Pilar	96.48	21.89	18.00
Guarda Rodas	55.55	34.75	6.00
Cortina	53.20	28.68	2.00
Longarina	6.40	6.40	1.00

No que diz respeito às manifestações patológicas encontradas nessas três oaes, pode ser constatado que os danos mais recorrentes são, respectivamente, o de manchas, corrosão de armaduras, eflorescência e fissuras. nota-se ainda que o maior grau de dano médio encontrado foi 43,27, relativo à corrosão de armaduras, seguido por 21,33, relativo ao cobrimento deficiente. Dessa forma, estas manifestações patológicas possuem maior peso no valor elevado do  $G_d$  encontrado nessas estruturas.

Uma visão geral dos danos encontrados nas três OAes críticas do banco de dados é apresentada na Tabela 5-9.

Tabela 5-9 - Análise dos Danos encontrados nas três OAes mais críticas do banco de dados

<b>Dano</b>	<b>Ocorrências</b>	<b>%</b>	<b>D Médio</b>
Manchas	25	16.3%	9.31
Corrosão de armaduras	22	14.4%	43.27
Eflorescência	21	13.7%	5.10
Fissuras	20	13.1%	8.40
Deslocamento	15	9.8%	20.48
Infiltração de água	15	9.8%	6.08
Desagregação	11	7.2%	11.56
Cobrimento deficiente	9	5.9%	21.33
Abrasão do Concreto	8	5.2%	8.40
Falhas de concretagem	7	4.6%	1.83

## 6. CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo principal o desenvolvimento de uma plataforma de gestão e inspeção de Obras de Arte Especiais baseada na metodologia do Grau de Deterioração de Estruturas desenvolvida pela Universidade de Brasília (GDE/UnB). Apesar de a metodologia ter sido inicialmente desenvolvida para o estudo do grau de deterioração de edifícios em geral, as adaptações feitas na literatura trouxeram novas formulações e modificações que permitiram o aprimoramento da avaliação, possibilitando a sua aplicação também a Obras de Arte Especiais.

A revisão bibliográfica possibilitou um panorama geral das atuais soluções utilizadas no Brasil e no mundo no que tange os sistemas de gerenciamento e procedimentos de inspeção de edificações, viadutos e pontes. Nesse aspecto, enfatiza-se o sistema utilizado pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), o SGO, a fim de estudar-se a metodologia nele utilizada. Ademais, os recentes acidentes na cidade de Brasília alertaram para a importância do gerenciamento, manutenção e fiscalização do estado de conservação de edificações para garantir a segurança e usabilidade de seus usuários.

O desenvolvimento do SIGOA-DF contribuiu para uma maior facilidade e padronização na coleta de dados referentes a diversas pontes e viadutos do Distrito Federal por estudantes da Universidade de Brasília, cujos trabalhos se basearam na utilização da metodologia GDE/UnB, aliada à ferramenta de inspeção. O desenvolvimento e aprimoramento da plataforma em paralelo à coleta e subsequente processamento dos dados garantiu a criação de uma base de dados sólida para a testagem e ajuste da plataforma.

A partir dos dados coletados por Saraiva (2021), Chaves (2021), Pereira (2021), Monteiro (2021) e Nascimento Filho (2021), foi viabilizado o processamento preliminar de 179 OAEs, além de uma análise básica. Essa análise retratou importantes informações, como as Obras de Arte Especiais em estado mais crítico no Distrito Federal, bem como as manifestações patológicas mais recorrentes encontradas e o grau de deterioração de elementos, famílias e estruturas globais. A criação do banco de dados possibilitou também a sintetização de informações valiosas, das quais muitas outras análises podem ser feitas.

## 6.1. TRABALHOS FUTUROS

Dentre os possíveis trabalhos futuros envolvendo o SIGOA-DF e a estrutura de dados nele criada se encontram:

**Inspeção das OAEs ainda não inspecionadas no DF:** ampliação do banco de dados com mais informações das OAEs, tais como elementos e danos presentes, bem como o seu grau de deterioração.

**Criação de módulo de emissão de relatórios:** possibilita a criação de relatórios visuais a serem apresentados e utilizados estrategicamente.

