CBPAT 2020 ANAIS
CONGRESSO BRASILEIRO DE PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES
DE 15 A 17 DE ABRIL | FORTALEZA - CE
http://dx.doi.org/10.4322/CBPAT.2020.154
ISBN 978-65-86819-05-2

INSPEÇÃO E VERIFICAÇÃO DO GRAU DE DEGRADAÇÃO EM ESTRUTURA MISTA PELOS MÉTODOS DE ANÁLISE LINEAR E CÚBICO DA METODOLOGIA GDE/UNB

DUTRA, ERIK FILIPE ALVES
Engenheiro Civil
IPOG - DF
Brasília - DF; Brasil
erickalvesc90@gmail.com

PANTOJA, JOÃO DA COSTA
Engenheiro Civil
Universidade de Brasília - UnB
Brasília - DF; Brasil
joaocpantoja@gmail.com

RESUMO

A ABNT NBR 15575-1/2013, que discorre acerca do desempenho das edificações habitacionais, cita que as edificações devem atender aos requisitos e critérios de desempenho e durabilidade durante sua vida útil, com o propósito de garantir conforto e segurança aos usuários. Para garantia de durabilidade, toda edificação deve passar por manutenções periódicas e constantes. Sabendo isso, diversas metodologias para análise de degradação em estruturas foram criadas, entre elas está a metologia de avaliação quantitativa do grau de deterioração em estruturas de concreto armado GDE/UnB, desenvolvida por Castro (1994) e sucessivamente aperfeiçoada por diferentes autores. Dito isso, no presente estudo foram executadas inspeções em uma passarela de estrutura mista, composta por elementos estruturais metálicos e de concreto armado e localizada na faculdade de direito da UnB em Brasília, DF, Brasil, realizando-se o levantamento, quantificação e registro das manifestações patolológicas presentes em seus elementos estruturais. Em seguida, foram aplicados os métodos GDE/UnB na versão modificada por Fonseca (2007) e na versão recalibrada para aplicação em estruturas metálicas por Azambuja (2012), originalmente ambas as versões utilizam métodos de análise linear do grau de dano dos elementos. Adiante, foram realizadas as mesmas análises do GDE/UnB, porém aplicando o método de análise cúbica do grau de dano dos elementos, proposto por Marques, Pantoja e Oliveira (2016). Posteriormente, foi realizado um comparativo entre os resultados produzidos pelos diferentes métodos de análise do grau de dano. Por fim, foi constatado o nível de dano na estrutura e seu nível de urgência quanto à necessidade de intervenção/manutenção.
Palavras-chave: GDE/UnB, degradação, manutenção, estruturas, desempenho.

ABSTRACT

ABNT NBR 15575-1 / 2013, which discusses the performance of residential buildings, mentions that buildings must meet the requirements and criteria of performance and durability during their useful life, with the purpose of ensuring comfort and safety for users. To guarantee durability, every building must undergo periodic and constant maintenance. Knowing this, several methodologies for analysis of degradation in structures were created, among them is the methodology of quantitative assessment of the degree of deterioration in reinforced concrete structures GDE / UnB, developed by Castro (1994) and successively perfected by different authors. That said, in the present study, inspections were carried out on a mixed structure walkway, composed of metallic and reinforced concrete structural elements and located at the law school of UnB in Brasília, DF, Brazil, carrying out the survey, quantification and registration of pathological manifestations present in its structural elements. Then, the GDE / UnB methods were applied in the version modified by Fonseca (2007) and in the recalibrated version for application in metallic structures by Azambuja (2012), originally both versions use methods of linear analysis of the degree of damage of the elements. Ahead, the same analyzes of GDE / UnB were carried out, however applying the method of cubic analysis of the degree of damage of the elements, proposed by Marques, Pantoja and Oliveira (2016). Subsequently, a comparison was made between the results produced by the different methods of analyzing the degree of damage. Finally, it was found the level of damage to the structure and its level of urgency regarding the need for intervention / maintenance.
Keywords: GDE / UnB, degradation, maintenance, structures, performance.

