



**FACULDADE DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS SOCIAIS
APLICADAS – FATECS**

HUGO OLIVEIRA COSTA

**AVALIAÇÃO DE PATOLOGIAS EM OBRAS DE ARTE ESPECIAIS
UTILIZANDO A METODOLOGIA GDE/UNB**

Brasília
2016

HUGO OLIVEIRA COSTA

**AVALIAÇÃO DE PATOLOGIAS EM OBRAS DE ARTE ESPECIAIS
UTILIZANDO A METODOLOGIA GDE/UNB**

Trabalho de Curso (TC) apresentado como
um dos requisitos para conclusão do curso de
Engenharia Civil do UniCEUB– Centro
Universitário de Brasília

Orientador: Eng^o.Civil Ramon SalenoYure
Rubim Costa Silva(D.Sc.)

Brasília
2016

HUGO OLIVEIRA COSTA

**AVALIAÇÃO DE PATOLOGIAS EM OBRAS DE ARTE ESPECIAIS
UTILIZANDO A METODOLOGIA GDE/UNB**

Trabalho de Curso (TC) apresentado como
um dos requisitos para conclusão do curso de
Engenharia Civil do UniCEUB– Centro
Universitário de Brasília

Orientador: Eng^o.Civil Ramon SalenoYure
Rubim Costa Silva (D.Sc.)

Brasília, 23 de Junho de 2016.

Banca Examinadora

Eng^o.Civil Ramon SalenoYure Rubim Costa Silva, D.Sc.
Orientador

Wellington Vidal da Silva, Msc (UniCEUB)
Examinador Interno

Brunno Emidio Sobrinho, MSc. (DNIT)
Examinador Externo

RESUMO

O concreto armado é hoje a opção mais usual para a realização de obras de pequeno, médio e grande porte, não só no Brasil mas no mundo, dados sua durabilidade, propriedades de resistência, facilidade de controle de qualidade, dentro outros fatores. Esse material vem sendo utilizado em obras de construção civil e infraestrutura a vários anos e ainda há muito a se estudar sobre ele. Sabe-se que estruturas de concreto armado geralmente são submetidas a esforços e são necessários cálculos precisos para garantir sua segurança e durabilidade. Assim, estruturas específicas como Pontes, Túneis, Viadutos expressam um papel fundamental para o desenvolvimento da infraestrutura de um país. Essas estruturas são chamadas Obras de Arte Especiais (OAEs), e tem solicitações e esforços diferentes das obras convencionais de engenharia. A metodologia desenvolvida no presente trabalho (Gde/UnB) foi inicialmente proposta para edificações (realizadas em concreto armado) e depois modificada para utilização em obras de arte especiais, e visa a quantificação de um dano na estrutura por meio de “graus de deterioração” a serem analisados para determinar qual a melhor intervenção a ser adotada. Nesta pesquisa apresenta-se uma aplicação da metodologia Gde/UnB, idealizada por Kraus (1994) e modificada para utilização em obras de arte por Euqeres (2011), de maneira a agregar conhecimentos sobre a área e averiguar se a avaliação realizada condiz com a real situação da estrutura analisada. Foram verificados 4 (quatro) viadutos, encontrados no Distrito Federal, sendo avaliados de acordo com os procedimentos prescritos pelo método. Nesses viadutos, as patologias foram quantificadas e constatou-se o melhor curso de ação a ser tomado a partir dos resultados.

Palavras-chave:

Concreto; Obras de Arte Especiais; Metodologia.

ABSTRACT

The reinforced concrete nowadays is the most usual option for the realization of small, medium and large scale Works, not only in Brazil but in the whole world, due to its durability, proprieties of resistance, easy quality control, and more. This material has been chosen for civil engineering and infrastructural Works for many years and yet there's a lot to study about it. It is known that reinforced concrete structures are commonly submitted to solicitations and for that purpose precise calculations are needed in order to ensure safety and durability. That way, specific structures like bridges, tunnels, viaducts express a fundamental role in a country's development and infrastructure. Those structures are called Special Works of Art, and suffer different types of efforts & solicitations than the ordinary engineering Works. The methodology developed on this research (Gde/UnB) was originally developed for buildings (made of reinforced concrete), then modified for the application on 'Works of Art', and it quantifies the amount of structural damage in terms of 'grades of deterioration' meant to be analyzed in order to determinate the intervention act that is most appropriate for the situation. This research presents the application of the Gde/UnB methodology, idealized by Kraus (1994) and later modified for its application to Works of Art by Euqeres (2011), in a way of aggregate information about the area of study and ascertain if the evaluation made is true to the actual situation of the studied structure. In this research were verified 4(four) Viaducts, found in the Distrito Federal, analyzed according to the proceedings described by the method. In those viaducts the pathologies were quantified and it was chosen the best course of action to be taken from the results.

Keywords:

Concrete; Special Works of Art; Methodology.

SUMÁRIO

1. Introdução.....	1
1.1 Objetivos:.....	2
2. Revisão Bibliográfica.....	3
2.1 Obras de Arte Especiais (OAEs)	3
2.2 Conceitos	3
2.3 Causas	4
2.4 Estados limites	7
2.5 Inspeções.....	7
2.6 Custos.....	9
2.7 Manifestações patológicas	10
2.7.1 Segregação	10
2.7.2 Manchas	10
2.7.3 Eflorescência	11
2.7.4 Esfoliação	11
2.7.5 Desagregação	12
2.7.6 Cobrimento Deficiente	12
2.7.7.....	12
Manchas de Corrosão	13
2.7.8 Flechas.....	13
2.7.9.....	14
Fissuras.....	14
2.7.10 Carbonatação	14
2.7.11 Infiltrações.....	15
2.7.12 Presença de cloretos	15
3. Metodologia GDE	16
3.1.1 Metodologia aplicada em obras de arte	23
4. Estudo de caso	25
4.1 OAE 1	26
4.2 OAE 2	33
4.3 OAE 3	39
4.4 OAE 4	44

5. Apresentação de resultados	49
6. Conclusão	51
6.1 Sugestões para trabalhos futuros.....	51
Bibliografia.....	52

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 Classificação das causas do processo de deterioração do concreto armado (Ripper, 1998).....	5
Tabela 2.2 Causas Extrínsecas aos processos de deterioração das estruturas de concreto armado (Ripper 1998).....	5
Tabela 2.3 Causas Intrínsecas aos processos de deterioração das estruturas de concreto armado (Ripper, 1998).....	6
Tabela 2.5 Classificação dos fatores de intensidade.....	17
Tabela 2.6 Classificação dos níveis de deterioração do elemento (Kraus, 1994)	18
Tabela 2.7 Relação dos Fatores de Relevância.....	19
Tabela 2.8 Classificação dos níveis de deterioração da estrutura (Kraus, 1994)	19
Tabela 2.9 Tipologia de fissuras em elementos de concreto armado (Fonseca, 2007)	20
Tabela 2.10 Tipologia de fissuras em elementos de concreto armado (Fonseca, 2007) Continuação	21
Tabela 2.11 Classificação dos níveis de deterioração do Elemento (Fonseca, 2007)	22
Tabela 2.12 Classificação dos níveis de deterioração da Estrutura (Fonseca, 2007)	22
Tabela 2.13 Fatores de relevância para pontes (Euqueres, 2011)	23
Tabela 2.14 Classificação dos níveis de deterioração do Elemento e/ou Estrutura (Euqueres, 2011).....	23

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Efeitos de manutenção na vida útil de uma edificação (Rushlow e Kermath, 1994).	9
Figura 2.2 Segregação na base de um pilar	10
Figura 2.3 Mofos causados por infiltração	10
Figura 2.4 Eflorescência em laje e parede	11
Figura 2.5 Marquise de prédio comercial	11
Figura 2.6 Perda de cobrimento próximo a base de pilar	12
Figura 2.7 Reduzida espessura de cobrimento da armadura em pilar	12
Figura 2.8 Manifestação patológica em alvenaria	13
Figura 2.9 Ensaio de flexão em viga de concreto	13
Figura 2.10 Fissura em peça de concreto	14
Figura 2.11 Esquema de Carbonatação	14
Figura 2.12 Infiltração em parede	15
Figura 2.13 Pilar de ponte em região marítima	15
Figura 2.14 Fluxograma da metodologia Gde	16
Figura 2.15 Gráfico de correlação de F_p e F_i gerando o Grau de Dano D	17
Figura 3.1 Esquema estrutural das OAEs	25
Figura 3.2 Vista frontal da AOE 1	26
Figura 3.3 Desagregação na viga 004	27
Figura 3.4 Desagregação na viga 002	27
Figura 3.5 Falha de concretagem na viga 001	28
Figura 3.6 Desplacamento na viga 005	28
Figura 3.7 Infiltração na viga 010	29
Figura 3.8 Eflorescência na viga 009	29
Figura 3.9 Flecha na viga 009	29
Figura 3.10 Rachadura na viga 007	29
Figura 3.11 Eflorescência na laje 5	30
Figura 3.12 Manchas na laje 1	30
Figura 3.13 Formação de estalactites	31
Figura 3.14 Flecha na laje próximo a viga principal	31
Figura 3.15 Barreira lateral esquerda, sentido Plano-Sobradinho	32
Figura 3.16 Vista frontal da AOE 2	33
Figura 3.17 Efeitos de recalque no lado esquerdo	34
Figura 3.18 Efeitos de recalque do lado direito	34
Figura 3.19 Eflorescência na viga 009	35
Figura 3.20 Medição de fissura (1)	35
Figura 3.21 Medição de fissura (2)	36
Figura 3.22 Medição de fissura (3)	36
Figura 3.23 Desagregação	37
Figura 3.24 Falha de concretagem	37
Figura 3.25 Esmagamento	37
Figura 3.26 Desagregação	37
Figura 3.27 Barreira AOE 2	38

	III
Figura 3.28 Vista frontal da OAE 3, 2015.....	39
Figura 3.29 Desagregação	40
Figura 3.30 Segregação próximo ao apoio	40
Figura 3.31 Segregação junto ao Neoprene.....	41
Figura 3.32 Fissura próximo ao apoio	41
Figura 3.33 Infiltração	41
Figura 3.34 Eflorescência.....	41
Figura 3.35 Carbonatação na laje	42
Figura 3.36 Laje 004.....	42
Figura 3.37 Falha no cobrimento da barreira	43
Figura 3.38 Vista frontal da OAE 4, 2015.....	44
Figura 3.39 Segregação	45
Figura 3.40 Esfoliação.....	45
Figura 3.41 Cobrimento deficiente próximo ao Neoprene.....	46
Figura 3.42 Desagregação	46
Figura 3.43 Manchas na viga 009.....	46
Figura 3.44 Manchas na viga 010.....	46
Figura 3.45 Sinais de Eflorescência	47
Figura 3.46 Formação de estalactites	47
Figura 3.47 Manchas	48
Figura 3.48 Manchas na barreira da OAE 4	48

ÍNDICE DE MATRIZES

Matriz de inspeção 4.1 Viga 004	27
Matriz de inspeção 4.2 Viga 009	28
Matriz de inspeção 4.3 Laje 004.....	30
Matriz de inspeção 4.4 Barreira 001.....	31
Matriz de inspeção 4.5 Viga 001	34
Matriz de inspeção 4.6 Viga 007	35
Matriz de inspeção 4.7 Laje 004.....	36
Matriz de inspeção 4.8 Viga 003	40
Matriz de inspeção 4.9 Laje 005.....	42
Matriz de inspeção 4.10 Barreira 001.....	43
Matriz de inspeção 4.11 Viga 12	45
Matriz de inspeção 4.12 Laje 005.....	47

ÍNDICE DE EQUAÇÕES

Equação 2.1	18
Equação 2.2	18
Equação 2.3	18
Equação 2.4	18
Equação 2.5	18
Equação 2.6	22
Equação 2.7	22
Equação 2.8	22
Equação 2.9	23

LISTA DE ABREVIACOES

OAE.....	Obra de Arte Especial
Gde	Grau de Deterioração do Elemento
Gdf.....	Grau de Deterioração da Família de Elementos
D	Grau de dano
Gd	Grau de deterioração da Estrutura
Fp.....	Fator de ponderação
Fi.....	Fator de Intensidade
Fr.....	Fator de relevancia
UnB.....	Universidade de Brasília
NBR	Norma Brasileira
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
DNIT.....	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
ELS	Estado Limite de Servio
ELU	Estado Limite Utimo
CO2.....	Gás Carbnico

1. INTRODUÇÃO

Desde o início da civilização o ramo da construção civil é uma das praticas do homem. Pratica essa, que passa de geração para geração e por aperfeiçoamentos contínuos. Esses aperfeiçoamentos geram conhecimentos e informações, que por sua vez moldam o modo como são erguidas as estruturas, a arquitetura, a escolha dos materiais, etc. Com o passar do tempo técnicas construtivas vão surgindo, materiais são aperfeiçoados, e cada vez mais se tem a certeza da qualidade do produto final. Com o objetivo de garantir essa qualidade, fazem-se necessárias a existência de manutenções, que mantem a obra com sua funcionalidade perfeita.