**Criação de módulo de inspeção baseado na ABNT NBR 9452 (2019):** expansão da aplicação da ferramenta além do uso com a Metodologia do GDE/UnB, abrangendo também as classificações que constam na norma ABNT NBR 9452, de forma a favorecer o uso pelas concessionárias.

**Incorporação de bancos de dados já existentes:** alguns modelos de inspeção já levam em consideração o estado e as principais manifestações patológicas encontradas nos elementos. Essa pode ser uma boa oportunidade para a ampliação ou substituição do banco de dados já existente, tornando o SIGOA-DF uma ferramenta útil para outros tipos de estrutura ou estruturas localizadas em outras regiões.

**Criação de planos de manutenção:** baseados no estado de conservação e no mapeamento da evolução e surgimento de patologias ao longo do tempo, é possível desenvolver ferramentas que possibilitem a criação de planos de ação e manutenção de acordo com as necessidades dos gestores das OAEs.

**Integração de modelos de degradação:** possibilita uma maior previsibilidade, além de facilitar a criação de planos de manutenção que visam evitar acidentes, reduzir custos e aumentar a segurança da estrutura.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AASHTO. Pontis User Manual. 4.4 ed. Washington, D.C. Estados Unidos, AASHTO Publications, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16230 Inspeção de estruturas de concreto — Qualificação e certificação de pessoal — Requisitos.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5674 - Manutenção de edificações - Procedimento. Rio de Janeiro: Brasil. ABNT. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto de Estruturas de Concreto - Procedimento. Rio de Janeiro: Brasil. ABNT, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9452: Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto — Procedimento - Procedimento. Rio de Janeiro: Brasil. ABNT, 2019.

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

CASTRO, E. K.; 1994. Desenvolvimento de Metodologia para Manutenção de Estruturas de Concreto Armado. Dissertação de Mestrado, Publicação Nº: E.DM-004A/94, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 155 p.

CEB-FIP. Structural Concrete. Textbook on behaviour, desing and performance. Second Edition. Volume 3. 2009.

CHAVES, L. Avaliação de Obras de Arte Especiais da cidade de Brasília (Lote 2) pela Metodologia do Grau de Deterioração Estrutural da Universidade de Brasília. UnB, 2021

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO DF – DER. Dados relativos às Obras de Artes Especiais do DF, 2019. Disponível em: <https://dados.gov.br/dataset/obra-de-artes-especiais>. Acesso em: 20 mar. 2020.



DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. Inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido - Procedimento. Norma Dnit 010/2004 - Pro. Brasil, 2004a

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

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

DNIT, 2016. NORMA DNIT 010/2016 - PRO. Manual de Manutenção de Obras de Arte Especiais. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Ministério dos Transportes. Brasil.

ELBEHAIRY, Hatem. Bridge management system with Integrated Life Cycle Cost Optimization. 2007. 253-259 f. University of Waterloo, 2007.

ELBEHAIRY, HATEM; HEGAZY, TAREK; SOUDKI, KHALED. Bridge Management System With. Configurations, p. 368–377, 2006.

ELLIS; THOMPSON; GAGNON; RICHARD. Design and implementation of a new bridge management system for the Quebec Ministry of Transport. Tenth International Conference on Bridge and Structure Management. 2008.

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

FERREIRA, J. V. S. Inspeção e monitoramento de obras de arte especiais com vista a manutenção preditiva / João Vitor de Souza Ferreira – Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2018

FHWA. Bridge Preservation and Maintenance in Europe and South Africa. Washington, D.C. Estados Unidos. v. 5. 2005.

FONSECA, R. P.; 2007. A Estrutura do Instituto Central de Ciências: Aspectos Históricos, Científicos e Tecnológicos de Projeto, Execução, Intervenções e Propostas de Manutenção.

Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil, Publicação E.DM – 006 A/07, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 213p.

GARCIA-ALONSO, M. C. et al. Corrosion Behaviour of New Stainless Steels Reinforcing Bars Embedded in Concrete. *Cement and Concrete Research*, v. 37, p. 1463-1471, jun. 2007.

GUTKOWSKI, RICHARD M; ARENELLA, NICHOLAS D. Investigation of PONTIS - A Bridge Management Software. Department of Civil Engineering. Colorado State University. 1998.

HAWK, H. BRIDGIT: user-friendly approach to bridge management. *TRB Transportation Research Circular 498*, p. 1–15, 1999.

