



**FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS – FAPAC
INSTITUTO TOCANTINENSE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS PORTO LTDA
ENGENHARIA CIVIL**

BRENDEL WILKER FIALHO GOMES

**ESTUDO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PONTES DE CONCRETO
ARMADO EM PORTO NACIONAL - TO**

PORTO NACIONAL-TO

2021

BRENDEL WILKER FIALHO GOMES

**ESTUDO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PONTES DE CONCRETO
ARMADO EM PORTO NACIONAL - TO**

Projeto de pesquisa submetido ao curso de Engenharia Civil da FAPAC/ITPAC PORTO NACIONAL como requisito parcial para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Área: Estruturas e Patologia.

Orientador. Prof. Me. Douglas Freitas Augusto dos Santos.

PORTO NACIONAL-TO

2021

BRENDEL WILKER FIALHO GOMES

**ESTUDO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PONTES DE CONCRETO
ARMADO EM PORTO NACIONAL - TO**

Projeto de pesquisa submetido ao curso de Engenharia Civil do Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos Porto Ltda., como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Apresentado e defendido em ____/____/____ () APROVADO () REPROVADO

Banca examinadora constituída pelos professores:

Orientador (a): Professor Me. Douglas Freitas Augusto dos Santos

Professor: Ângelo Ricardo Balduino

Professor: Carita Monielle Maia De Oliveira

PORTO NACIONAL-TO

2021

RESUMO:

Introdução: As pontes são consideradas obras de artes especiais, construídas desde a antiguidade com o objetivo de transpor obstáculos de um lado para outro sem interromper um outro percurso, seja de água ou via, as mesmas tem um tempo de vida útil estimado, que podem ser aumentados ou diminuídos de acordo com diversos fatores, como por exemplo, agentes químicos, físicos e biológicos, que fazem com que surjam as patologias. **Objetivo:** o intuito dessa pesquisa é verificar as manifestações patológicas de duas pontes de concreto armado em porto nacional – TO, realizando inspeções nas mesmas. **Metodologia:** para isso será feito um relatório fotográfico seguido do preenchimento de fichas de inspeção e um mapa de danos, para poder analisar a situação em que elas se encontram de acordo com as normas NBR 9452 (2019) e o manual de inspeções de pontes rodoviárias do DNIT (2004). **Resultados esperados:** É esperado que as pontes não atendam as normativas pelos motivos de inspeções rotineiras não serem feitas regularmente, o que ocasiona a falta de conhecimento da situação pelas autoridades, e caso esse for o diagnóstico, propor uma solução viável economicamente.

Palavras – chave: Pontes; Anomalias; Inspeção; Concreto Armado.

ABSTRACT:

Introduction: Bridges are considered special works of art, built since antiquity with the objective of crossing obstacles from one side to another without interrupting another route, whether it's water or road, they have an estimated lifespan, which can be increased or decreased according to several factors, such as chemical, physical and biological agents, which cause pathologies to appear. **Objective:** the purpose of this research is to verify the pathological manifestations of two reinforced concrete bridges in Porto Nacional - TO, carrying out inspections on them. **Methodology:** for this, a photographic report will be made, followed by the filling out of inspection forms and a damage map, in order to analyze the situation in which they find themselves according to the NBR 9452 (2019) standards and the DNIT road bridge inspection manual (2004). **Expected results:** It is expected that the bridges do not meet the standards for the reason that routine inspections are not done regularly, which leads to a lack of knowledge of the situation by the authorities, and if this is the diagnosis, propose an economically viable solution.