ISBN 978-65-86819-05-2

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos tem-se intensificado a preocupação dos profissionais da engenharia civil com o desempenho, vida útil e durabilidade das edificações, um claro reflexo disso é o lançamento da ABNT NBR 15575/2013 que aborda sobre o nível de desempenho mínimo que as edificações habitacionais e seus sistemas devem atender ao longo de sua vida útil.

Nesse cenário, a metologia de avaliação quantitativa do grau de deterioração em estruturas de concreto armado GDE/UnB tem se mostrado uma ferramenta em potencial para a quantificação do grau de deterioração que as estruturas e seus elementos apresentam, auxiliando na tomada de decisão sobre as necessidades de manutenção que uma edificação pode apresentar. Porém, nota-se que o foco dos estudos sobre essa metodologia tem sido para a sua aplicação em estruturas de concreto armado, visto que é o principal sistema construtivo do país, desse modo, a aplicação de tal método em estruturas metálicas não tem tido grande evolução se comparado à sua aplicação em estruturas de concreto armado. Devido a isso, se faz importante que sejam realizados estudos sobre a aplicação do método GDE/UnB em estruturas metálicas.

Em 2016, Marques, Pantoja e Oliveira propuseram a implementação de um modelo de análise cúbica do grau de dano, regido por uma curva suave que se propõe a melhor retratar os mecanismos de deterioração das estruturas de concreto armado ao longo do tempo. Esse novo modelo foi exposto e aplicado em uma estrutura mista (contituída por concreto armado e elementos metálicos) em seu trabalho no ano de 2016.

Com esta perspectiva, visando uma contribuição aos estudos sobre a aplicação do método GDE/UNB em estruturas mistas, o presente trabalho propõe a aplicação dos métodos GDE/UnB na versão modificada por Fonseca (2007) nos elementos de concreto armado e na versão recalibrada para aplicação em estruturas metálicas por Azambuja (2012) nos elementos metálicos, utilizando tanto a metodologia de análise linear do grau de dano dos elementos quanto o método de análise cúbica, proposto por Marques, Pantoja e Oliveira (2016), buscando comparar o resultado de ambas as metodologias e encontrar o nível de dano na estrutura e o grau de urgência quanto à necessidade de intervenção/manutenção.

2. DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA

A estrutura analisada no presente trabalho é uma passarela de uso exclusivo para pedestres, do tipo mista (composta por elementos metálicos e de concreto armado), localizado na Faculdade de Direito (FD) da Universidade de Brasília (UnB) em Brasília – DF, Brasil.

Fonte: Google Maps, 2019.



Figura 1 - Vista aérea da Faculdade de Direito com marcação da localização da passarela na Faculdade de Direito da UNB.

A passarela realiza a ligação entre o bloco de salas de aula e o bloco de salas de professores, seu modelo estrutural é constituído por um vão central, biapoiado em suas extremidades, e dois vãos adjacentes em balanço, dessa forma a estrutura se sustenta em quatro pilares, sem que haja qualquer vinculação entre a passarela e os prédios adjacentes, conforme representado pela figura 3.

ISBN 978-65-86819-05-2

Fonte: Autoria própria, 2019.



Figura 2 – Vista lateral da passarela.

Fonte: Autoria própria, 2019.

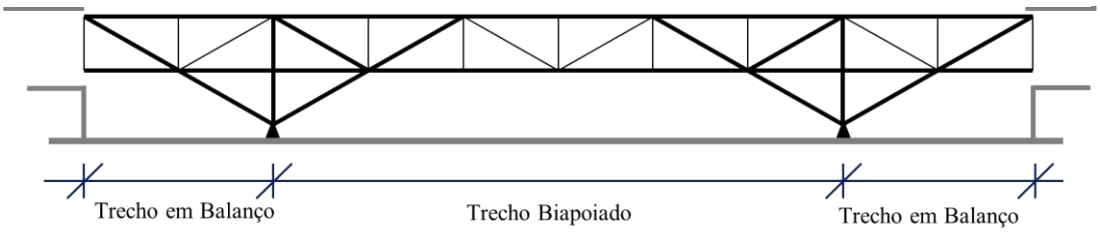

Figura 3 - Representação esquemática do modelo estrutural das treliças planas da passarela.