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

HENRIKSEN, A. Bridge Management - Routine Maintenance: Recent Experience with the Routine Management Module in the DANBRO Bridge Management System. *Transportation Research Circular*, v. 498, p. 1–13, 1999.

HORTA, CARLOS SANTINHO; FREIRE, LUIS. SGOA- Sistema de Gestão de Conservação de Obras de Arte Da Ep - Balanço De Uma Implementação Consolidada. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, p. 1–12, 2012.

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

LAURIA, Maria Luisa Miranda. Avaliação dos Viadutos do Eixo Rodoviário Sul de Brasília pela Metodologia GDE/UnB. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade de Brasília, [S. 1.], 2018.

LOPES, B. A. R.; 1998. “Sistema de Manutenção Predial para Grades Estoques de Edifícios: Estudo para inclusão do componente “Estrutura de Concreto”. Dissertação de Mestrado, Publicado N°: E.DM-011A/98, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 308p.

MEHTA, Kumar; MONTEIRO, Paulo J. M. Concreto: estrutura, propriedades e materiais. 3. ed. São Paulo: IBRACON, 2008.

MENDOÇA, TIAGO; BRITO, VITOR; FÁBIO MILHAZES. Aplicação de gestão de obras de arte - goa - nova geração. BETAR Consultores Lda. Lisboa, Portugal. 2010.

MONTEIRO, JOÃO GABRIEL PACHECO. Avaliação de Obras de Arte Especiais da cidade de Brasília (Lote 5) pela Metodologia do Grau de Deterioração Estrutural da Universidade de Brasília. UnB, 2021

MONTEIRO, JOSÉ MÚCIO. Relatório: Monitoramento-DNIT. Sessão Plenária. Brasília. 2012.

MORP, YASUHIRO; ELLINGWOOD, BRUCE R. Reliability-based service-life assessment of aging concrete structures. Journal of Structural Engineering, v. 119, n. 5, p. 1600–1621, 1993.

MOSCOSO, Y. F. M. (2017). Modelos de Degradação para Aplicação em Sistemas de Obras de Arte Especiais – OAES. Tese de Doutorado em Estruturas e Construção Civil, Publicação E.TD-3A/17, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 185p.

NASCIMENTO FILHO, ALONSO BARBOSA DO. Avaliação de Obras de Arte Especiais da cidade de Brasília (Lote 4) pela Metodologia do Grau de Deterioração Estrutural da Universidade de Brasília. UnB, 2021

NETO, Jerônimo C. P. F., NBR 5674 - Julho 2012 – Requisitos para o sistema de gestão de manutenção – CONSIDERAÇÕES, 2012.

NEVES, LUÍS A C; FRANGOPOL, DAN M; PETCHERDCHOO, ARUZ. Probabilistic Lifetime-Oriented Multiobjective Optimization of Bridge Maintenance : Combination of Maintenance Types. Journal of Structural Engineering, November, p. 1821–1834, 2006.

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

PEREIRA, M. S. Avaliação de Obras de Arte Especiais da cidade de Brasília (Lote 1) pela Metodologia do Grau de Deterioração Estrutural da Universidade de Brasília. UnB, 2021

POSSAN, EDNA. Modelagem da carbonatação e previsão de vida útil de estruturas de concreto em ambiente urbano. Universidade do Rio Grande do Sul, 2010.

RIBEIRO; CARVALHO; BAZZO; SILVA. Relatório de Gestão Temático. Diretoria de Planejamento e Pesquisa - DPP. Brasília, DF. 2013.

SARAIVA, C. Avaliação de Obras de Arte Especiais da cidade de Brasília (Lote 3) pela Metodologia do Grau de Deterioração Estrutural da Universidade de Brasília. UnB, 2021

SITTER, W.R DE. Durability of Concrete Structures. Department of Structural Engineering Technical University of Denmark. Copenhagen: CEB- rilem Internantional Workshop. Editor: Steen Rostam. 1983.

TRIBUNAL DE CONTAS DO DISTRITO FEDERAL – TCDF. Auditoria Operacional para Análise da Conservação do Patrimônio Público do Distrito Federal Brasília, DF, 2013.