O concreto armado é hoje a opção mais usual para a realização de obras de pequeno, médio e grande porte, não só no Brasil, mas no mundo, dados sua durabilidade, propriedades de resistência, facilidade de controle de qualidade, dentro outros fatores.

A priori não havia uma preocupação com a durabilidade ou a vida útil de estruturas de concreto, por acreditarem que essas estruturas não se deteriorariam. Com o passar do tempo constatou-se que o concreto não mantem suas características físicas e/ou químicas iniciais, passando então a se dar maior atenção às manifestações dessas mudanças.

“ O concreto armado está sujeito a alterações ao longo do tempo, em função de interações entre os elementos que o constituem (cimento, areia, brita, água e aço), com os aditivos e com agentes externos, como ácidos, bases, sais, gases, vapores e micro-organismos. Muitas vezes, dessas interações resultam anomalias que podem comprometer o desempenho da estrutura, provocar efeitos estéticos indesejáveis ou causar desconforto psicológico nos usuários” Piancastelli, Elvio (1997)

As estruturas podem apresentar desempenho insatisfatório devido a diversos fatores, a saber: má utilização dos materiais, imperícias, erros na concepção do projeto, falhas na execução do projeto, perda de capacidade resistente com o passar do tempo, perda da capacidade resistente devido a reações químicas entre seus componentes internos e fatores externos, entre outros. Provocando assim o surgimento de danos,

A manifestação de danos em estruturas indica um comportamento irregular dos componentes da mesma. Estes componentes por sua vez podem apresentar comportamentos irregulares diferentes dependentes de fatores variados. Tais irregularidades carecem de avaliações delicadas e correções precisas, de maneira a serem descobertas suas origens e tomadas as medidas apropriadas, para então garantir o funcionamento da estrutura durante sua vida útil.

Para tratar de dano em obras de engenharia foi atribuído o termo **Patologia**. Na medicina o termo se refere ao estudo de doenças, suas causas, origens e sintomas. Dentro da engenharia civil temos algo parecido, o termo Patologia refere-se ao campo de estudo que trata da deterioração estrutural, suas causas, origens e sintomas.

A fim de analisar os danos patológicos em estruturas de concreto armado, a metodologia Gde/UnB propõe uma avaliação quantitativa do desempenho estrutural de

maneira que o dano causado pelas patologias observadas possa ser visualizado menos subjetivamente.

Inicialmente a metodologia foi desenvolvida para análise de edificações realizadas em concreto armado. Mas após sua concepção, ocorreram modificações para a adaptação da metodologia para aplicação em obras de arte.

1.1 OBJETIVOS:

O **objetivo geral** deste trabalho é avaliar as manifestações patológicas em Obras de Arte Especiais.

Para alcançar o objetivo geral, os **objetivos específicos** são:

- Inspeccionar quatro Viadutos localizados no Distrito Federal por meio da metodologia Gde/UnB adaptada.
- Avaliar a incidência dos danos nas OAEs inspecionadas.
- Desenvolver os cálculos necessários para aplicação do método.
- Determinar o curso de ação a ser tomado de acordo com o estado real da obra.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 OBRAS DE ARTE ESPECIAIS (OAES)

Existem no mundo obras dos mais variados tipos e tamanhos, desde arranha-céus grandiosos a pequenas vilas de casas populares e padronizadas, e dentro dessa grande variedade de obras separamos ainda as mesmas por classificações diferentes.

Pontes, viadutos, tuneis, são exemplos de obras de engenharia que são diferenciadas e recebem uma denominação especial: Obras de Arte Especiais (comumente abreviado por OAES). Esse tipo de diferenciação dá-se pelo fato de sua funcionalidade e de seu comportamento quanto aos esforços de utilização.

OAES são em geral obras com solicitações maiores ou mais específicas, e essas solicitações são distribuídas diferentemente para cada tipo e forma. Uma ponte, por exemplo, tem uso, forma, materiais, distribuição de esforços, solicitações, entre outros fatores, todos diferentes de obras comuns de engenharia. Também é exigida do engenheiro uma qualificação específica para a participação em projetos, visto que todas as OAES são tratadas como casos ímpares no âmbito da engenharia de infraestrutura.

2.2 CONCEITOS

Vida útil e durabilidade, apesar de serem conceitos diferentes, estão diretamente relacionadas de maneira que sua associação é inevitável. Ambas são determinadas de acordo com o tempo e dependem de uma correta manutenção pré-determinada em projeto, sendo a vida útil um período previsto para a utilização da obra, e durabilidade a tendência da peça de funcionar durante o período determinado pela vida útil.

Segundo a NBR 15575-1(ABNT 2012), a definição de vida útil é: “período de tempo em que um edifício e/ou seus sistemas se prestam às atividades para as quais foram projetados e construídos considerando a periodicidade e a correta execução dos processos de manutenção especificados no respectivo Manual de Uso, Operação e Manutenção”

Também segundo a NBR 15575-1(ABNT 2012), a definição de durabilidade: “pode ser entendido como a capacidade da edificação ou de seus sistemas de desempenhar suas funções, ao longo do tempo e sob condições de uso e manutenção especificadas. O termo "durabilidade" é comumente utilizado como qualitativo para expressar a condição em que a edificação ou seus sistemas mantêm seu desempenho requerido durante a vida útil.”

De acordo com a NBR 6118:2014 temos:

- Durabilidade: " Consiste na capacidade de a estrutura resistir às influências ambientais previstas e definidas em conjunto pelo autor do projeto estrutural e o contratante, no início dos trabalhos de elaboração do projeto."
- Vida útil de projeto: " Por vida útil de projeto, entende-se o período de tempo durante o qual se mantêm as características das estruturas de concreto, desde que

atendidos os requisitos de uso e manutenção prescritos pelo projetista e pelo construtor, bem como de execução dos reparos necessários decorrentes de danos acidentais."

De acordo com o Manual de Recuperação de pontes e viadutos rodoviários do DNIT:2010 "A durabilidade do concreto confeccionado com cimento hidráulico é definida pela sua capacidade de resistir às intempéries, ataques químicos, abrasão e outros processos de deterioração; o concreto durável deve conservar sua forma original, qualidade e boas condições de utilização."

2.3 CAUSAS

As pontes de concreto tem por características um baixo custo de manutenção e uma alta durabilidade, mas assim como toda obra sofrem dos mesmos causadores de deterioração.

As causas de patologias em concreto armado, ainda podem ser divididas por serem de reações químicas, físicas e/ou biológicas.

Patologias biológicas são basicamente fungos e manchas que ocorrem naturalmente devido a exposições da estrutura a sol, chuva, vento, entre outros.

Patologias causadas por reações físicas são em geral trincas e fissuras.

Já patologias causadas por reações químicas variam entre: Ataques de sulfatos; Ataques de cloretos; Carbonatação do concreto; Reação álcali-agregados; Agressividade do meio ambiente; Corrosão do concreto; Corrosão das armaduras; Eflorescência.

Essas (causas) podem ser derivadas de uma execução mal feita da obra, um variação de marcas e/ou de materiais, efeitos externos como vento e temperatura, dentre outros fatores. Segundo Vicente Custódio M. De Souza:

“[---] as causas da deterioração podem ser as mais diversas, desde o envelhecimento “natural” da estrutura até os acidentes, e até mesmo a irresponsabilidade de alguns profissionais que optam pela utilização de materiais fora das especificações [...]” (RIPPER, T; SOUZA, V. C. M., 1998)

Segundo os autores Vicente Custódio Moreira de Souza e Thomaz Ripper(1998), as causas de deterioração em estruturas de concreto armado podem ser classificadas em "Causas Intrínsecas" e "Causas extrínsecas" conforme a tabela 2.1:

<ul style="list-style-type: none"> • Causas intrínsecas (inerentes às estruturas) • Causas extrínsecas (externas ao corpo estrutural) 	<p>CAUSAS DOS PROCESSOS DE DEGRADATION DAS ESTRUTURAS</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Falhas humanas • Causas naturais próprias ao material concreto • Ações externas
---	--	---

Tabela 2.1 Classificação das causas do processo de deterioração do concreto armado (Ripper, 1998)

Enquadram-se por causas intrínsecas todas aquelas que tem origem em materiais ou peças estruturais durante a execução ou utilização da obra, sendo causados por questões próprias do material e/ou falhas humanas.

E por causas extrínsecas enquadram-se aquelas que não dependem do corpo da obra em si, sendo causadas por fatores externos. Segundo o autor essas podem ser vistas como "fatores que atacam a estrutura de fora para dentro".

Ainda para esse raciocínio o autor apresenta 2 outras tabelas (2.2 e 2.3), uma para cada tipo de causa.