Sua estrutura é composta por duas treliças planas, paralelas entre si, ligadas através de vigas transversais (travessas) e contraventamentos nos banzos superior e inferior. Os banzos são executados em perfil I, já os montantes e diagonais foram executados utilizando-se da combinação de dois perfis cantoneira (perfil "L"), formando uma cruz grega "+" nos montantes e um perfil "T" nas diagonais. Há ainda a existência de duas dimensões diferentes de diagonais distribuídas ao longo da estrutura, é possível verificar essa distribuição na figura 3, representada pelas diferentes espessuras das linhas do desenho. A figura 4 apresenta as configurações finais dos perfis e a ligação das diagonais e montantes com o banzo.

Fonte: Autoria própria, 2019.



Figura 4 - Detalhe das diagonais e montantes.

Cada treliça plana se apoia em dois pilares executados em perfil "I" que ultrapassa o limite do banzo inferior e desempenha a função de um montante entre os banzos superior e inferior. No pavimento térreo, os pilares servem ainda como suporte para duas diagonais formadas com dois perfis "L" ligados de forma espelhada na base dos pilares, formando um perfil "T". A ligação dos pilares com os blocos de fundação é realizada por meio de chapa de base parafusada.

ISBN 978-65-86819-05-2

Fonte: Autoria própria, 2019.



(a) (b)

Figura 5 - Detalhes do pilar. (a) Pilar encontrando diagonais em sua base (b) Ligações aparafusadas com o bloco de fundação.

As travessas que realizam a ligação entre os banzos inferiores são executadas em perfil "I" e ligadas por meio de solda, já as travessas dos banzos superiores, também são ligadas por meio de solda e são executadas em seção tubular retangular, composta pela união de dois perfis "U" enrijecidos através de solda. Os contraventamentos são executados com perfis cantoneiras e tirantes.

Fonte: Autoria própria, 2019.



Figura 6- Detalhe do piso da passarela executado com placas pré-moldadas de concreto.

O piso da passarela é constituído com placas pré-moldadas de concreto que se apoiam sobre as travessas inferiores e foram revestidas com piso emborrachado. A cobertura é composta por telhas de fibrocimento, dispostas em duas águas com baixa inclinação, apoiadas em terças formadas por perfis "U" enrijecidos. Por fim, o corrimão foi executado com barras de aço com seções tubulares, tendo seus elementos de apoio soldados nos montantes e nos pilares.

Fonte: Autoria própria, 2019.



(a) (b)

Figura 7 – a) Detalhe das telhas de cobertura e das terças de sustentação das mesmas; b) Vista do piso de revestimento das lajes e do corrimão.

ISBN 978-65-86819-05-2

3. MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS IDENTIFICADAS

As inspeções no local foram a primeira etapa da análise e tiveram como objetivo o reconhecimento das características estruturais da passarela e, principalmente, o levantamento e quantificação das manifestações patológicas existentes.

A presença de manchas nos elementos da estrutura foi a principal anomalia identificada durante as inspeções in loco. Mesmo não se tratando de corrosão exposta, pode indicar falha na pintura de proteção, inclusive a falta ou ineficiência de um plano de manutenção da estrutura, o que poderá acarretar no agravamento da situação. As manchas foram encontradas em maior quantidade em locais da estrutura que propiciam o acúmulo de umidade, como nas regiões onde ocorrem as ligações entre os elementos, conforme acontece no encontro entre os banzos e as travessas inferiores. Os locais próximos das calhas e os banzos foram alguns dos casos mais críticos quanto ao surgimento de manchas, devido à exposição constante à umidade.

Fonte: Autoria própria, 2019.



Figura 8 – Presença de manchas na estrutura.

De modo geral, as manifestações patológicas encontradas nas estruturas metálicas foram falha da pintura de proteção, pontos de corrosão, manchas, corrosão nos elementos de fixação, falhas em ligações parafusadas e umidade.

Foram identificadas diversas manifestações patológicas nas placas pré-moldadas que formam a laje da passarela, sendos elas: desplacamento, corrosão da armadura, desagregação, eflorescência, manchas e presença de umidade. Dentre todos os elementos inspecionados as placas pré-moldadas foram as que mais apresentaram manifestações patológicas e com maior variação de intensidade, contendo desde problemas estéticos até problemas que podem afetar o desempenho da estrutura.