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

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

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

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

VILLANUEVA, Marina M. A importância da manutenção preventiva para o bom desempenho da edificação, 2015.

VITÓRIO, J. A. P. Acidentes estruturais em pontes rodoviárias: Causas, diagnósticos e soluções. II Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas, Rio de Janeiro, 2007.

VITÓRIO, J; BARROS, R. Análise dos danos estruturais e das condições de estabilidade de 100 pontes rodoviárias no brasil. 3º Congresso Nacional sobre Segurança e Conservação de Pontes. Associação Portuguesa para a Segurança e Conservação de Pontes. p. 62–70. 2013

## 8. ANEXO

### 8.1. ANEXO 1 - FICHA DE INSPEÇÃO ROTINEIRA EXPEDITA – DNIT

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

OBSERVAÇÕES ADICIONAIS: \_\_\_\_\_

	Nota Técnica:	Local	Quantidade (Opcional)
<b>1. LAJE</b>			
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		
<b>2. VIGAMENTO PRINCIPAL</b>			
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 <input type="checkbox"/> Trincado		
Deformação (Flecha)	<input type="checkbox"/> Exagerada		
Aspectos do Concreto	<input type="checkbox"/> Má Qualidade		
Cobrimento	<input type="checkbox"/> Ausente / Pouco		

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

	Nota Técnica:	Local	Quantidade (Opcional)
<b>4. INFRAESTRUTURA</b>			
Recaique 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>			
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		

<b>ESQUEMAS</b>			

## 8.2. ANEXO 2 - INVENTÁRIO DA ESTRUTURA UTILIZADA PELO DNIT

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				



### 8.3. ANEXO 3 – DISTRIBUIÇÃO E RESULTADOS DAS INSPEÇÕES POR INSPETOR

Responsável	Nome	Descrição	Gd	Estado de Conservação
Chaves (2021) (Etapa 1)	055_785_27_85_V	Viaduto 1 na DF-004	25.43	Médio
	055_785_68_90_V	Viaduto 1 na DF-004 acesso eixo Monumental	77.57	Alto
	055_785_69_44_V	Viaduto 2 na DF-004 acesso eixo Monumental	81.83	Médio
	055_785_86_54_V	Viaduto 2 na DF-004	35.99	Médio
	055_786_09_67_V	Viaduto Sob a L4 Sul 3	79.06	Alto
	055_786_89_70_V	Viaduto Sob a L4 Sul 1	80.95	Médio
	055_787_01_07_V	Viaduto na Via L2 Sul próximo à Catedral 2	87.96	Sofrível
	055_787_23_09_V	Viaduto na L2 sobre a Via S3 1	60.14	Alto
	055_787_63_31_V	Viaduto na Via L2 Sul próximo à Catedral 1	88.58	Sofrível
	055_787_72_16_V	Viaduto na L2 sobre a Via S3 2	12.45	Baixo
	055_788_16_59_V	Viaduto de ligação Se/Ne na DF-002	61.29	Alto
	055_788_33_54_V	Viaduto na ERL Sul próximo ao prédio da Caixa	51.41	Alto
	055_788_35_18_V	Viaduto na ERW Sul próximo ao Bradesco	58.73	Alto
	055_788_98_72_V	Viaduto na DF-002 SCS	12.43	Baixo
	064_793_09_45_V	Viaduto 2 na DF-004 sobre a DF-002	48.52	Médio
	064_793_21_10_V	Viaduto 1 na DF-004 sobre a DF-002	50.21	Alto
	064_793_44_43_V	Viaduto encontro Eixo Rod Sul entrada Aeroporto	13.91	Baixo
	064_793_55_26_P	Ponte na DF-002	58.02	Alto
	064_795_57_91_P	Ponte 2 sobre Córrego do Guará	45.19	Médio
	064_795_96_26_P	Ponte 3 sobre o Rio Guará	26.52	Médio
	074_796_82_25_V	Viaduto sobre Ferrovia	27.6	Médio
	074_796_88_38_V	Viaduto 2 sobre via Férrea	59.12	Alto
	074_796_48_15_V	Viaduto 4 sobre via Férrea	46.6	Médio
	055_785_47_15_V	Viaduto sobre Via Palácio Presidencial	37.83	Médio
	074_796_47_15_V	Viaduto 1 sobre via Férrea	39.4	Médio
	055_788_47_15_V	Viaduto Próx ao Calaf	40.66	Médio
Chaves (2021) (Etapa 2)	044_789_11_14_V	Viaduto na DF 007	6.14	Baixo
	044_789_29_06_V	Viaduto 1 na DF 002 sobre a DF-007	82.57	Sofrível
	044_789_60_80_V	Viaduto 1 TTN sobre a DF 006	4.51	Baixo
	044_789_62_06_V	Viaduto 2 na DF 002 sobre a DF-007	48.26	Médio
	044_789_66_74_V	Viaduto 3 TTN sobre a DF 006	48.95	Médio
	044_789_68_00_V	Viaduto 2 TTN sobre a EPPN	4.08	Baixo
	044_789_72_58_P	Ponte 2 sobre Ribeirão do Torto (Ampliada)	19.2	Médio
	044_789_91_10_P	Ponte 1 sobre Ribeirão do Torto	59.69	Médio
	044_789_96_03_P	Ponte 3 sobre Ribeirão do Torto	18.68	Médio
	044_789_96_61_V	Viaduto 1 TTN sobre a DF 006	33.42	Médio