CAUSAS EXTRÍNSECAS	FALHAS HUMANAS DURANTE O PROJETO	Modelização Inadequada da Estrutura Má Avaliação das Cargas Detalhamento Errado ou Insuficiente Inadequação ao Ambiente Incorreção na Interação Solo-Estrutura Incorreção na Consideração de Juntas de Dilatação
	FALHAS HUMANAS DURANTE A UTILIZAÇÃO	Alterações Estruturais Sobrecargas Exageradas Alteração das Condições do Terreno de Fundação
	AÇÕES MECÂNICAS	Choques de Veículos Recalque de Fundações Acidentes (Ações Imprevisíveis)
	AÇÕES FÍSICAS	Variação de Temperatura Insolação Atuação da Água
	AÇÕES QUÍMICAS	
	AÇÕES BIOLÓGICAS	

Tabela 2.2 Causas Extrínsecas aos processos de deterioração das estruturas de concreto armado (Ripper 1998)

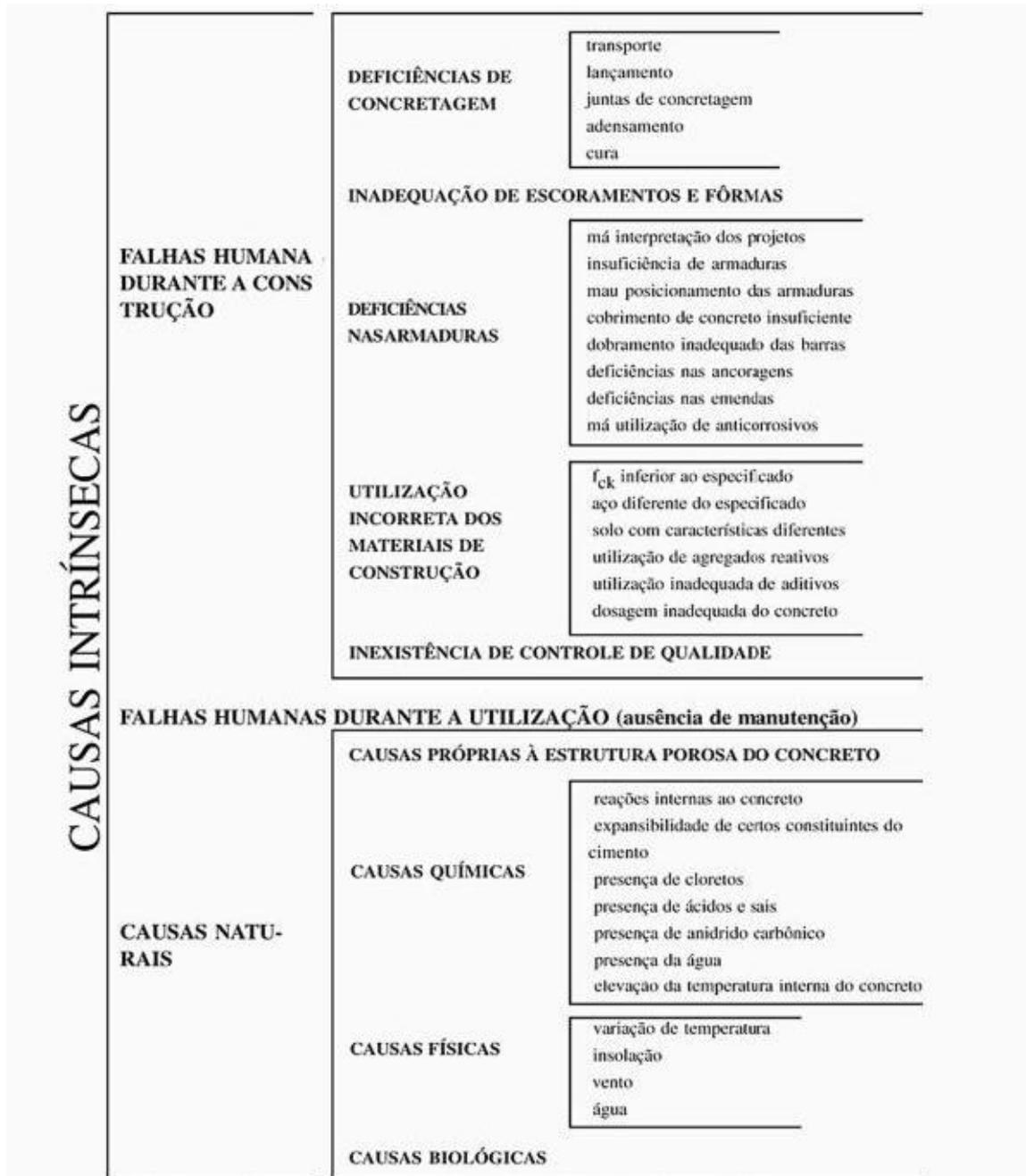


Tabela 2.3 Causas Intrínsecas aos processos de deterioração das estruturas de concreto armado (Ripper, 1998)

Neste contexto, segundo o manual do DNIT os fatores causadores de deteriorações em OAEs podem ser classificados em:

Fatores intrínsecos: São fatores ligados a estrutura, que pode abrigar fatores de degradação ou ser mais suscetível as mesmas;

Fatores resultantes do tráfego rodoviário: São fatores de natureza externa resultantes da utilização, que geram desgaste da pavimentação e aumento dos efeitos de fadiga.

Fatores ambientais: São fatores de natureza climática ou atmosférica, que são independentes de atividades humanas.

Fatores resultantes do tipo e intensidade da manutenção: São fatores que ao serem aplicados na quantidade certa retardam a degradação da estrutura garantindo então um maior funcionamento.

Fatores correlacionados à atividade humana: São fatores que variam de acordo com a influência do ser humano na estrutura, seja essa influencia boa ou ruim para a peça.

2.4 ESTADOS LIMITES

As manifestações patológicas na engenharia são muito relacionadas também aos *ELS* e *ELU*, respectivamente a *Estado Limite de Serviço* e *Estado Limite Ultimo*, esses representam os estados de estudo a serem levados em consideração durante uma avaliação.

No *Estado Limite de Serviço* são consideradas patologias que são desagradáveis a vista, porem que não tem grande impacto na distribuição de cargas estruturais, portanto não são de tudo preocupantes para a estabilidade da obra.

NBR 6118:2014 Estados limites de serviço (ELS): " Estados limites de serviço são aqueles relacionados à durabilidade das estruturas, aparência, conforto do usuário e à boa utilização funcional das mesmas, seja em relação aos usuários, seja em relação as máquinas e aos equipamentos utilizados.

Já no *Estado Limite Ultimo* patologias verificadas são tratadas com maior seriedade pois estas tendem a comprometer a estabilidade da obra podendo levar a mesma a ruína.

NBR 6118:2014 Estado limite Último (ELU): " Estado limite relacionado ao colapso, ou a qualquer outra forma de ruína estrutural, que determine a paralisação do uso da estrutura."

Entre os Estados Limites de Serviço e Ultimo tem-se uma "folga" devido aos coeficientes de segurança utilizados em cálculos. E é por existir essa folga que tratamos as patologias de maneira tão diferenciada para esses dois estados de avaliação.

Essa análise se aplica ao se determinar, pelo grau de dano aferido na patologia, se a mesma representa um ELS ou um ELU.

2.5 INSPEÇÕES

A grande importância de haver uma manutenção preventiva vem, primeiramente, da capacidade da mesma de minorar e/ou ate mesmo prevenir eventuais problemas estruturais, uma vez que estes são detectados no inicio de suas manifestações e prontamente solucionados. O gráfico da figura 2.1 relaciona a intensidade das manutenções com eventuais falhas.

Com a finalidade de zelar pela vida útil da estrutura são apresentadas as propostas de manutenção preventiva no manual de utilização, em forma de recomendações de utilização do espaço e da estrutura em geral.

Em casos já mais avançados, onde apenas a manutenção preventiva já não é o suficiente, se faz necessário um acompanhamento ou vistoria de um engenheiro, com finalidade de apontar e/ou estudar as possíveis patologias.

Segundo o manual de inspeção de pontes do DNIT (2004), são 5 os tipos de inspeção realizados para Obras de Arte:

-Inspeção Cadastral, realizada imediatamente após a conclusão da obra ou na ocorrência de uma alteração na configuração da obra (alargamentos, reforços, etc.). Esta inspeção conta com os dados coletados, a planta da estrutura e todos os informes construtivos disponíveis.

-Inspeção Rotineira, realizada em intervalos geralmente de 1 a 2 anos, destinada a detectar anomalias e/ou alterações de acordo com a Inspeção Cadastral ou com a Inspeção Rotineira anterior. Para esse tipo de inspeção não há a necessidade do uso de equipamentos especiais, sendo somente registrada por meio de fotos e de um caderno (ficha) de inspeção rotineira encontrado no Anexo T.

-Inspeção Especial, realizada em intervalos máximos de 5 anos ou sempre que julgado necessário em uma inspeção rotineira. Para esse tipo de inspeção também se usa o registro por fotos e o caderno de inspeção rotineira, com o acréscimo de um relatório caso seja necessário.

-Inspeção Extraordinária, realizada sem programação prévia, e somente quando ocorrem danos estruturais repentinos.

-Inspeção Intermediária, realizada com o objetivo de monitorar uma anormalidade detectada (ou suspeitada) com as inspeções prévias.

Com as inspeções, são oferecidos 3 tipos de serviços (principalmente) realizados pelo engenheiro vistoriador:

-Visita técnica (1ª)

-Vistoria técnica (2ª)

-Laudo de dano estrutural (3ª)

Seguindo essa ordem de importância, a primeira opção de serviço é indicada apenas para situações simples, onde apenas um incômodo devido a manifestação da patologia mas com a certeza de que não é algo grave; A segunda deve ser acionada em casos de preocupação com a integridade da obra; E a terceira, deve ser solicitada em casos preocupantes, geralmente detectados com a Vistoria técnica.

A visita técnica consiste em uma visita do profissional ao local, fazendo uma observação superficial e por fim, compartilhando sua opinião sobre o estado daquela obra que estava sendo estudada.

Uma vistoria técnica também é uma visita ao local, porém essa com uma observação mais precisa das patologias que ali ocorrem. Essa vistoria conta com um laudo técnico ao final, que tem por objetivo apontar as características da obra, as patologias encontradas e suas possíveis causas, e sugerir uma opção de manutenção ou de reparo para que a estrutura se mantenha em plenas condições.

Por último, o laudo de dano estrutural é o serviço mais complexo, que consiste ainda em visitas ao local e análise a fundo de todas as patologias ali presentes. Este usa da experiência do profissional e de ensaios de laboratório e *in loco*. Por fim, é entregue um laudo completo apresentando todos os resultados dos ensaios e observações feitas pelo engenheiro, e as manutenções e/ou reforços que devem ser feitos para retornar a estrutura a seu ponto ideal de utilização.

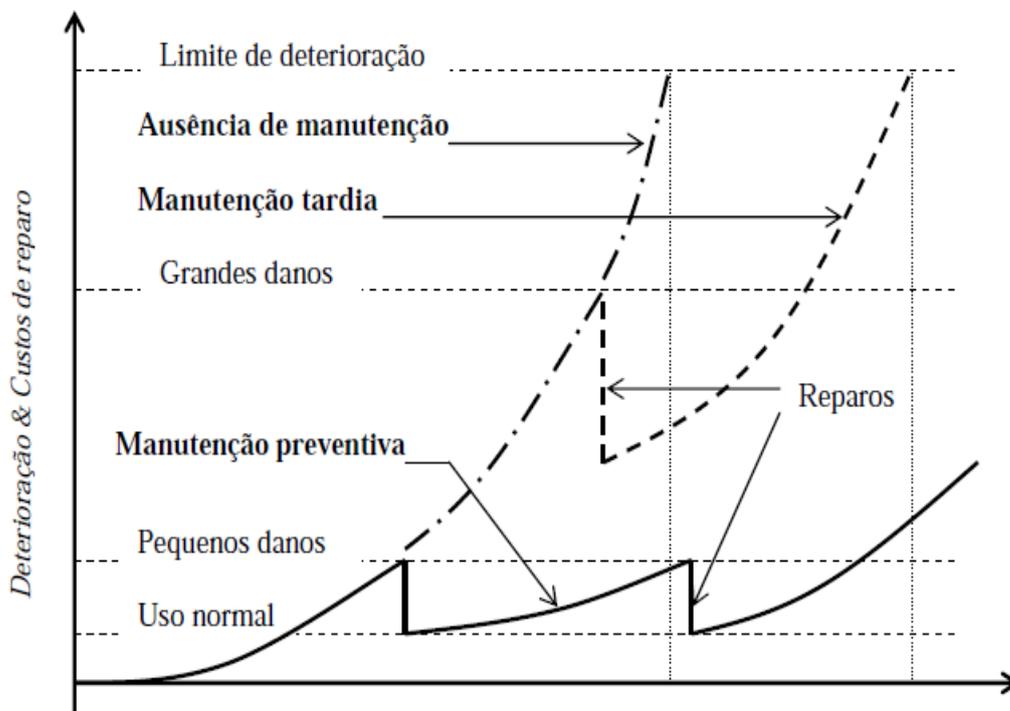


Figura 2-1 Efeitos de manutenção na vida útil de uma edificação (Rushlow e Kermath, 1994)

2.6 CUSTOS

É importante também citar que os custos de manutenção em obras crescem de acordo com uma função exponencial em uma Progressão Geométrica de razão 5, chamada “Lei dos Cinco” W. Sitter (1983)

Segundo W. Sitter (1983) dividindo a estrutura nas 4 fases:

- Fase A: Projeto e construção;
- Fase B: Início do processo de deterioração;
- Fase C: Início da propagação dos danos;
- Fase D: Estado avançado da propagação, com deterioração generalizada ocorrendo.