Keywords: Bridges; Anomalies; Inspection; Reinforced Concrete.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Representação dos elementos de uma ponte	13
Figura 2: Gráfico mostrando principais causas de patologias no concreto	14
Figura 3 - Fases da instalação do processo de corrosão em uma barra de armadura	19
Figura 4: desagregação do concreto	20
Figura 5: caminhão e compressor usados no trem tipo segundo a NB6/1943	24
Figura 6: Caminhões utilizados no trem-tipo segundo NB6/60 (ABNT, 1960)	25
Figura 7: Disposição em planta segundo NB6/60 (ABNT, 1960).....	25
Figura 8: Caminhões utilizados no trem-tipo segundo NBR 7188 (1984).	26
Figura 9: Veículo e multidão em planta (ABNT, 1984)	27
Figura 10: Disposição das cargas estáticas	28
Figura 11: localização em imagem aérea em 2D, ponte situada na Joaquim Aires, Porto Nacional - TO	31
Figura 13: Vista Frontal da ponte situada na Joaquim Aires, Porto Nacional - TO ...	31
Figura 14: Vista aérea em 2D, ponte situada na Avenida Monte do Carmo Porto Nacional - TO.....	32
Figura 16: Vista frontal, ponte situada na Avenida Monte do Carmo Porto Nacional - TO	32
Figura 17: Ficha de inspeção rotineira – Parte I.....	39
Figura 18: Ficha de inspeção rotineira – Parte II	39
Figura 19: Ficha de inspeção rotineira – Parte III.....	40
Figura 20: Ficha de inspeção rotineira expedida.....	41
Figura 21: Ficha de inspeção rotineira expedida	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Vida útil de projeto (VUP) mínima para várias normas	23
Tabela 2 - vida útil de projeto (VUP)* (em anos) especificada na NBR 15575:2013	23
Tabela 3 - Resumo das normas	34

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Causas de problemas patológicos em estruturas de concreto.....	14
Quadro 2 - Classes de agressividade ambiental (CAA)	18
Quadro 3 - Exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e à proteção da armadura, em função das classes de agressividade ambiental	18
Quadro 4 - Carga dos veículos e cargas uniformemente distribuídas (ABNT, 1982)	26
Quadro 5 - Carga dos veículos e cargas uniformemente distribuídas (ABNT, 1982)	35

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS	11
2.1 OBJETIVO GERAL	11
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
3 REFERENCIAL TEÓRICO	12
3.1 PONTES	12
3.2 PONTES DE CONCRETO ARMADO	12
3.2.1 Características gerais	12
3.3 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS	13
3.3.1 Principais causas e origens das patologias no concreto	13
3.3.2 Falhas de projeto	15
3.3.3 Falhas na execução	15
3.3.4 Falhas no período de utilização e manutenção	16
3.4 DETERIORAÇÃO E PROPRIEDADES DOS MATERIAIS	16
3.4.1 Fissuração	17
3.4.2 Corrosão das armaduras do concreto	18
3.4.3 Deterioração do concreto protendido	19
3.4.4 Desagregações	19
3.4.5 Carbonatação	20
3.4.6 Reação álcali agregado	20
3.5 INSPEÇÃO.....	20
3.5.1 Inspeção cadastral	20
3.5.2 Inspeção rotineira	21
3.5.3 Inspeção especial	21
3.5.4 Inspeção extraordinária	21
3.6 VIDA ÚTIL	22
3.7 EVOLUÇÃO DAS NORMAS	24
3.7.1 NB6 (1943)	24
3.7.2 NB6 (1960)	25
3.7.3 NBR 7188 (1984)	26
3.7.4 - NBR 7188 (2013)	27
3.7.5 Forças horizontais	29
3.8 MAPA DE DANOS	29
3.8.1 FID's - Fichas de investigação de danos	30
4 METOLOGIA	30

4.1 LOCALIZAÇÃO E PERÍODO DA PESQUISA.....	31
4.2 PARÂMETROS PARA ESCOLHA	32
4.3 LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES.....	33
4.4 INSPEÇÕES.....	33
4.3 MAPAS DE DANOS	33
4.4 RESUMO DAS NORMAS.....	33
6. RESULTADOS ESPERADOS	36
REFERÊNCIAS	37
ANEXOS.....	39

1 INTRODUÇÃO

As pontes são obras de artes especiais que surgiram desde a antiguidade, as primeiras pontes foram notadas por questões naturais com queda de troncos entre margens de rios, fazendo assim que pudesse ocorrer a travessia de um lado para o outro em um curso de água. Com o passar do tempo as técnicas de construção de pontes e os materiais foram passando por evoluções, além de ser aprofundados os conhecimentos dos profissionais responsáveis por essas obras de arte.