Responsável	Nome	Descrição	Gd	Estado de Conservação
Nascimento Filho (2021) (Etapa 1)	053_800_16_53_V	Viaduto sobre a DF-085. Entrocamento DF-085 / DF-087	3.67	Baixo
	053_799_84_62_V	Viaduto 2 sob a DF085-DF087	14.72	Baixo
	053_800_33_85_V	Viaduto 3 sob a DF-085	11.24	Baixo
	054_792_20_14_V	Viaduto sob o Eixo Monumental próximo à catedral militar 1	53.12	Alto
	054_792_64_07_V	Viaduto sob o Eixo Monumental próximo à catedral militar 2	95.24	Sofrível
	054_793_51_24_V	Viaduto sobre DF003 - Eixo Monumental/Taguatinga	11.24	Baixo
	054_798_97_22_V	Viaduto na DF-085 entrada Guará	11.24	Baixo
	063_800_13_04_V	Viaduto na DF-079 sobre Rod. (Metrô Águas Claras)	7.19	Baixo
	063_805_11_60_V	Viaduto 1 na DF-001 EPTG	23.09	Médio
	063_805_35_84_V	Viaduto 2 na DF-001 EPTG	23.09	Médio
	063_807_60_71_V	Viaduto Elmo Serejo Entrada Ceilândia 1	19.28	Médio
	063_807_69_68_V	Viaduto Elmo Serejo Entrada Ceilândia 2	19.28	Médio
	064_795_02_44_V	Metrô - Estação ParkShopping	86.01	Sofrível
	064_795_54_86_V	Viaduto 2 de acesso ao Guará	82.98	Sofrível
	064_795_85_47_V	Viaduto 1 de acesso ao Guará	142.84	Crítico
	073_802_27_14_V	Viaduto 1 na DF-001 sobre a DF-075	49.99	Médio
	073_802_27_72_V	Viaduto 2 na DF-001 sobre a DF-075	32.52	Médio
	073_806_10_42_V	Viaduto 1 na BR-060 Samambaia	12.29	Baixo
	073_806_75_98_V	Viaduto 2 na BR-060 Samambaia	12.09	Baixo
	064_792_68_36_V	Viaduto 4 Saída Sul na DF-002 próximo SQS 16	11.24	Baixo
064_792_96_73_V	Viaduto 3 Saída Sul na DF-002 próximo SQS 16	11.24	Baixo	
064_792_93_82_V	Viaduto 2 Saída Sul na DF-002 próximo SQS 16	11.24	Baixo	
Nascimento Filho (2021) (Etapa 2)	025_787_67_11_V	Viaduto de acesso a Fábrica Cimento Tocantins	25.21	Médio
	025_788_29_91_P	Ponte sobre Ribeirão Contagem	5.32	Baixo
	035_780_90_63_V	Viaduto 1 na BR-020 entrada Sobradinho	21.19	Médio
	035_780_95_41_V	Viaduto 2 na BR-020 entrada Sobradinho	22.39	Médio
	035_781_74_63_V	Viaduto 2 Sh Boa Vista	6.41	Baixo
	035_781_76_25_V	Viaduto 1 Sh Boa Vista	6.76	Baixo
	083_799_99_97_V	Viaduto na DF-065 sobre a DF-003	21.3	Médio
	035_783_11_78_V	Viaduto Próximo ao Império dos Nobres 1	24.3	Médio
	035_783_31_55_V	Viaduto Próximo ao Império dos Nobres 2	24.3	Médio
	083_802_66_99_V	Viaduto em Frente ao Campus UnB Gama	21.19	Médio
	083_802_66_75_V	Viaduto do Periquito 1	19.95	Médio
	083_801_49_98_V	Viaduto do Periquito - Acesso Lateral 1	5.32	Baixo
083_801_81_07_V	Viaduto do Periquito - Acesso Lateral 2	5.97	Baixo	
Monteiro (2021) (Etapa 1)	055_785_00_07_V	Viaduto 2 na DF-004	4.71	Baixo
	055_785_95_48_V	Viaduto 1 na DF-004	7.46	Baixo
	055_787_01_01_V	Viaduto sobre o Eixo Monumental próximo à catedral	29.16	Médio
	055_787_13_47_V	Viaduto L2 Norte próximo ao DNIT	11.46	Baixo
	055_787_55_70_V	Viaduto no Eixo Monumental próximo ao Bloco J	12.74	Baixo
055_787_55_79_V	Viaduto L2 Norte paralelo à via do Ministério Bloco J	11.35	Baixo	