Tem-se para cada fase a seguinte proposta de intervenção seguida do valor proporcionalmente:

Fase A: Práticas adequadas de projeto e execução: US\$ 1.0/ m²

Fase B: Manutenção preventiva: US\$ 5.0/ m²

Fase C: Manutenção corretiva ou reparo: US\$ 25.0/ m²

Fase D: Recuperação ou reforço US\$ 125.0/ m²

2.7 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

Das manifestações patológicas mais frequentes em obras de concreto armado:

2.7.1 SEGREGAÇÃO

Deficiência na concretagem da peça que acaba por separar os materiais presentes no concreto (figura 2.2). Ocorre devido ao lançamento em alturas elevadas, por excesso de vibração, dosagem inadequada da pasta, incoerência para com o diâmetro dos agregados. Em alguns casos chega a deixar exposta a armadura, o que incita o início de danos.



Figura 2-2 Segregação na base de um pilar

2.7.2 MANCHAS

Causadas pela contaminação fungos ou mofos (figura 2.3), principalmente em áreas externas e que estão sujeitas a maior exposição a umidade e/ou luz solar.



Figura 2-3 Mofos causados por infiltração

2.7.3 EFLORESCÊNCIA

Surgimento de manchas esbranquiçadas (figura 2.4) na superfície do concreto (carbonato de cálcio). Ocorrem devido a dissolução dos sais (hidróxido de cálcio) presentes no concreto devido a infiltração de águas e reações com o CO₂ do meio. Por um processo de Lixiviação e de evaporação estes sais são depositados na superfície. Após as reações internas, os outros elementos constituintes do concreto terminam expostos a decomposição química.



Figura 2-4 Eflorescência em laje

2.7.4 ESFOLIAÇÃO

Lascas que se descolam do concreto (figura 2.5) devido a choques ou processos químicos e/ou biológicos, ou ainda por reações expansivas inertes. Geralmente causa uma perda de engrenamento entre os agregados e da capacidade aglomerante da pasta.



Figura 2-5 Viga de viaduto

2.7.5 DESAGREGAÇÃO

Perda da capacidade aglomerante do concreto (figura 2.6), ocasionando destacamento dos agregados e consequentemente a exposição da armadura da peça. Ocorre geralmente por efeitos de ataques químicos, fatores externos e/ou agravação de um estado de Esfoliação prévio (item 2.7.4)



Figura 2-6 Perda de cobertura próximo a base de pilar

2.7.6 COBRIMENTO DEFICIENTE

Desacordo do cobrimento existente com o especificado em norma (NBR 6118:2014). É recomendado um cobrimento nominal da camada de concreto sobre armaduras de aço com a função de protegê-las. O não cumprimento da espessura de cobrimento prevista em norma leva, eventualmente, a uma situação mostrada na figura 2.7, onde a armadura encontra-se exposta e suscetível as ações externas. Ocorre, geralmente, devido a realização indevida do serviço e a falta de fiscalização do mesmo.



Figura 2-7 Reduzida espessura de cobertura da armadura em pilar

2.7.7 MANCHAS DE CORROSÃO

Manchas marrom-avermelhadas (figura 2.8) aparentes na superfície devido à corrosão da ferragem presente na peça. Ocorrem em ambientes sujeitos a umidade e/ou em falhas de concretagem que geram um ambiente propício ao acúmulo de água. A água reage quimicamente com a armadura de maneira a formar pontos de ferrugem. Essas reações a longo prazo tendem a diminuir a resistência original da peça.



Figura 2-8 Manifestação patológica em alvenaria

2.7.8 FLECHAS

Flechas são desvios de geometria causados por carregamentos inapropriados para a peça. A NBR 6118:2014 prescreve limites para deslocamento de peças de estruturas de concreto, de maneira a não ocorrerem sensações desagradáveis aos usuários e ao mesmo tempo garantir o não comprometimento da estrutura. Na figura 2.9 estão demarcadas as fissurações que ocorrem durante a deformação.



Figura 2-9 Flexão em viga de concreto

2.7.9 FISSURAS

Rachaduras aparentes nas obras com tamanhos e orientações variados (figura 2.10). Estas podem ocorrer por vários fatores, fatores estes que diferenciam cada uma e como se comportam. A exemplo de fissuras tem-se: fissuração por cura mal executada; fissuração por recalque diferencial; fissuração por expansão do material; entre outros. O surgimento de fissuras gera um desconforto ao usuário e também uma falha no sistema de proteção dos constituintes internos do concreto (principalmente armadura), um meio de entrada para fatores externos como água, CO₂, fungos; que por sua vez dão início a um processo de degradação.



Figura 2-10 Fissura em peça de concreto

2.7.10 CARBONATAÇÃO

Reação entre CO₂ presente na atmosfera que penetra pelos poros do concreto e reage com os constituintes alcalinos do mesmo. A carbonatação da Cal reduz o Ph do concreto e provoca a despassivação das armaduras. Pode ser identificada de maneira simples: com a aplicação de uma solução de fenolftaleína na superfície do concreto. Ocorre geralmente em garagens e ambientes com muita presença de CO₂. A figura 2.11 apresenta um esquema ilustrado do processo de carbonatação.

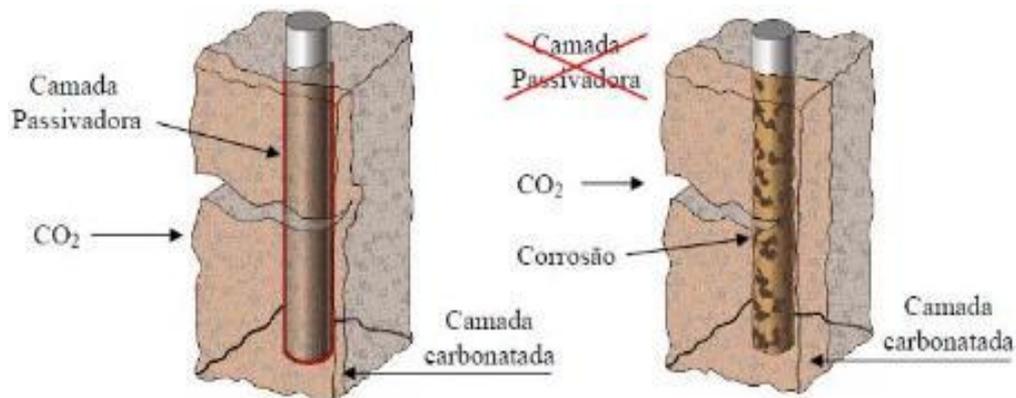


Figura 2-11 Esquema de Carbonatação

2.7.11 INFILTRAÇÕES

Entrada de água no interior da peça de concreto dado por exposição direta a chuva, área de contato maior devido a fissuras, acúmulo de água em cantos ou pontos mais baixos; umidade do proveniente do solo por capilaridade, entre outros. A presença de água na estrutura tende a incitar processos patológicos (itens 2.7.3 e 2.7.7), para tanto enfatiza-se a importância dos processos de drenagem. A figura 2.12 representa uma situação avançada de infiltração e a manifestação de Eflorescências devido ao fator humidade.



Figura 2-12 Infiltração em parede

2.7.12 PRESENÇA DE CLORETOS

Contaminação do concreto por emprego de aditivos a base de cloretos, ou pela penetração de cloretos devido ao ambiente. Ocorrem geralmente em áreas litorâneas e/ou em peças pré-moldadas onde pretende-se acelerar a cura com aditivos a base de cloretos. Os danos variam entre fissuras próximas as armaduras (figura 2.13) e manchas devido a retenção de umidade.

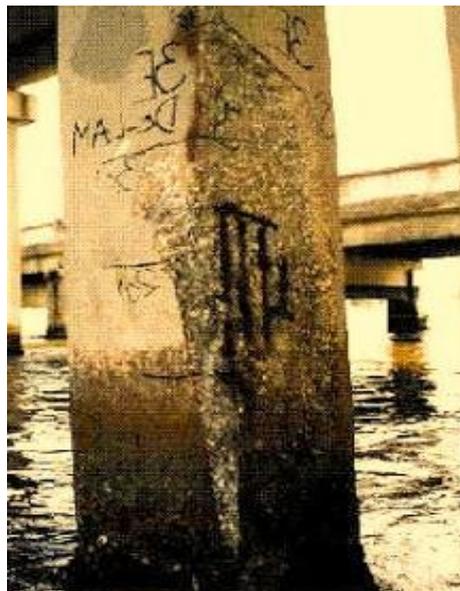


Figura 2-13 Pilar de ponte em região marítima

3. METODOLOGIA GDE

GDE é a sigla para Grau de Deterioração do Elemento. A metodologia abordada no presente trabalho, foi desenvolvida na UnB (Universidade de Brasília) no ano de 1994 pela Engenheira Eliane Kraus, em sua dissertação de mestrado. O método consiste em dividir a obra em famílias de elementos: Vigas; Pilares; Lajes; Cortinas; Escadas e Rampas; Reservatórios; Blocos; Juntas de Dilatação; Elementos de composição Arquitetônica. E analisar cada elemento separadamente. A mesma é trabalhada de acordo com o fluxograma da Figura 3.1.