Segundo Pfeil (1979), pontes são obras destinadas a transposição de obstáculos à continuidade de um leito normal de uma via, como rios, braços de mares, vales dentre outros, quando essa obra tem por objetivo a transposição de outras vias que não tem o fluxo de água, é denominado viaduto. Essas construções são de suma importância para a sociedade, tanto para a civilização no cotidiano, tanto para a economia, pois através de pontes construídas em rodovias e cidades ocorre o escoamento de mercadorias pelo transporte rodoviário.

Essas obras com o passar do tempo sofrem com ações, físicas, químicas e ambientais, chamadas de patologias. Segundo Dal Molin et. al (2016), a vida útil dessas estruturas é de 50 anos para as estruturas de concreto armado, mas esse período depende bastante do modo de uso, de manutenções, e até mesmo o ambiente em que a ponte está inserida, pois ela pode sofrer com as patologias, diminuindo assim a seu tempo de uso.

Para que se tenha um maior tempo de uso da obra de arte, é necessário um projeto elaborado de qualidade, profissionais qualificados para o desenvolvimento do processo construtivo (execução) e acompanhamento com manutenções e reparos quando necessários, que são feitos e verificados através de inspeções, essas estabelecidas pela norma NBR 9452 (2019) e também pelo Manual de Inspeção em Pontes Rodoviárias do Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte (DNIT, 2004).

Portanto, o seguinte trabalho tem por objetivo, realizar vistorias em duas pontes no município de Porto Nacional – TO, afim de constatar patologias existentes nas mesmas, fazendo assim as inspeções necessárias para qualificar esses problemas, em seguida o preenchimento das fichas de inspeções, relatório fotográfico e a produção de um mapa de danos, discriminando rigorosamente os danos encontrados.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo desta pesquisa é realizar inspeções em 2 pontes de concreto armado em Porto Nacional-TO e analisar os pontos críticos a partir de visita in loco seguindo as diretrizes da NBR 9452 (2019) e o manual de inspeção de pontes rodoviárias do DNIT (2004).

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar histórico das pontes;
- Realizar inspeções rotineiras com base na NBR 9452 (2019);
- Realizar ficha de inspeção;
- Realizar registro fotográfico das manifestações patológicas;
- Produzir Mapas de Danos;
- Comparar as diferenças das normas que as pontes foram construídas com a norma vigente;

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 PONTES

Pontes são obras da engenharia usadas para transpor obstáculos que eram e são utilizadas desde antiguidade até os dias atuais, e passaram por evoluções. Segundo a NBR 7188 (2013), é uma estrutura sujeita a carga em movimento, com posicionamento variável, chamada de carga móvel, utilizada para transpor um obstáculo natural (rio, córrego, vale e etc.).

3.2 PONTES DE CONCRETO ARMADO

Segundo a NBR 7187 (2003) elementos básicos compreendem todas as informações necessárias para justificar a obra e definir suas características técnicas e funcionais. Incluem levantamentos topográficos (também batimetria, se necessário) e de interferências, projeto geométrico completo, dados geológicos, geotécnicos e hidrológicos, gabaritos em largura e altura e outros condicionantes do projeto. Em alguns casos, devem ainda ser consideradas, na elaboração dos projetos, as condições de acesso à obra, características regionais e disponibilidade de materiais e mão-de-obra.

3.2.1 Características gerais

De acordo com Pfeil (1979), sob o ponto de vista funcional, podem ser divididas em três partes principais: infraestrutura, mesoestrutura e superestrutura, representados na figura 1.