Fonte: Autoria própria, 2019.



Figura 9 – Placas pré-moldadas apresentando manchas, desplacamentos, eflorescências, corrosão da armadura, desagregação e presença de umidade.

ISBN 978-65-86819-05-2

Os banzos também apresentaram falhas na pintura de proteção e alguns pontos de corrosão em sua parte interna, na interface entre a parte interna dos banzos inferiores e as placas pré-moldadas de concreto armado e entre os banzos superiores e as calhas, indicando a entrada e acúmulo de umidade nesses pontos.

Os problemas mais graves foram encontrados nas placas de base dos pilares e enrijecedores dos pilares e nos blocos de fundação que recebem essas placas. Foram identificado nesses elementos elevado grau de corrosão e elevada perda de sessão em todas as quatro placas de base, chegando a inutilizar alguns parafusos que garantem a fixação da estrutura, fator esse que gera risco à estabilidade da estrutura e segurança dos usuários, uma vez que a única sustentação da passarela são os 4 pilares que são apoiados e fixados nessas placas de base. Além disso, os blocos de fundação que recebem as placas de base perderam grande parte de sua seção de concreto devido desagregação e desplacamento, agravando os problemas supracitados.

Fonte: Autoria própria, 2019.



(a) (b)

Figura 10 – (a) Banzo inferior apresentando manchas e corrosão; (b) Placa de base dos pilares e enrijecedores dos pilares com níveis elevados de corrosão.

Outro problema identificado é a presença de umidade nas junções entre elementos. Um dos pontos está localizado na base do pilar, onde acontece a junção do pilar com a diagonal maior, no local foi percebido um acumulo de sujeira, se tornando propício a acumular água e por consequência, algumas das peças apresentam corrosão e falha na pintura.

Fonte: Autoria própria, 2019.



Figura 11 – Junção do pilar com a diagonal maior.

Não foram identificados danos significativos nas diagonais menores, telhado e corrimão.

ISBN 978-65-86819-05-2

Por ser uma estrutura exposta ao ar livre, a passarela está sujeita às intempéries e, consequentemente, às manifestações patológicas causadas por tal exposição, portanto, deve-se atentar para a realização de um correto plano de manutenção da estrutura para evitar que os problemas existentes se agravem ou que surjam outras manifestações patológicas, diminuindo ainda mais o desempenho da estrutura e reduzindo sua vida útil.

4. METODOLOGIA GDE/UNB

A metodologia GDE/UnB, modificada por Fonseca (2007), tem como objetivo avaliar quantitativamente o grau de deterioração das estruturas de concreto convencionais, analisando seus elementos estruturais de maneira separada e a estrutura como um todo. As etapas da metodologia são apresentadas no fluxograma da Figura 12.

Fonte: Boldo, 2002.