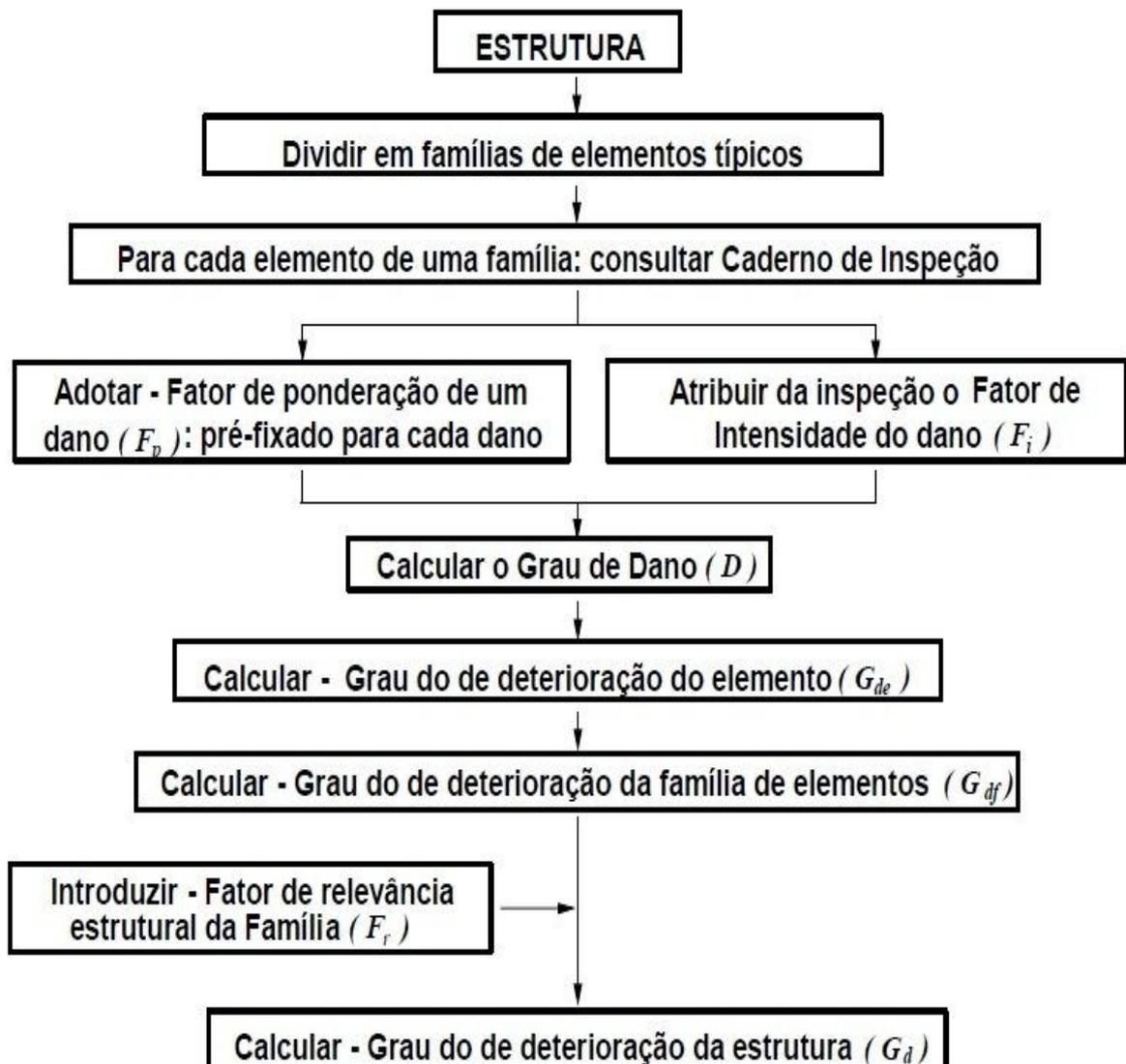


Figura 3-1 Fluxograma da metodologia Gde (Adaptado de Kraus, 1994)

Determinou-se um Fator de Ponderação (F_p), variando dentro de um intervalo de 1 a 10, para cada patologia (citadas no item 2.7) de acordo com sua importância para a integridade da peça. Essa numerologia foi determinada com base no trabalho de Klein et al (1991).

O engenheiro vistoriador, a partir de sua observação, atribui um valor para um Fator de Intensidade (F_i) variando a partir de 0 para a inexistência da patologia, até 4 para uma situação muito grave.

Fator de intensidade de Dano	
Estado	F_i
Sem lesões	0
Lesões leves	1
Lesões toleráveis	2
Lesões graves	3
Estado crítico	4

Tabela 3.1 Classificação dos fatores de intensidade

De acordo com Tuutti (1982) o dano considera duas etapas para o processo de evolução de patologias. São essas etapas *Iniciação* e *Propagação*, sendo a Iniciação um processo de degradação lenta e quase imperceptível; e a Propagação sendo uma degradação acelerada não só bastante perceptível, como de periculosidade considerável visto que pode comprometer o funcionamento da estrutura.

O gráfico seguinte retrata o funcionamento do estudo de Tuutti, sendo o eixo das abscissas os valores de F_i e o eixo das ordenadas o valor obtido para o Grau de Dano (D):

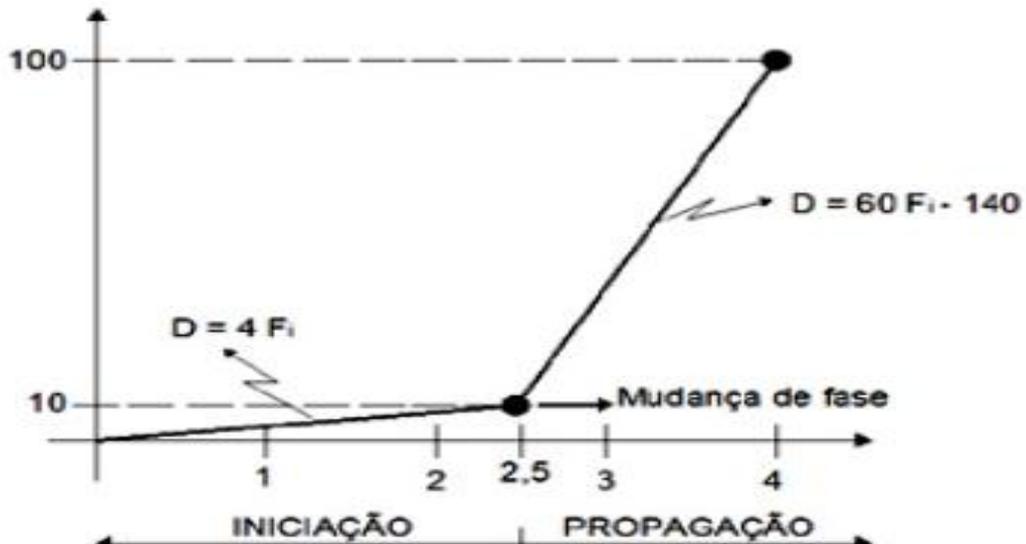


Figura 3-2 Gráfico de correlação de F_p e F_i gerando o Grau de Dano D

Correlacionando os valores F_p e F_i , é então calculado um Grau do Dano (D) para cada patologia de acordo com as equações que seguem:

$$D = 0,4 F_i F_p, \text{ para } F_i \leq 2,5 \quad \text{Equação (2.1)}$$

$$D = (6F_i - 14)F_p, \text{ para } F_i > 2,5 \quad \text{Equação (2.2)}$$

Este Grau de Dano (D) então será usado para o calculo do GDE seguindo a seguinte equação:

$$G_{de} = D_{max} \left[1 + \frac{(\sum_{i=1}^{m-1} D_i) - D_{max}}{\sum_{i=1}^m D_i} \right] \quad \text{Equação (2.3)}$$

Sendo $m = n^\circ$ de $D > 0$

Após o calculo do Gde tem-se a tabela 3.2 para uma visualização dos resultados:

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

Tabela 3.2 Classificação dos níveis de deterioração do elemento (Kraus, 1994)

A partir do calculo do Gde de cada elemento, é calculado um Gdf que é o Grau de Deterioração da Família:

$$G_{df} = \frac{\sum_{i=1}^n G_{de(i)}}{n} \quad \text{Equação (2.4)}$$

Onde $n = n^\circ$ de elementos da família que apresentam $G_{de} \geq 15$

E por fim, relacionados os valores dos Gdf calculados e acrescidos de um Fator de Relevância (Fr) específico de cada família (tabela 3.3), pode ser calculado o valor de Gd (Grau de deterioração da estrutura).

$$G_d = \frac{\sum_{i=1}^k Fr(i) * G_{df(i)}}{\sum_{i=1}^k Fr(i)} \quad \text{Equação (2.5)}$$

Onde:

$K = n^\circ$ de famílias presentes na edificação

<i>*Elementos de composição arquitetônica Fr = 1,0</i>
<i>*Reservatório superior Fr = 2,0</i>
<i>*Escadas/rampas, reservatório inferior, cortinas, lajes secundárias. Fr = 3,0</i>
<i>*Lajes, fundações, vigas secundárias, pilares secundários. Fr = 4,0</i>
<i>*Vigas e pilares principais Fr = 5,0</i>

Tabela 3.3 Relação dos Fatores de Relevância

Após o cálculo do Gd tem-se a tabela 3.4, que segue, para o veredito final do estudo:

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

Tabela 3.4 Classificação dos níveis de deterioração da estrutura (Kraus, 1994)

Com a utilização do método proposto em trabalhos posteriores Lopes (1998) e Boldo (2002), estudos feitos levaram a modificações no método (Fonseca, 2007) principalmente em relação ao Fator de Ponderação e a análise de fissuras, substituindo-se então o intervalo de F_p para 1 a 5; e sendo diferenciados os valores do F_p referente a Fissuras de acordo com as tabelas 3.5 e 3.6 apresentadas a seguir:

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

Tabela 3.5 Tipologia de fissuras em elementos de concreto armado (Fonseca, 2007)

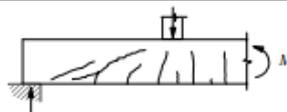
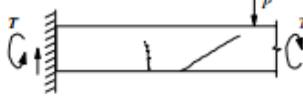
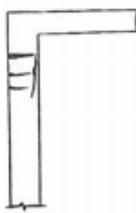
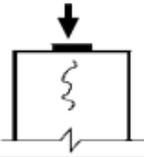
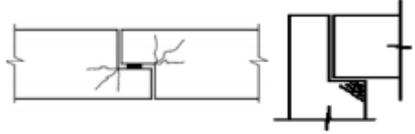
	Fissuras	Descrição	Croquis	F_p
ERROS DE PROJETO/ EXECUCAO OU CARGAS EXCESSIVAS	de flexão em vigas	- normais ao eixo, em trechos de momento fletor elevado e com boa aderência aço-concreto		4
	de força cortante - flexão em vigas	- inclinadas nas duas faces - podem entrar na zona de compressão e se dirigir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

Tabela 3.6 Tipologia de fissuras em elementos de concreto armado (Fonseca, 2007) Continuação

Também foram feitas importantes mudanças nas formulas utilizadas para o calculo do Grau de Dano e para o calculo do Gdf:

Sendo o F_p máximo igual a 5, o Grau de Dano é dado pelas equações:

$$D = 0,8F_p F_i \quad , \text{ para } F_i \leq 2,5 \quad \text{Equação (2.6)}$$

$$D = (12F_i - 28)F_p \quad , \text{ para } F_i > 2,5 \quad \text{Equação (2.7)}$$

Fosenca (2007) Observou que ocorria uma supervalorização do estado real de um elemento crítico, e que quanto mais elementos a família abrangia, mais próxima a expressão ficava da razão “2”, com isso Gdf tinha uma tendência a ficar cada vez mais próximo do dobro do valor do Gde máximo dos elementos da família.

Foi sugerida então a seguinte reformulação para o calculo do Gdf:

$$G_{df} = G_{deMáx} \left[\sqrt{1 + \frac{\sum_{i=1}^m G_{de(i)} - G_{deMáx}}{\sum_{i=1}^m G_{de(i)}}} \right] \quad \text{Equação (2.8)}$$

Após a mudança nos cálculos, foram então apresentadas duas novas tabelas (3.7 e 3.8) para classificação dos níveis de deterioração:

Para o Gde:

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

Tabela 3.7 Classificação dos níveis de deterioração do Elemento (Fonseca, 2007)

Para o Gd:

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

Tabela 3.8 Classificação dos níveis de deterioração da Estrutura (Fonseca, 2007)

3.1.1 METODOLOGIA APLICADA EM OBRAS DE ARTE

O Pioneiro desse estudo (metodologia Gde aplicada a obras de arte) foi Euqeres (2011), que verificou como se comportavam as patologias em pontes. Devido aos estudos anteriores visarem estruturas com outros tipos de utilização, foram necessárias mudanças em alguns parâmetros.

As formulas da metodologia permaneceram as mesmas, com exceção da formula para o calculo do Gd, que passou a ser a que segue:

$$G_d = \frac{K_{m\acute{a}x}}{7,07} \sqrt{1 + \frac{(\sum_{i=1}^k K_i) - K_{m\acute{a}x}}{\sum_{i=1}^k K_i}} \quad \text{Equação (2.9)}$$

Onde K representa as majorações de Gdf de acordo com seus respectivos fatores de relevância.