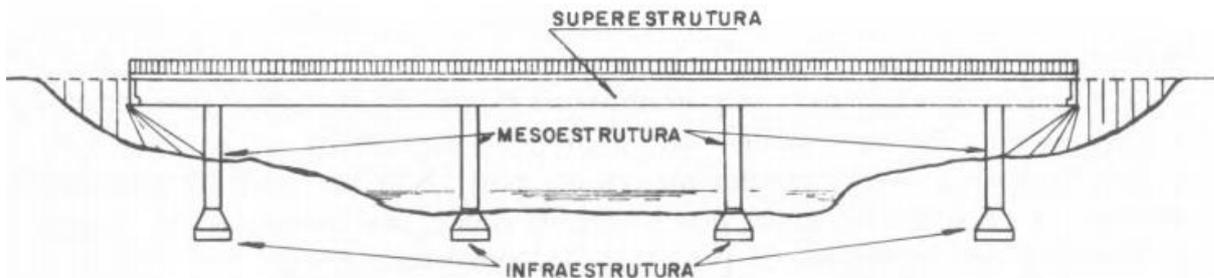
A infraestrutura é a parte da ponte na qual é transmitida para o solo ou terreno da obra os esforços recebidos na mesoestrutura, aliviando assim todo o conjunto estrutural. Fazem parte da infraestrutura, blocos, sapatas, tubulões, estacas, dentre outros.

A mesoestrutura é formada pelos pilares da ponte, os quais recebem as cargas atuantes na superestrutura e os direcionando para a infraestrutura, assim como as cargas geradas por ações naturais como as de pressão de vento e movimentação da água.

A superestrutura é a parte que recebe diretamente as cargas do sistema estrutural, transferindo-as para mesoestrutura, que por fim transmite para infraestrutura, fazendo com que as cargas cheguem ao solo e se dissipem. Geralmente é formada por lajes e vigas primárias e secundárias e estão em contato

direto com o estrado, que representa a parte em contato direto com os esforços, e é a parte útil da obra, de acordo com a sua finalidade.

Figura 1: Representação dos elementos de uma ponte



Fonte: Adaptado de Pfeil (1979).

3.3 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

É frequente encontrar manifestações patológicas em estruturas de concreto, assim como em outras áreas de estudo e profissionais, patologias indicam que algo não está indo bem com o corpo estudado, no caso da engenharia civil, a estrutura está com problemas. Souza e Ripper (1998, p.14), dizem que essas manifestações são chamadas de deteriorações estruturais, que é o conjunto de problemas que o sistema apresenta, genericamente falando “estudo das origens, formas de manifestação, consequências e mecanismos de ocorrência das falhas e dos sistemas de degradação das estruturas.”

3.3.1 Principais causas e origens das patologias no concreto

Segundo Gonçalves (2015), o processo construtivo é dividido basicamente em três partes, concepção do projeto, parte de execução e o período de utilização do mesmo. As causas mais comuns de patologias, incluso as três citadas acima do processo construtivo são mostradas na figura 2 a seguir.

Figura 2: Gráfico mostrando principais causas de patologias no concreto



Fonte: Gonçalves (2005).

Cada etapa mostrada na figura 2 tem influência direta na qualidade da obra e do concreto, sendo que aplicados ou executados de má forma afetam o sistema, e futuramente pode vir a ocasionar as chamadas patologias. São destacados também por Souza e Ripper (1998) no quadro abaixo, as mesmas causas vistas por vários pesquisadores.

Quadro 1 - Causas de problemas patológicos em estruturas de concreto

FONTE DE PESQUISA	CAUSAS DOS PROBLEMAS PATOLÓGICOS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO			
	Concepção e Projeto	Materiais	Execução	Utilização e Outras
Edward Grunau Paulo Helene (1992)	44	18	28	10
D. E. Allen (Canadá) (1979)	55	⇐ 49 ⇒		
C.S.T.C. (Bélgica) Verçoza (1991)	46	15	22	17
C.E.B. Boletim 157 (1982)	50	⇐ 40 ⇒		10
Faculdade de Engenharia da Fundação Armando Álvares Penteado Verçoza (1991)	18	6	52	24
B.R.E.A.S. (Reino Unido) (1972)	58	12	35	11
Bureau Securitas (1972)	⇐ 88 ⇒			12
E.N.R. (U.S.A.) (1968 - 1978)	9	6	75	10
S.I.A. (Suíça) (1979)	46		44	10
Dov Kaminetzky (1991)	51	⇐ 40 ⇒		16
Jean Blénot (França) (1974)	35		65	
L.E.M.I.T. (Venezuela) (1965-1975)	19	5	57	19

Fonte: Souza e Ripper (1998).