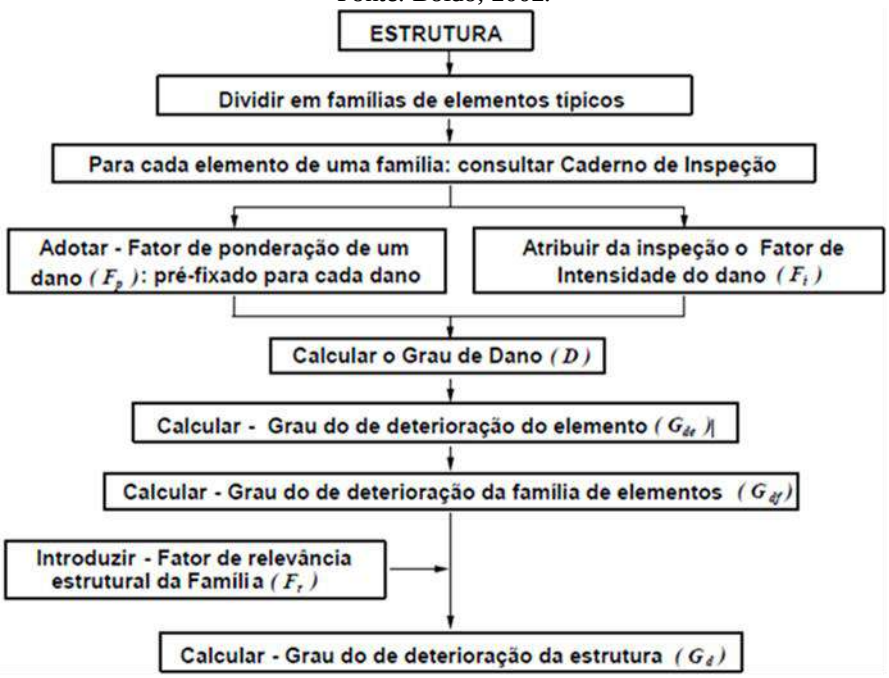

Figura 12 – Fluxograma para avaliação do grau de deterioração de estruturas de concreto – Metodologia GDE/UnB.

O "fator de ponderação" de um dano (Fp) é um valor prefixado que visa mensurar a importância relativa de um determinado dano, de acordo com as conseqüências que tal dano pode apresentar em relação à estética, funcionalidade e estabilidade de um elemento estrutural. Atualmente, os fatores de ponderação (Fp) variam numa escala com valores de 1 a 5.

O "fator de intensidade" de um dano (Fi) deve ser atribuído pelo profissional responsável pela vistoria e tem como objetivo classificar o grau de gravidade e evolução de uma manifestação de dano em um determinado elemento da estrutura, seguindo a seguinte escala: sem lesões (Fi=0), lesões leves (Fi=1), lesões toleráveis (Fi=2), lesões graves (Fi=3) e estado crítico (Fi=4). Os valores de Fi e Fp são fornecidos no roteiro de inspeção para estruturas de concreto fornecido no trabalho de Fonseca (2007).

O grau de dano (D) em um elemento é calculado através dos fatores de ponderação ($0 \leq Fp \leq 5$) e intensidade ($0 \leq Fi \leq 4$), de maneira análoga ao modelo de evolução do processo de corrosão de armaduras desenvolvido pelo pesquisador sueco Tuutti (1982).

O cálculo do grau de dano (D) é dado pelas expressões a seguir:

$$D = 0{,}8\ Fi \cdot Fp, \quad \text{se } Fi \leq 2{,}0 \tag{1}$$

ou

$$D = (12\ Fi - 28) \cdot Fp, \quad \text{se } Fi > 2{,}0 \tag{2}$$

ISBN 978-65-86819-05-2

O grau de deterioração de um elemento da estrutura isolado (Gde) é calculado em função dos valores do grau de dano Di das "m" manifestações detectadas no elemento, a partir da expressão 3:

$$Gde = Dmáx. \cdot \left(1 + \frac{\sum_{i=1}^{m} Di - Dmáx.}{\sum_{i=1}^{m} Di}\right) \quad (3)$$

A tabela 1 apresenta as ações a serem adotadas em elementos isolados em função do nível de deterioração do elemento, indicado pelo valor do grau de deterioração (Gde).

Tabela 1 - Classificação dos níveis de deterioração do elemento.

Nível de deterioração	(Gde)	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.

Fonte: Marques et al., 2016.

Para o cálculo do grau de deterioração de uma família de elementos estruturais (Gdf) consideram-se apenas os elementos com Gde≥15. Sendo assim:

$$Gdf = Gde\ máx. \cdot \sqrt{1 + \frac{\sum_{i=1}^{m} Gde(i) - Gde\ máx.}{\sum_{i=1}^{m} Gde(i)}} \quad (4)$$

O fator de relevância estrutural da família de elementos (Fr) visa considerar a importância relativa das diversas famílias de elementos em que a estrutura é subdividida. De acordo com Marques, Pantoja e Oliveira (2016), para edificações convencionais adota-se uma escala de fatores de relevância conforme representado na tabela 2.

Tabela 2 - Escala de fatores para as famílias de elementos

Famílias de Elementos	Fr
Elementos de Composição Arquitetônica	1
Reservatório Superior	2
Escadas/Rampas; Reservatório Inferior; Cortinas; Lajes Secundárias; Juntas de Dilatação	3
Lajes Principais; Fundações; Vigas e Pilares Secundários	4
Vigas e Pilares Principais	5

Fonte: Marques et al., 2016.