Fatores de relevância estes que não estavam de acordo com o novo tipo de estrutura, portanto Euqeres propôs a tabela 3.9, a seguir:

Fator de Relevância Estrutural (Fr)	
Elemento Estrutural	Fr
Barreira de defesas e/ou guarda-rodas	1,0
Pista de rolagem	2,0
Cortinas, juntas de dilatação	3,0
Lajes, fundações, aparelho de apoio, vigas secundárias	4,0
Vigas principais e pilares	5,0

Tabela 3.9 Fatores de relevância para pontes (Euqeres, 2011)

Também foram alterados os prazos para intervenções de acordo com a tabela 3.10:

Nível de Deterioração	Gde ou Gd	Ações a serem adotadas
Baixo	0 - 15	Estado aceitável. Manutenção preventiva.
Médio	15 - 50	Definir prazo/natureza para nova inspeção. Planejar intervenção em longo prazo (máx. 2 anos)
Alto	50 - 80	Definir prazo/natureza para inspeção especializada detalhada. Planejar intervenção em médio prazo (máx. 18 meses)
Sofrível	80 - 100	Definir prazo/natureza para inspeção especializada detalhada. Planejar intervenção em curto prazo (máx. 1 ano)
Crítico	>100	Inspeção especial emergencial. Planeja intervenção imediata.

Tabela 3.10 Classificação dos níveis de deterioração do Elemento e/ou Estrutura (Euqeres, 2011)

Como pode ser observado, com o passar dos anos e estudos constantes a metodologia original de Kraus (1994) sofreu varias modificações e adaptações, tornando-se cada vez mais completa.

Esta metodologia apresenta para os usuários um caderno de inspeção que conta com todas as descrições necessárias para cada tipo de patologia; orientações para as escolhas dos Fi; formulações a serem adotadas; um roteiro de inspeção a ser seguido.

A última formulação do caderno de inspeção foi a utiliza por Calazans (2015), que conta com a contribuição de vários trabalhos anteriores para sua formatação. A mesma pode ser encontrada no Anexo A desta pesquisa.

4. ESTUDO DE CASO

Para o desenvolvimento do presente trabalho foi escolhido o procedimento proposto por Fonseca (2007) e adaptado por Euqueres (2011) para utilização do método Gde/UnB em Obras de arte especiais (OAEs), sendo levada em consideração a formulação para os cálculos de Gde, Gdf, e Gd bem como as tabelas de Fr e dos níveis de deterioração próprios para OAEs e a mais recente formulação do caderno de inspeção.

Foram analisadas 4 OAEs na região do Distrito Federal (DF). As 4 apresentam sistemas estruturais semelhantes, compostos por vigas longarinas apoiadas em vigas transversinas, que por sua vez apoiam-se diretamente nos blocos de fundação. As lajes são compostas de varias peças de concreto independentes durante toda sua extensão, de dimensões aproximadas 1m x 60 cm cada. Possuem ainda guarda rodas do tipo Barreira New Jersey posicionados respectivamente ao lado de faixas de rolamento. As OAEs têm comprimento médio de 43 metros e largura media de 9 metros (distribuídos entre 2 pistas de rolamento). Todos os elementos estruturais foram executados em concreto armado. Durante a visita ainda foi possível ver algumas formas e escoras de madeira usadas no processo construtivo. A figura 3.1 é uma representação das estruturas analisadas sem excluir suas peculiaridades, que serão apontadas nos estudos a seguir.

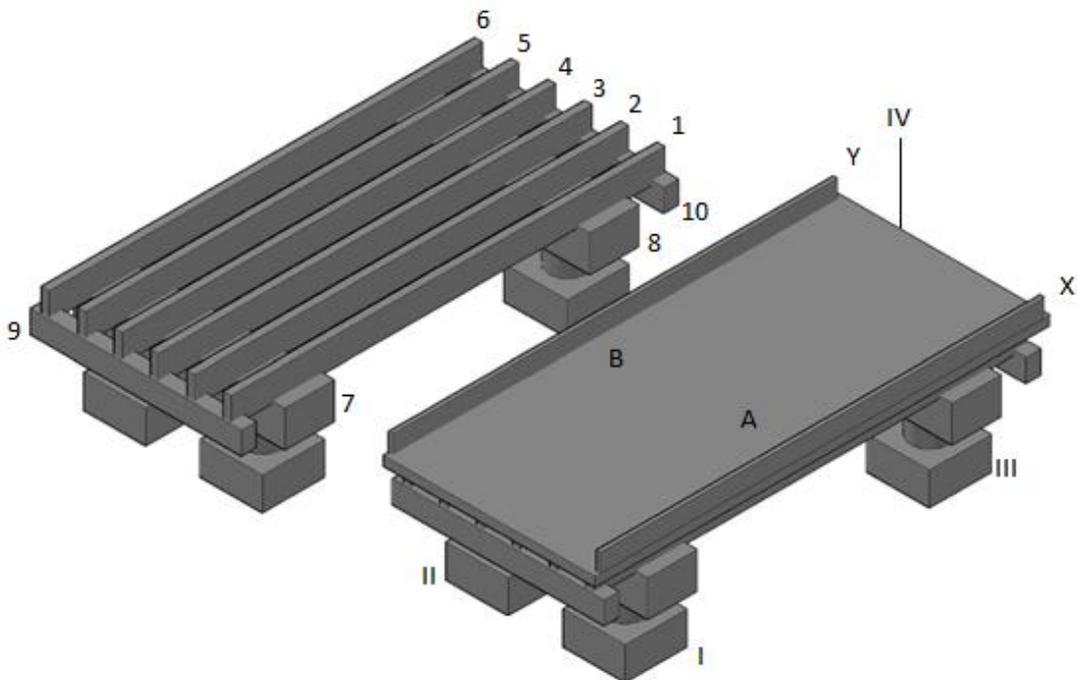


Figura 4-1 Esquema estrutural das OAEs

Os elementos foram numerados para o melhor entendimento da divisão dos mesmos: Vigas (números 1 ao 10); Blocos de fundação (Gregos I ao IV); Pistas (A e B); Guarda rodas (X e Y).

4.1 ESTUDO DE CASO 1

OAE 1	BR-020	17/05/2016
-------	--------	------------

Localizada na BR-020, região de Sobradinho próxima ao condomínio “Morada dos Nobres”



Figura 4-2 Vista frontal da AOE 1

Trata-se de uma obra recente, pouco menos de 10 anos. Tem um comprimento aproximado de 44 metros e fica no sentido Plano Piloto – Sobradinho.

Para realização do estudo esta OAE foi dividida da seguinte maneira:

- 2 Pilares, localizados do lado esquerdo da figura
- 4 Blocos de fundação, sendo 2 de cada lado
- 5 Lajes
- 4 Vigas Transversinas
- 6 Vigas Longarinas
- 2 Barreiras
- 2 Pistas de rolagem
- 2 Juntas de dilatação

Na OAE 1 não foram observadas patologias de nenhum tipo nos elementos: Pilares, Blocos de fundação, pistas de rolagem, e juntas de dilatação.

Sendo assim, a seguir serão apresentadas as patologias observadas nos demais elementos (vigas, lajes, e barreiras), tabelas obtidas com a observação de campo, e imagens da real situação das peças.

Vigas:

As patologias observadas nas vigas longarinas foram em geral desagregações leves, um pouco de carbonatação e corrosão de armaduras, e poucos sinais de infiltrações

A viga 004 apresenta uma desagregação destoante no lado direito, mas não tão relevante perante o tamanho da peça.

VIGA 004			
Local OAE 1			
DANOS	Fp	Fi	D
carbonatação do concreto	3	1	2,4
cobrimento deficiente	3	1	2,4
contaminação por cloretos	4	0	0
corrosão de armaduras	5	1	4
desagregação	3	2	4,8
desplacamento	3	1	2,4
eflorescência	2	1	1,6
fissuras	5	0	0
falhas de concretagem	2	1	1,6
flechas	5	0	0
infiltração	3	1	2,4
manchas	3	0	0
sinais de esmagamento	5	0	0
		Gde	
			8,533333

Matriz de inspeção 4.1 Viga 004



Figura 4-3 Desagregação na viga 004



Figura 4-4 Desagregação na viga 002



Figura 4-5 Falha de concretagem na viga 001



Figura 4-6 Deslocamento na viga 005

No geral as vigas longarinas não apresentam problemas preocupantes.

No entanto, as vigas principais carecem de um pouco mais de atenção. Essas apresentam problemas com eflorescência e flechas, e por terem o fator de relevância maior, devem ser levadas mais a sério.

VIGA 009			
Local OAE 1			
DANOS	Fp	Fi	D
carbonatação do concreto	3	1	2,4
cobrimento deficiente	3	0	0
contaminação por cloretos	4	0	0
corrosão de armaduras	5	1	4
desagregação	3	0	0
deslocamento	3	0	0
eflorescência	2	2	3,2
fissuras	5	0	0
falhas de concretagem	2	0	0
flechas	5	2	8
infiltração	3	2	4,8
manchas	3	1	2,4
sinais de esmagamento	5	0	0
		Gde	
		13,41935	

Matriz de inspeção 4.2 Viga 009



Figura 4-7 Infiltração na viga 010



Figura 4-9 Flecha na viga 009



Figura 4-8 Eflorescência na viga 009



Figura 4-10 Fissura na viga 007

Lajes:

As lajes da OAE 1 são constituídas de blocos independentes, e portanto, com um espaçamento entre si. É possível observar uma leve flexão na laje próximo a viga transversina. Além de flechas, as lajes apresentaram em toda sua extensão sinais de infiltração e eflorescência, bem como a formação de estalactites próximas aos espaçamentos entre os blocos.

LAJE 004			
Local OAE 1			
DANOS	Fp	Fi	D
carbonatação do concreto	3	1	2,4
cobrimento deficiente	3	0	0
contaminação por cloretos	3	0	0
corrosão de armaduras	5	1	4
desagregação	3	0	0
desplacamento	3	0	0
eflorescência	2	2	3,2
falhas de concretagem	2	0	0
fissuras	5	1	4
flechas	5	0	0
infiltração de água	3	2	4,8
manchas	3	1	2,4
			Gde
			8,492308

Matriz de inspeção 4.3 Laje 004



Figura 4-11 Eflorescência na laje 5



Figura 4-12 Manchas na laje 1



Figura 4-13 Formação de estalactites



Figura 4-14 Flecha na laje próximo a viga principal

Barreiras New Jersey:

As barreiras ainda apresentam ótimo estado, com manifestações patológicas apenas de manchas devido a fungos e organismos vivos.

BARREIRA 001			
Local OAE 1			
DANOS	Fp	Fi	D
carbonatação do concreto	3	0	0
cobrimento deficiente	3	0	0
contaminação por cloretos	4	0	0
corrosão de armaduras	5	0	0
desagregação	3	0	0
desplacamento	3	0	0
eflorescência	2	0	0
falhas de concretagem	2	0	0
fissuras	5	0	0
manchas	3	1	2,4
sinais de esmagamento	4	0	0
		Gde	
			2,4

Matriz de inspeção 4.4 Barreira 001



Figura 4-15 Barreira lateral esquerda, sentido Plano-Sobradinho

4.2 ESTUDO DE CASO 2

OAE 2	BR-020	18/05/2016
-------	--------	------------

Também localizada na BR-020, se posiciona logo ao lado do primeiro viaduto (OAE 1).



Figura 4-16 Vista frontal da AOE 2

Para a realização do estudo a OAE foi dividida da seguinte maneira:

2 Pilares, localizados do lado direito da figura

4 Blocos de fundação, sendo 2 de cada lado

5 Lajes

4 Vigas transversinas

6 Vigas longarinas

2 Barreiras

2 Pistas de rolagem

Apesar da proximidade e semelhança entre duas, aqui se vê uma situação bastante diferente da observada no estudo anterior (OAE 1).