Responsável	Nome	Descrição	Gd	Estado de Conservação
Monteiro (2021) (Etapa 1)	055_787_76_97_V	Viaduto sobre a L2 Norte Próximo ao BB	11.24	Baixo
	055_787_90_89_V	Viaduto L2 Norte próximo ao Ministério Bloco J	11.29	Baixo
	055_788_20_69_V	Viaduto na DF-002 Norte acesso Ministérios Norte	19.24	Médio
	055_788_34_97_V	Viaduto na DF-002 Sul em frente ao BRB	5.84	Baixo
	055_788_44_48_V	Viaduto na DF-002 Buraco do TATU	14.26	Baixo
	055_788_44_84_V	Viaduto na DF-002 Rodoviária	4.08	Baixo
	055_788_45_57_V	Viaduto na DF-002 Sul em frente ao BRB 2	0.91	Baixo
	055_788_49_31_V	Viaduto na DF-002 Conjunto Nacional	3.7	Baixo
	055_788_52_25_V	Viaduto sobre a Via S2 próximo ao CONIC	3.91	Baixo
	055_788_64_32_V	Viaduto sobre a via S2 ao lado do Prédio Gilberto Salomão	1.26	Baixo
	055_788_74_37_V	Viaduto na DF-002 CONIC	1.87	Baixo
	055_788_82_84_V	Viaduto de acesso SHN sobre a DF-002	36.03	Médio
	055_788_93_98_V	Viaduto sobre a DF-002 Norte acesso ao eixinho	64.02	Alto
	064_789_21_90_V	Viaduto 1 sobre acesso a Ponte Costa e Silva	72.35	Alto
	064_789_22_89_V	Viaduto 2 sobre acesso a Ponte Costa e Silva	61.61	Alto
	064_792_14_62_V	Viaduto na DF-002 final da Asa Sul 1	10.53	Baixo
	064_792_44_19_V	Viaduto na DF-002 final da Asa Sul 3	10.26	Baixo
	064_792_65_45_V	Viaduto na DF-002 final da Asa Sul 2	3.68	Baixo
	064_793_23_90_V	Viaduto sobre a EPDB	23.05	Médio
Monteiro (2021) (Etapa 2)	035_785_09_92_V	Viaduto 1 Colorado	22.89	Médio
	035_786_63_96_V	Viaduto 2 TTN EPCT	24.58	Médio
	035_786_65_18_V	Viaduto 1 TTN EPCT	2.76	Baixo
	044_789_40_86_V	Viaduto 1 TTN sobre a EPPN	4.35	Baixo
	044_789_73_24_V	Viaduto 2 TTN sobre a DF 004	0.83	Baixo
	044_789_78_78_V	Viaduto 1 TTN sobre a DF 004	2.38	Baixo
	044_789_86_12_V	Viaduto de Saída Eixao TTN 1	3.06	Baixo
	064_792_88_47_V	Viaduto Saída Sul na DF-002 próximo SQS 16	8.96	Baixo
	091_825_00_67_V	Viaduto 1 na BR-060 sobre a DF-290	3.3	Baixo
	091_825_94_40_V	Viaduto 2 na BR-060 sobre a DF-290	5.42	Baixo
094_798_38_26_V	Viaduto 1 na BR040 entrada Santa Maria	3.33	Baixo	
Pereira (2021) (Etapa 1)	054_793_50_70_V	Viaduto 1 - SPS (Próxima a DF-003 e ao Cruzeiro)	45.24	Médio
	054_793_99_71_V	Viaduto 2 - SPS (Próxima a DF-003 e ao Cruzeiro)	42.86	Médio
	054_794_36_74_V	Viaduto 2 sobre a DF-003 acesso ao Guará	7.1	Baixo
	054_794_65_33_V	Viaduto 1 sobre a DF-003 acesso ao Guará	43.67	Médio
	054_794_89_03_V	Viaduto sobre a DF-003 acesso SIA	120.7	Crítico
	063_800_22_82_P	Ponte 2 sobre Córrego vicente Pires	10.81	Baixo
	063_800_40_62_P	Ponte 3 sobre o Córrego Vicente Pires DF-085	17.5	Médio
	063_800_96_10_P	Ponte 1 sobre Córrego vicente Pires	19.86	Médio
	063_801_26_23_V	Viaduto 1 EPTG - Entrada Águas Claras	6.9	Baixo
	063_801_73_82_V	Viaduto 2 EPTG - Entrada Águas Claras	10.59	Baixo
	063_801_91_48_P	Ponte na DF085	38.87	Médio