3.3.2 Falhas de projeto

Os projetos de estruturas de concreto devem seguir os procedimentos abordados na NBR 6118 (2014), para atender os requisitos de qualidade e aprovação, além de outras normas complementares. Essa norma entrou em revisão em 2019, mas até o dado momento ainda não foi divulgada atualização, logo, se referêcia a de 2014.

De acordo com Souza e Ripper (1998) falhas de projetos são responsáveis em grande maioria pelas patologias que surgem nas estruturas, e que na maior parte delas poderiam ser evitadas, e apresentam bastante variedades como os citados por eles:

- Elementos de projeto inadequados (má definição das ações atuantes ou da combinação mais desfavorável das mesmas, escolha infeliz do modelo analítico, deficiência no cálculo da estrutura ou na avaliação da resistência do solo, etc.);
- Falta de compatibilização entre a estrutura e a arquitetura, bem como com os demais projetos civis;
- Especificação inadequada de materiais;
- Detalhamento insuficiente ou errado;
- Detalhes construtivos irrealizáveis;
- Falta de padronização das representações (convenções);
- Erros de dimensionamentos

Gonçalves (2015) afirma que muitos desses erros tornam o processo construtivo mais caro e difícil, trazendo também transtornos ao usuário e conseqüentemente problemas patológicos futuros.

3.3.3 Falhas na execução

A NBR 14931 (2004) define como execução da estrutura de concreto todas as atividades desenvolvidas na sua execução, ou seja, sistema fôrmas, armaduras, concretagem, cura e outras, bem como as relativas à inspeção e documentação de como construído, incluindo a análise do controle de resistência do concreto.

Segundo Souza e Ripper (1998), a ocorrência de problemas patológicos na etapa de execução se deve basicamente à produção que é bastante afetada por problemas socioeconômicos, trazendo baixa qualidade técnica de profissionais com

menos qualificações, como serventes e meio oficiais, e até mesmo de alguns profissionais que tenham alguma qualificação.

De acordo com a NBR 12655 (2015) o preparo do concreto deve seguir algumas etapas citadas no item 3.34, descrito a seguir:

- Caracterização dos materiais componentes no concreto;
- Estudo de dosagem do concreto;
- Ajuste e comprovação do traço do concreto;
- Elaboração do concreto.

Gonçalves (2015) diz que problemas ocasionados durante a etapa de concretagem quando não identificados, menosprezados ou até corrigidos de imediato, podem acarretar sérios problemas ao sistema estrutural, principalmente em regiões agressivas e de difícil identificação. Assim a etapa de execução deve ser realizada de forma que atenda as exigências da norma, e com profissionais qualificados e que tenham um controle tecnológico do concreto, afim de evitar patologias futuras.

3.3.4 Falhas no período de utilização e manutenção

Depois de concluída a obra chega o momento de utilização da mesma por parte dos usuários e entendeu-se que ela deve atender o objetivo para a qual foi projetada de forma satisfatória. Durante esse período de utilização a estrutura ainda sim esta suscetível ao aparecimento de patologias, por motivos de má utilização e pela falta de manutenção preventiva ou até mesmo corretiva.

De acordo com Trindade (2015), após a liberação da obra para uso dos usuários, deve ser usada de forma que respeite o projeto e realizando sempre as manutenções necessárias orientadas pelos profissionais responsáveis pela execução. Deve-se atentar quando se trata de concreto armado principalmente a produtos que causem corrosão do concreto e das armaduras, assim como valores de cargas especificados em projeto suportados pelos elementos estruturais.