Na OAE 2 não foram observadas patologias de nenhum tipo nos elementos: Pilares, Blocos de fundação, pistas de rolagem, e juntas de dilatação.

Sendo assim, a seguir serão apresentadas as patologias observadas nos demais elementos (vigas, lajes, e barreiras), tabelas obtidas com a observação de campo, e imagens da real situação das peças.

Vigas:

A as patologias observadas nas vigas longarinas foram em geral desagregações e corrosão de armaduras, no entanto boa parte dos problemas nas vigas longarinas foi gerado

devido a recalques que ocorrem em ambas as extremidades, com intensidade leve no lado direito e mais evidenciado no lado esquerdo da foto (Figura 30).



Figura 4-17 Efeitos de recalque no lado esquerdo



Figura 4-18 Efeitos de recalque do lado direito

Com exceção da Viga 006 que tem um Gde menor, todas as outras (vigas 1, 2, 3, 4 e 5) apresentam os mesmos tipos de dano. Segue o exemplo da viga 001

VIGA 001			
Local OAE 2			
DANOS	Fp	Fi	D
carbonatação do concreto	3	0	0
cobrimento deficiente	3	2	4,8
contaminação por cloretos	4	0	0
corrosão de armaduras	5	1	4
desagregação	3	1	2,4
desplacamento	3	0	0
eflorescência	2	0	0
fissuras	5	0	0
falhas de concretagem	2	1	1,6
flechas	5	0	0
infiltração	3	0	0
manchas	3	0	0
sinais de esmagamento	5	0	0
		Gde	
		7,8	

Matriz de inspeção 4.5 Viga 001

Quanto as vigas transversinas em geral comportavam-se da mesma maneira. A Viga 007, no entanto, apresentou fissuras transversais próximos a seus apoios, e em ambos os lados da peça (frente e traz)

VIGA 007			
Local OAE 2			
DANOS	Fp	Fi	D
carbonatação do concreto	3	0	0
cobrimento deficiente	3	0	0
contaminação por cloretos	4	0	0
corrosão de armaduras	5	0	0
desagregação	3	0	0
deslocamento	3	0	0
eflorescência	2	0	0
fissuras	4	2	6,4
falhas de concretagem	2	0	0
flechas	5	0	0
infiltração	3	0	0
manchas	3	0	0
sinais de esmagamento	5	0	0
		Gde	
		6,4	

Matriz de inspeção 4.6 Viga 007



Figura 4-19 Eflorescência na viga 009

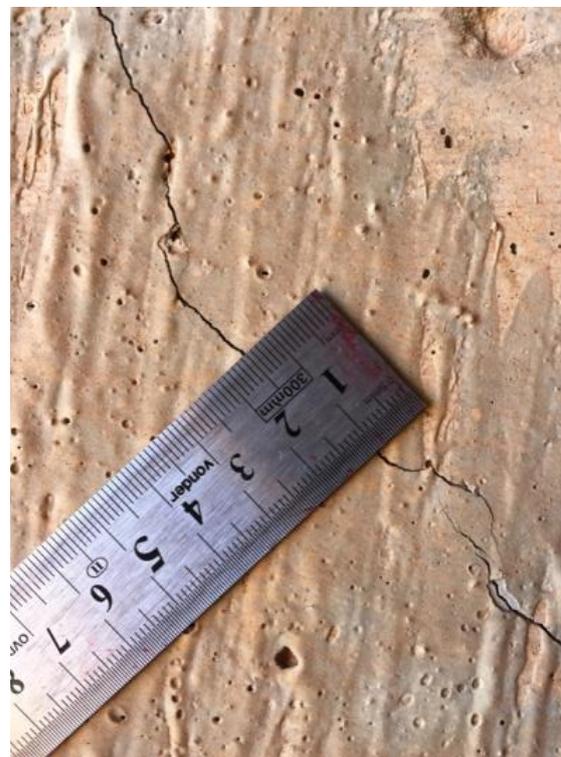


Figura 4-20 Medição de fissura (1)



Figura 4-21 Medição de fissura (2)



Figura 4-22 Medição de fissura (3)

Lajes:

As lajes da OAE 2, assim como na OAE 1, são constituídas de blocos independentes espaçados entre si. As mesmas apresentaram um estado de conservação ótimo com apenas a aparição de algumas manchas devidas a infiltrações e leves falhas de concretagem.

LAJE 004			
Local OAE 2			
DANOS	Fp	Fi	D
carbonatação do concreto	3	0	0
cobrimento deficiente	3	0	0
contaminação por cloretos	3	0	0
corrosão de armaduras	5	0	0
desagregação	3	0	0
desplacamento	3	0	0
eflorescência	2	0	0
falhas de concretagem	2	1	1,6
fissuras	5	0	0
flechas	5	0	0
infiltração de água	3	0	0
manchas	3	0	0
		Gde	1,6

Matriz de inspeção 4.7 Laje 004



Figura 4-23 Desagregação



Figura 4-24 Falha de concretagem



Figura 4-25 Esmagamento

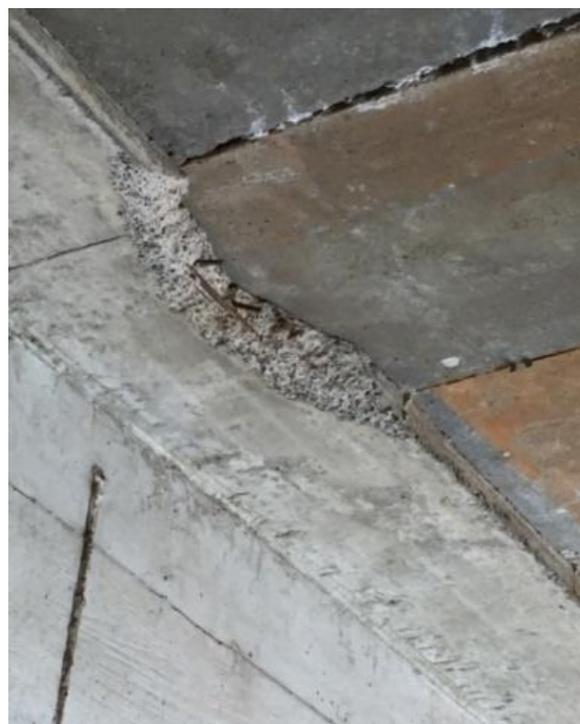


Figura 4-26 Desagregação

Barreiras New Jersey:

As barreiras apresentam um estado semelhante ao da OAE 1 que são a ocorrência apenas de manchas devido exposição a sol, chuva e organismos vivos; Tendo inclusive os mesmos resultados de Gde.



Figura 4-27 Barreira AOE 2

4.3 ESTUDO DE CASO 3

OAE 3	BR-020	18/05/2016
-------	--------	------------



Figura 4-28 Vista frontal da OAE 3, 2015

Localizada na BR-020 com comprimento aproximado de 42 metros, próximo ao condomínio RK, a OAE 3 partilha a mesma configuração das anteriores, diferenciando-se na ausência total dos pilares, sendo então apoiada pelas vigas longarinas descarregadas nas vigas transversinas, que por sua vez apoiam-se nos blocos de fundação.

Para o estudo a OAE foi distribuída em:

4 Blocos de fundação, sendo 2 de cada lado

5 Lajes

4 Vigas transversinas

6 Vigas longarinas

2 Barreiras

2 Pistas de rolagem

Esta OAE apresenta um estado de conservação claramente melhor que as duas anteriores, no entanto ao fim do estudo constatar-se-á da real situação em comparação de resultados.

Vigas:

Nessa OAE os danos próximos aos apoios foram muito expressivos, ainda assim não elevam o Gde de nenhuma das peças a níveis preocupantes. As outras patologias observadas nas vigas longarinas foram leves devido a seu bom estado de conservação.

VIGA 003			
Local OAE 3			
DANOS	Fp	Fi	D
carbonatação do concreto	3	0	0
cobrimento deficiente	3	0	0
contaminação por cloretos	4	0	0
corrosão de armaduras	5	1	4
desagregação	3	2	4,8
desplacamento	3	1	2,4
eflorescência	2	0	0
fissuras	5	0	0
falhas de concretagem	2	1	1,6
flechas	5	0	0
infiltração	3	0	0
manchas	3	0	0
sinais de esmagamento	5	0	0
		Gde	
		7,8	

Matriz de inspeção 4.8 Viga 003



Figura 4-29 Desagregação



Figura 4-30 Segregação próximo ao apoio



Figura 4-31 Segregação junto ao Neoprene



Figura 4-32 Fissura próximo ao apoio

As vigas transversinas não apresentaram problemas de fissuração ou segregação, apenas infiltrações e eflorescências, dadas principalmente por sua proximidade com o solo.



Figura 4-33 Infiltração



Figura 4-34 Eflorescência

Lajes:

As lajes da OAE 3 apresentam um estado de conservação ótimo, apresentando no geral poucas patologias

LAJE 005			
Local OAE 3			
DANOS	Fp	Fi	D
carbonatação do concreto	3	1	2,4
cobrimento deficiente	3	0	0
contaminação por cloretos	3	0	0
corrosão de armaduras	5	0	0
desagregação	3	1	2,4
desplacamento	3	0	0
eflorescência	2	0	0
falhas de concretagem	2	0	0
fissuras	5	0	0
flechas	5	0	0
infiltração de água	3	0	0
manchas	3	0	0
		Gde	
		3,6	

Matriz de inspeção 4.9 Laje 005



Figura 4-35 Carbonatação na laje



Figura 4-36 Laje 004

Barreiras New Jersey:

As barreiras apresentam bom estado de conservação por serem relativamente recentes e por não existir a ocorrência de acidentes nesse específico trecho da pista. Logo, as únicas patologias observadas são manchas devido ao surgimento de lodos e fungos. No entanto, é possível observar um cobrimento deficiente próximo a extremidade da peça, que pode ser devido a ataques químicos e/ou abrasão.

BARREIRA 001			
Local OAE 3			
DANOS	Fp	Fi	D
carbonatação do concreto	3	0	0
cobrimento deficiente	3	1	2,4
contaminação por cloretos	4	0	0
corrosão de armaduras	5	0	0
desagregação	3	0	0
desplacamento	3	1	2,4
eflorescência	2	0	0
falhas de concretagem	2	0	0
fissuras	5	0	0
manchas	3	1	2,4
sinais de esmagamento	4	0	0
			Gde
			4

Matriz de inspeção 4.10 Barreira 001



Figura 4-37 Falha no cobrimento da barreira

4.4 ESTUDO DE CASO 4

OAE 4	BR-020	18/05/2016
-------	--------	------------



Figura 4-38 Vista frontal da OAE 4, 2015

A OAE 4 esta localizada ao lado da OAE 3 na BR-020, também com aproximados 42 metros de comprimento. A distribuição de seus elementos dá-se:

4 Blocos de fundação, sendo 2 de cada lado

5 Lajes

4 Vigas transversinas

6 Vigas longarinas

2 Barreiras

2 Pistas de rolagem

Esta AOE apresenta patologias semelhantes a anterior (OAE 3) que provavelmente são oriundas de execução.