Responsável	Nome	Descrição	Gd	Estado de Conservação
Pereira (2021) (Etapa 1)	063_802_04_04_P	Ponte na DF085	19.03	Médio
	064_795_38_79_V	Viaduto 1 na DF-003 acesso Aeroporto JK	8.19	Baixo
	064_795_42_06_V	Viaduto 1 sobre a DF-003 acesso N.Bandeirante	58.52	Alto
	064_795_54_28_P	Ponte 1E sobre Córrego Riacho Fundo	133.2	Crítico
	064_795_68_14_P	Ponte 2 sobre Riacho Fundo	47.62	Médio
	064_795_90_85_V	Viaduto 2 na DF-003 acesso Aeroporto JK	22.65	Médio
	064_795_95_62_V	Viaduto 2 sobre a DF-003 acesso N.Bandeirante	40.73	Médio
	064_797_31_45_V	Viaduto 2 sobre Ferrovia	63.51	Alto
	064_797_57_90_V	Viaduto 1 sobre Ferrovia	60.02	Alto
	063_795_02_29_V	Viaduto 2 na DF-003 acesso Aeroporto JK - Trecho de Ampliação	81.69	Sofrível
	063_795_74_94_V	Viaduto 2 na DF-003 acesso Aeroporto JK - Trecho de Ampliação	21.75	Médio
	063_794_16_34_V	Viaduto 1 sobre a DF-003 acesso ao Guará - Trecho de Ampliação	4.84	Baixo
	063_794_55_14_V	Viaduto 2 sobre a DF-003 acesso ao Guará - Trecho de Ampliação	89.05	Sofrível
	063_800_95_96_P	Ponte 4 sobre Córrego vicente Pires	4.23	Baixo
	063_801_97_59_P	Ponte na DF085	33.53	Médio
	063_801_85_31_V	Viaduto 4 EPTG - Entrada Águas Claras	6.13	Baixo
	063_801_14_11_V	Viaduto 3 EPTG - Entrada Águas Claras	7.25	Baixo
Pereira (2021) (Etapa 2)	072_814_30_02_V	Viaduto 2 na BR-060 sobre a DF 180	6.7	Baixo
	072_814_95_23_V	Viaduto 1 na BR-060 sobre a DF 180	5.23	Baixo
	083_798_02_28_V	Viaduto no retorno sobre a br-040 no sentido a São Sebastião, prox. a PRF	8.09	Baixo
	084_795_14_45_V	Viaduto sobre Ferrovia	27.2	Médio
	084_798_12_70_V	Viaduto Aeroporto BRT SUL	8.18	Baixo
	094_798_28_21_V	Viaduto 1 na BR040 divisa Goiás	17.8	Médio
	094_798_31_70_V	Viaduto 2 na BR040 entrada de Santa Maria	4.47	Baixo
	094_798_90_62_V	Viaduto 2 na BR040 divisa Goiás	16.63	Médio
	083_802_66_03_V	Viaduto sobre DF-465	17.61	Médio
	083_802_66_34_V	Viaduto do Periquito 3	6.41	Baixo
Saraiva (2021) (Etapa 1)	044_789_89_44_V	Viaduto de Saida Eixao TTN 2	3.81	Baixo
	044_789_89_51_V	Viaduto 3 TTN sobre a DF 004	4.1	Baixo
	044_790_94_77_V	Viaduto 2 na DF003 acesso ao Setor Militar	8.5	Baixo
	045_781_76_06_P	Ponte 2 sobre Córrego Tamanduá	6.87	Baixo
	045_781_89_82_P	Ponte 1 sobre Córrego Tamanduá	5.95	Baixo
	053_800_66_79_V	Viaduto na DF-095 acesso Estrutural	64.52	Alto
	053_805_18_96_V	Viaduto 1 na DF-001 sobre a DF-095	36.52	Médio
	053_805_65_76_V	Viaduto 1 na DF-001 sobre a DF-095	51.46	Alto
	054_792_20_70_V	Viaduto 1 na DF003 acesso ao Setor Militar	12.36	Baixo
	054_794_23_02_V	Viaduto Ayrton Senna	11.25	Baixo
	054_795_20_28_V	Viaduto sobre Ferrovia sentido Taguatinga	58.65	Alto
	054_797_99_05_V	Viaduto sobre Rodovia e Ferrovia SCKIA	18.68	Médio