Por fim, o grau de deterioração da estrutura (Gd) é calculado pela média aritmética ponderada dos graus de deterioração das "k" famílias de elementos, sendo o fator de relevância estrutural (Fr) responsável por definir a importância relativa de cada família em relação à funcionalidade e estabilidade da estrutura, conforme equação abaixo:

$$Gd = \frac{\sum_{i=1}^{k} Fr(i) \cdot Gdf(i)}{\sum_{i=1}^{k} Fr(i)} \quad (5)$$

Depois de calculado o valor de Gd, a estrutura é classificada em um dos níveis de deterioração apresentados na tabela 3.

ISBN 978-65-86819-05-2

Tabela 3 - Classificação dos níveis de deterioração da estrutura

Nível de deterioração	(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. 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.

Fonte: Marques et al., 2016.

A metologia GDE/UnB modificada por Fonseca (2007) apresenta um modelo de análise liner do grau de dano (D) dos elementos da estrutura, conforme mostrado nas equações 1 e 2. Marques, Pantoja e Oliveira (2016) apontam que diversos autores afirmam de maneira unânime que o processo de degradação em estruturas de concreto armado ocorre de maneira não linear. Dessa forma, Marques, Pantoja e Oliveira (2016) procuraram adequar a metodologia GDE/UnB a um modelo não linear regido por uma parábola cúbica, propondo que as equações 1 e 2 sejam substítuidas por uma única equação: a equação 6.

$$D = (a_2 + b_2\,Fi - c_2\,Fi^2 + d_2\,Fi^3) \cdot Fp \qquad (6)$$

Onde, na equação 6, $a_2 = 0{,}0741$, $b_2 = 1{,}3905$, $c_2 = 1{,}599$ e $d_2 = 0{,}6274$.

Dessa forma, a aplicação da metodologia GDE/UnB pelo modelo de análise linear e cúbica do grau de dano seguem o mesmo roteiro, divergindo apenas na equação a ser utilizada para cálculo do grau de dano de um elemento (D), sendo as equações 1 e 2 para o modelo de análise linear e a equação 6 para o modelo de análise cúbica.

5. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA GDE/UNB PELOS MODELOS DE ANÁLISE LINEAR E CÚBICA DO GRAU DE DANO DE UM ELEMENTO (D)

Para aplicação da metodologia GDE/UnB, utilizou-se como base o roteiro de inspeção para estruturas de concreto armado sugerido por Fonseca (2007). Desse modo, inicialmente realizou-se a divisão da passarela em famílias de elementos tipos, sendo eles: banzo superior, banzo inferior, travessa superior, travessa inferior, contraventamento superior, contraventamento inferior, diagonais maiores e menores, montantes, corrimão, bloco de fundação, pilar, placa pré-moldada de concreto armado, enrijecedores e placas de base dos pilares, calhas e telhado.

Vale ressaltar que o roteiro sugerido por Fonseca (2007) é direcionado para o levantamento do grau de degradação em estruturas de concreto armado, como a passarela analisada é uma estrutura mista, composta por aço e concreto armado, foi necessário realizar adequações no roteiro utilizado para a aplicação da metodologia GDE/UnB nos elementos metálicos. Isso foi realizado com base nos trabalhos de Azambuja (2012) e Marques, Pantoja e Oliveira (2016), os quais apresentam valores de fatores de ponderação (Fp) e fatores de intensidade (Fi) ajustados às estruturas metálicas, tendo como base o trabalho de Fonseca (2007).

Em seguida, foi realizado o levantamento dos fatores de ponderação (Fp) e fator de intensidade (Fi) de cada manifestação patológica encontrada em cada um dos elementos da estrutura. Feito isso e de posse dos dois métodos de cálculo (linear e cúbico), ambos foram usados a fim de comparar os resultados de Fonseca (2007) com os de Marques, Pantoja e Oliveira (2016), e dessa maneira analisar se o método cúbico produz resultados satisfatórios e com menos excessos, atribuídos ao método de cálculo de Fonseca (2007). Os resultados da análise pelos dois métodos estão apresentados na tabela 7. Foram também apresentados, nas tabelas 4 a 6, os resultados obtidos, para alguns elementos selecionados, utilizando as duas metodologias.