Vigas:

As vigas longarinas apresentaram os mesmos tipos de patologias vistas na OAE 3, que são o cobrimento deficiente e segregação próximo as áreas de transferência de cargas

VIGA 003			
Local OAE 4			
DANOS	Fp	Fi	D
carbonatação do concreto	3	0	0
cobrimento deficiente	3	2	4,8
contaminação por cloretos	4	0	0
corrosão de armaduras	5	1	4
desagregação	3	2	4,8
desplacamento	3	0	0
eflorescência	2	0	0
fissuras	5	0	0
falhas de concretagem	2	0	0
flechas	5	0	0
infiltração	3	0	0
manchas	3	0	0
sinais de esmagamento	5	0	0
		Gde	
		7,905882	

Matriz de inspeção 4.11 Viga 12



Figura 4-39 Segregação

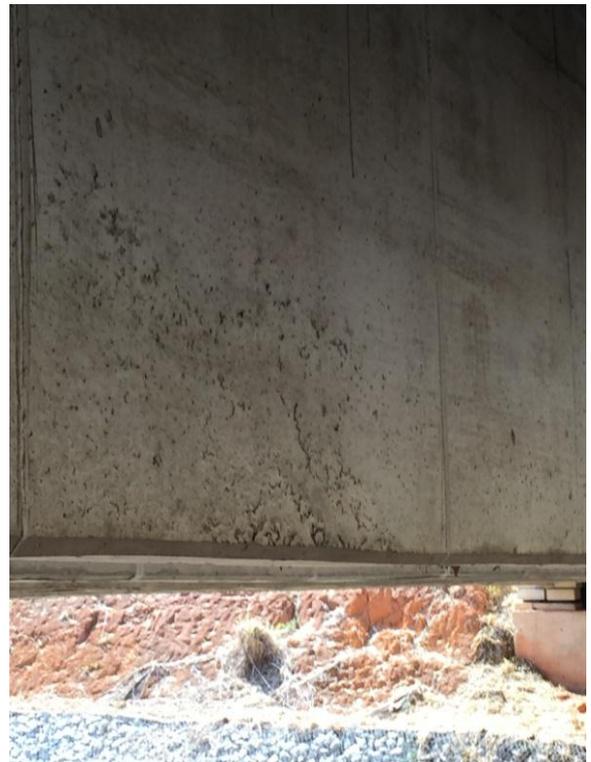


Figura 4-40 Esfoliação



Figura 4-41 Cobrimento deficiente próximo ao Neoprene



Figura 4-42 Desagregação

As vigas transversinas, neste caso também, apresentaram apenas manchas e infiltrações leves



Figura 4-43 Manchas na viga 009



Figura 4-44 Manchas na viga 010

Lajes:

Na OAE 4 as lajes se encontram em ótimo estado de conservação, mas apresentando sinais de infiltração e eflorescência durante todo seu comprimento. No entanto, tratam-se de sinais leves e não muito preocupantes.

LAJE 005			
Local OAE 4			
DANOS	Fp	Fi	D
carbonatação do concreto	3	0	0
cobrimento deficiente	3	0	0
contaminação por cloretos	3	0	0
corrosão de armaduras	5	0	0
desagregação	3	0	0
desplacamento	3	0	0
eflorescência	2	1	1,6
falhas de concretagem	2	0	0
fissuras	5	0	0
flechas	5	0	0
infiltração de água	3	1	2,4
manchas	3	1	2,4
		Gde	
			3,9

Matriz de inspeção 4.12 Laje 005



Figura 4-45 Sinais de Eflorescência



Figura 4-46 Formação de estalactites



Figura 4-47 Manchas

Barreiras New Jersey:

As barreiras aqui não apresentam patologias diferente das manchas usuais devido aos mesmos fatores anteriores as outras OAEs.



Figura 4-48 Manchas na barreira da OAE 4

5. APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS

Como visto nos estudos de caso, todas as OAEs analisadas datam de um período recente, com menos de 10 anos de atividade. Também pode ser visto que em nenhum dos casos foi relatado algum tipo de patologia nos elementos: Pista de rolagem, Junta de dilatação, blocos de fundação, pilares, cortinas. Acredita-se que a não ocorrência de patologias nos itens citados, dá-se principalmente pela idade das obras que ainda é pouca para aflorar patologias nesses elementos.

Para os cálculos do Gd foram levados em consideração todos os valores de Gde calculados, sendo eles menos que 15 ou não. Motivo desta colocação foi o trabalho realizado por Calazans (2015) que comprova que a mudança de valores entre um Gd que considera todos os Gde e um que não considera os valores menores que 15 é mínima. Portanto a avaliação fica mais precisa ao serem utilizados todos os valores.

Os Gd's foram calculados segundo a Equação (7)

Os resultados apresentados a seguir, são os Gd's calculados para cada OAE segundo a formulação descrita pelo método Gde/UnB e adotada neste trabalho.

Obra analisada	Gd	Medida a ser adotada
OAE 1	16,7	Definir prazo/natureza para nova inspeção. Planejar intervenção em longo prazo (máximo 2 anos).
OAE 2	1,25	Estado aceitável. Manutenção preventiva.
OAE 3	4,62	Estado aceitável. Manutenção preventiva.
OAE 4	4,5	Estado aceitável. Manutenção preventiva.

Cabe ressaltar que pelo estado em que se encontram as obras, essas se adequam a Fase B de acordo com a Lei dos Cinco (Sitter, 1983) citada no capítulo , tendo ainda um valor de manutenção baixo.

Com exceção da OAE 1 que demanda uma atenção em um período de tempo mais próximo, em geral o estado das OAEs esta aceitável, e as mesmas tendem a funcionar normalmente por mais um bom tempo sem a necessidade de uma intervenção.

No entanto, cabe ressaltar que no presente trabalho foi mostrado uma situação de recalque na OAE 2 que acaba não sendo devidamente explorada pela metodologia.

Por serem contabilizados de maneira geral e não específica, os danos causados pelo recalque são “diluídos” em danos nas estruturas (elementos) e calculados como eventuais danos decorrentes na peça como um todo. Na realidade, sabe-se que estes danos citados decorrem da ocorrência do recalque em ambos os lados da obra (mais evidente no lado esquerdo, de acordo com a figura 4.17).

Dito isso, sugere-se então que a medida a ser adotada na OAE 2 seja alterada de “Estado aceitável. Manutenção preventiva” para “Definir prazo/natureza para nova inspeção. Planejar intervenção em longo prazo (máximo 2 anos)” com a finalidade de averiguar a gravidade do problema indicado (recalque) que acaba por não ser apontado apenas com a apresentação dos resultados numéricos do método Gde/UnB.

6. CONCLUSÃO

Neste trabalho foram realizadas 4 vistorias e análises utilizando da metodologia idealizada por Kraus (1994), adaptada por Euqueres (2011) para utilização em obras de arte especiais, e foram utilizadas as adaptações propostas por Calazans (2015).

De acordo com o Objetivo Especifico do trabalho, acredita-se que a metodologia Gde/UnB representa bem a situação da obra analisada na maioria dos casos. O resultado foi satisfatório para todas as OAEs, apenas deixando a desejar no caso da OAE 2, devido ao recalque ocorrido. Constatou-se que o método Gde/UnB se faz preciso em relações numéricas, apresentando um resultado coeso e preciso bem como uma sugestão viável para os parâmetros analisado. Porém, falha em mostrar a exata situação da obra analisada visto que é um método que analisa efeitos de maneira genérica.

Partindo do principio do “erro” na OAE 2 pode-se existir uma obra em que o Gd calculado seja tão baixo como foi o caso ($Gd = 1,25$) no entanto a mesma precise de uma inspeção circunstancial pelo fato de suas manifestações patológicas se concentrarem em uma região que exige atenção especial.

Os dados obtidos com os estudos podem ser usados como ponto de partida para uma intervenção ou sugestão da medida a ser tomada. Porem observações extras aos cálculos realizados são de extrema importância para o entendimento da situação real a ser analisada.

Com isso, tem-se que a metodologia ainda tem espaço para melhorias e adaptações visando a correção dessas “falhas”, de forma que seja realizada uma majoração e/ou minoração dos danos em pontos em que são constatados essas peculiaridades, como foi o caso do recalque na OAE 2.

Ainda assim, a metodologia Gde/UnB se mostra coesa e completa, e atende bem aos objetivos de avaliar danos em Obras de Arte Especiais. Melhorias na mesma virão como consequência de mais estudos e praticas, uma vez que a aplicação em OAEs vem de datas ainda recentes.

6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Adaptação e aplicação da metodologia para estruturas metálicas;
- Adaptação e aplicação da metodologia para alvenarias estruturais;
- Verificação de mais Obras de Arte, com o intuito de refinar o método;
- Reformulação da metodologia Gde/UnB para um resultado mais exato e concreto, sem no entanto, alterar a funcionalidade da mesma.

BIBLIOGRAFIA

CASTRO, E. K. (1994) – “Desenvolvimento de metodologia para manutenção de estruturas de concreto armado”, Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília, Brasil.

BOLDO, P. (2002) – “Avaliação quantitativa de estruturas de concreto armado de Edificações no âmbito do Exército Brasileiro”, Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, Brasil.

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, Universidade de Brasília, Brasília, Brasil.

EUQUERES, P. (2011) – “Metodologia de inspeção em estruturas de pontes de concreto armado.”, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil.

FONSECA, A.L. (2013) – “Patologias Em Estruturas De Concreto: Estudo De Caso”, Trabalho de conclusão de curso, Universidade Regional do Noroeste do estado do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil.

CALAZANS, R.V. (2015) – avaliação de metodologias de inspeção como instrumento de priorização de intervenções em obras de arte especiais”, Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília, Brasília, Brasil.

MOTTI, L.; HIROMI, R.K.; SILVA, W.G. (2007) - “Vistoria De Pontes E Viadutos Em Concreto: Procedimentos Técnicos” Artigo científico, Universidade Tuiuti Do Paraná, Paraná, Brasil.

DNIT (DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES) (2004) – “Inspeção em pontes e viadutos de concreto armado e protendido – Procedimento (NORMA DNIT 010/2004 - PRO)”.

DNIT (2010) – “Manual de Recuperação de Pontes e Viadutos Rodoviários”

ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS) (2003) - "NBR 6118: 2003 – Projeto de Estruturas de concreto - Procedimento”, Rio de Janeiro, 2003.

RIPPER, T; SOUZA, V. C. M. . - “*patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto*” - São Paulo : Pini, 1998.

Figura 2.2 Disponível em: <http://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/corrosao-do-concreto-e-causada-por-umidade-e-gases-nocivos_6412_0_1> Acesso em 11/05/2016

Figura 2.3 Disponível em: <<http://g1.globo.com/sao-paulo/noticia/2012/03/pontes-e-viadutos-de-sp-sofrem-com-manchas-e-buracos-no-concreto.html>> Acesso em 27/06/2016

Figura 2.6 Disponível em: <<http://extra.globo.com/noticias/rio/rio-transito/crea-alerta-para-perigo-de-passar-sob-viadutos-sem-manutencao-2039849.html>> Acesso em 27/06/2016

Figura 2.7 Disponível em: <<http://extra.globo.com/noticias/rio/rio-transito/crea-alerta-para-perigo-de-passar-sob-viadutos-sem-manutencao-2039849.html>> Acesso em 27/06/2016

Figura 2.10 Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAfxe8AG/recuperacao-estrutural-estudo-caso-edificio-residencial>> Acesso em 11/05/2016

Figura 2.11 Disponível em: <<http://drfaztudo.com.br/blog/2015/10/23/infiltracoes-o-que-fazer/>> Acesso em 11/05/2016

Figura 2.12 Disponível em: <<http://www.clubedoconcreto.com.br/2013/12/a-corrosao-induzida-por-cloretos-rcc.html>> Acesso em 11/05/2016

Figura 2.13 Disponível em: <<http://www.sempretops.com/casa/os-riscos-de-mofo-e-infiltracoes/>> Acesso em 11/05/2016