Responsável	Nome	Descrição	Gd	Estado de Conservação
Pereira (2021) (Etapa 1)	055_786_35_33_V	Viaduto 1 na DF-004	6.39	Baixo
	055_786_54_10_V	Viaduto 1 na DF-004	12.32	Baixo
	055_787_05_94_V	Viaduto na L3 Norte Sentindo UnB	11.45	Baixo
	055_788_71_37_V	Viaduto de acesso a L2 Sul próximo à Casa do Candango	34.6	Médio
	064_790_01_33_V	Viaduto na L2 Sul acesso ao Ses Q610	14.62	Baixo
	064_790_32_34_V	Viaduto de acesso ao eixo L	11.86	Baixo
	064_791_45_50_V	Viaduto de acesso ao eixo L na DF-002 SQS 05 e 06	12.55	Baixo
	065_782_68_10_V	Viaduto 1 na DF-025 sobre acesso a Ponte JK	6.7	Baixo
	065_782_92_28_V	Viaduto 2 na DF-025 sobre acesso a Ponte JK	4.45	Baixo
	065_787_00_80_V	Viaduto sobre via de acesso ao Logo Sul	28.54	Médio
	065_787_40_95_V	Viaduto 2 na DF-004 acesso a 2 Ponte	31.75	Médio
	065_787_86_30_V	Viaduto 1 na DF-004 acesso a 2 Ponte	67.41	Alto
Saraiva (2021) (Etapa 2)	035_785_52_23_V	Viaduto 3 TTN EPCT	8.5	Baixo
	035_785_67_08_V	Viaduto 4 TTN EPCT	7.89	Baixo
	035_786_19_79_V	Viaduto 2 Colorado	8.97	Baixo
	044_789_28_25_V	Viaduto 1 do Torto	16.33	Médio
	044_789_60_41_V	Viaduto 1 TTN Balão do Torto	7.33	Baixo
	044_790_44_62_V	Viaduto 2 do Torto	14.25	Baixo
	045_788_62_98_V	Viaduto 2 OAE 04 LTC	6.68	Baixo
	046_770_04_24_P	Ponte sobre Capão da Erva	6.33	Baixo
	046_770_17_07_P	Ponte sobre Córrego do Meio	10.1	Baixo
	094_798_91_70_V	Viaduto 2 na BR040 saída Santa Maria	27.34	Médio