ISBN 978-65-86819-05-2

Tabela 4 - Planilha de Avaliação: Enrijecedores e placa de base do pilar.

Nome do elemento	Enrijecedores e Placa de base do pilar Direita				
Local	Térreo, trecho 02-03, pilar 1				
Danos	Fp	Fi	D Fonseca (2007)	D Marques et al. (2016)	CROQUIS/OBSERVAÇÕES
Desvio de geometria	5	0	-	-	
Manchas	3	3	24	20,4	
Falha na pintura de proteção	3	4	60	60,6	
Corrosão nos elementos de fixação	5	4	100	101,0	
Pontos de corrosão	4	4	80	80,8	
Deslocamentos excessivos	5	0	-	-	
Falhas em ligações soldadas	4	0	-	-	
Falhas em ligações parafusadas	4	3	32	27,2	
Umidade	3	3	24	20,4	
			Gde	168,75	169,1757
Gde ≥100 – nível crítico de deterioração = Inspeção especial emergencial; Planejar intervenção imediata.					

Fonte: Autoria própria, 2019.

Tabela 5 - Planilha de Avaliação: Placa pré-moldada de concreto armado.

Nome do elemento	Placa pré-moldada de concreto armado 08				
Local	Laje trecho 10				
Danos	Fp	Fi	D Fonseca (2007)	D Marques et al. (2016)	CROQUIS/OBSERVAÇÕES
Corrosão das armaduras	5	4	100	101,0	
Desagregação	3	0	-	-	
Desplacamento	3	4	60	60,6	
Eflorescência	2	2	3,2	3,0	
Manchas	3	2	4,8	4,4	
Umidade	3	3	24	20,4	
			Gde	147,92	148,17
Gde ≥100 – nível crítico de deterioração = Inspeção especial emergencial; Planejar intervenção imediata.					

Fonte: Autoria própria, 2019.

ISBN 978-65-86819-05-2

Tabela 6 - Planilha de Avaliação: Banzo inferior.

Nome Do Elemento	Banzo inferior				
Local	Trecho 02 - térreo				
Danos	Fp	Fi	D Fonseca (2007)	D Marques et al. (2016)	CROQUIS/OBSERVAÇÕES
Desvio De Geometria	5	0	-	-	
Manchas	3	2	4,8	4,4	
Falha Na Pintura De Proteção	3	3	24	20,4	
Corrosão Nos Elementos De Fixação	5	0	-	-	
Pontos De Corrosão	4	3	32	27,2	
Deslocamentos Excessivos	5	0	-	-	
Falhas Em Ligações Soldadas	4	0	-	-	
Falhas Em Ligações Parafusadas	4	0	-	-	
Umidade	3	2	4,8	4,4	
		Gde	48,39024	41,26617	
Gde15 - 50 – nível médio de deterioração = Definir prazo/natureza para nova inspeção; Planejar intervenção em longo prazo (máx. 2 anos).					

Fonte: Autoria própria, 2019.

Tabela 7 - Grau de Deterioração Global da Estrutura utilizando os métodos de Fonseca (2007) e Marques et al. (2016).

Família de elementos	Gdf		Fr	Gdf · Fr	
	Fonseca (2007)	Marques et al. (2016)		Fonseca (2007)	Marques et al. (2016)
Telhado	0,00	0,00	1	0,00	0,00
Corrimão	0,00	0,00	1	0,00	0,00
Calhas	49,68	42,56	1	49,68	42,56
Terças	49,73	42,61	1	49,73	42,61
Placas Pré-moldadas	158,88	158,24	2	317,77	316,49
Diagonais maiores	34,97	30,32	3	104,90	90,96
Diagonais menores	0,00	0,00	3	0,00	0,00
Montantes	25,32	21,62	3	75,97	64,86
Travessas inferiores	48,39	42,59	4	193,56	170,34
Travessas superiores	33,34	28,59	4	133,37	114,35
Blocos de fundação	61,22	61,84	4	244,90	247,37
Contraventamento Superior	32,19	25,36	4	128,76	101,44
Contraventamento Inferior	0,00	0,00	4	0,00	0,00
Banzos Inferiores	49,77	42,65	5	248,87	213,25
Banzos Superiores	52,57	44,85	5	262,83	224,25
Pilares	34,93	30,28	5	174,64	151,40
Enrijecedores e placas de base dos pilares	170,07	170,50	5	850,36	852,48
Soma			55	2835,34537	2632,36945
			Gd	51,55	47,86
Gd 15 - 50 – nível médio de deterioração = Definir prazo/natureza para nova inspeção; Planejar intervenção em longo prazo (máx. 2 anos).					
Gd 50 - 80 – nível alto de deterioração = Definir prazo/natureza para inspeção especializada detalhada; Planejar intervenção em médio prazo (máx. 1 ano).					

Fonte: Autoria própria, 2019.

ISBN 978-65-86819-05-2

O valor encontrado para o Grau de Deterioração Global da Estrutura (Gd), conforme as equações de Fonseca (2007), classificou a passarela de pedestres em estudo como nível de degradação alta, sugerindo como ações a serem adotadas a definição de prazo / natureza para inspeção especializada detalhada; e um planejamento de intervenções em médio prazo (máximo de 1 ano). Utilizando a formulação proposta por Marques, Pantoja e Oliveira (2016), a passarela foi classificada como nível de degradação média, sugerindo como ações a serem adotadas a definição de prazo /natureza para nova inspeção; Planejar intervenção em longo prazo (máx. 2 anos).

Vale ressaltar a importância da análise individual dos elementos, pois pode ser recomendada a intervenção imediata ou em curto prazo apenas em elementos isolados da estrutura, como percebido nas tabelas 4 e 5. Ou seja, o nível de deterioração de uma estrutura pode ser aceitável do ponto de vista global, porém pode ainda assim haver a necessidade de intervenção em elementos isolados que apresentam degradação elevada. Dito isto, a recomendação é que sejam realizadas intervenções imediatas nos elementos que se encontram em situações mais graves, como as placas pré-moldadas de concreto armado e os blocos de fundação juntamente com as placas de base dos pilares.

6. CONCLUSÕES

Foi possível observar que para elementos com níveis baixo ou médio de degradação, o método de Fonseca (2007) tende a resultar em valores inflacionados, atestando uma gravidade à peça que pode não ser correspondente com a realidade. Já para os elementos com níveis altos e críticos de degradação, ambos os métodos apresentaram resultados que representam o real grau de deterioração identificado durante as inspeções.

Vale comentar que os resultados da metodologia GDE/UnB devem ser analisados com cuidado, por ser um cálculo envolvendo médias, os danos podem ser mascarados ou extremamente ressaltados. Caso hipoteticamente um elemento estiver em estado crítico e for a única da estrutura nessa situação, o Gde da família será alto, mas este fato será mascarado no resultado geral da estrutura (Gd). Dessa forma, os resultados precisam ser analisados separadamente para cada elemento e a nível global da estrutura, para que não ocorram conclusões equivocadas.

O método poderia acrescentar fatores variáveis como posição e tamanho dos danos, tornando o cálculo mais específico e levando em consideração a criticidade da existência de um dano em certa parte do elemento.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575-1/2013: **Edificações Habitacionais - Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais**. Rio de Janeiro, 2013.

AZAMBUJA, E. B. de C. **A torre de Lúcio Costa em Brasília**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília. Brasília, DF, Brasil, 2012.

BOLDO, P. **Análise 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, Brasil, 2002.

CASTRO, E. K. **Desenvolvimento de metodologia para manutenção de estruturas de concreto armado**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília, Brasília, Brasil, 1994.

FONSECA, R. P. **A estrutura do Instituto Central de Ciências: aspectos históricos, científicos e tecnológicos de projeto, execução, intervenção e propostas de manutenção**. Dissertação de Mestrado. Publicação E. DM-001A/07. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil, 2007.

MARQUES, M. W. M.; PANTOJA, J. C.; OLIVEIRA, A.L. A. **Metodologia para Avaliação do Nível de Criticidade de Estruturas Mistas com Modelo de Dano Cúbico**. Anais do XII Congresso internacional sobre Patologia e Recuperação de Estruturas - Cinpar 2016, Porto, Portugal, 2016.

TUUTTI, K. **Corrosion steel in concrete**. Swedish Cement and Concrete Research Institute, Stockolm, 1982.