Santos (2014) afirma que problemas gerados nessa etapa, são ocasionados por despreparo técnico de profissionais, na inabilidade e em problemas financeiros encontrados.

3.4 DETERIORAÇÃO E PROPRIEDADES DOS MATERIAIS

De acordo com DNIT (2004), o comportamento de uma ponte de concreto armado, sujeita a carregamento móvel, aos fatores ambientais e à deterioração, e

regido principalmente pelas propriedades físicas e mecânicas dos materiais que são usados durante sua execução. O entendimento dos tipos de materiais e suas vantagens e desvantagens, é de suma importância para com que se tenha um acompanhamento desse tipo de estrutura, analisando causas e consequências das deteriorações que tenham e que possam vir a surgir no decorrer da vida útil.

3.4.1 Fissuração

A fissura é uma patologia recorrente em estruturas de concreto armado, é facilmente visível a olho nu, dá um aspecto negativo quanto à aparência e traz insegurança aos usuários que não tem conhecimento do assunto.

De acordo com DNIT (2004), a NB 1 (1978) dizia que as fissuras apresentadas no concreto e não ultrapassasse os seguintes valores:

- 0,1mm para peças não protegidas em meio agressivo;
- 0,2mm para peças não protegidas em meio não agressivo;
- 0,3mm para peças protegidas.

Já de acordo com a NBR 6118 (2014), as fissuras são que não ultrapassem $w_k > 0,2$ a $0,4$ não tem importância significativa para estrutura e corrosão das armaduras passivas. A classe de agressividade ambiental é um fator a ser observado no aparecimento de fissuras, se trata de onde a obra está inserida e afeta diretamente em possíveis patologias ocasionadas na armadura, é levada em consideração nas exigências de durabilidade relacionadas a fissuração e proteção das armaduras. A agressividade ambiental e as exigências durabilidade relacionadas a fissuração são apresentados a seguir nos quadros 1 e 2 respectivamente.

Quadro 2 - Classes de agressividade ambiental (CAA)

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana ^{a, b}	Pequeno
III	Forte	Marinha ^a	Grande
		Industrial ^{a, b}	
IV	Muito forte	Industrial ^{a, c}	Elevado
		Respingos de maré	

Fonte: NBR 6118 (2014).

Quadro 3 - Exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e à proteção da armadura, em função das classes de agressividade ambiental

Concreto armado	CAA I	ELS-W $w_k \leq 0,4$ mm	Combinação frequente
	CAA II e CAA III	ELS-W $w_k \leq 0,3$ mm	
	CAA IV	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	

Fonte: NBR 6118 (2014).

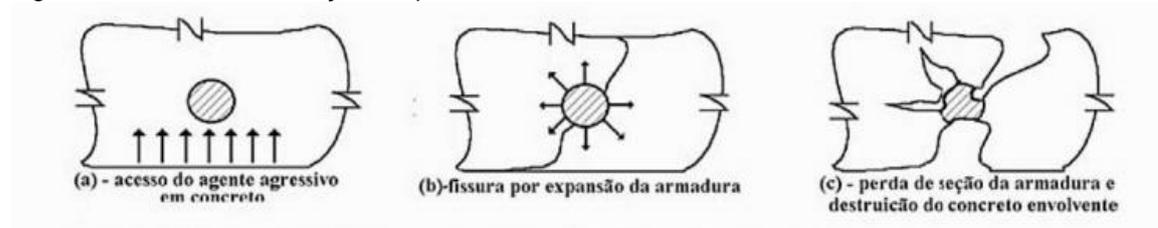
As fissuras ainda podem ser consideradas de três tipos, capilares, medias ou grandes, esta última se for maior que um tamanho de 0,5mm já é considerada como trinca. As causas podem ser de diversos tipos, mas nem sempre tem fácil identificação quando em uma vistoria, geralmente apresentam u certo tipo de padrão que torna mais fácil o trabalho do profissional responsável pelo trabalho de vistoriar a estrutura (DNIT, 2004). Dessa forma, suas principais causas são curas deficientes, retração, expansão, variações de temperatura, ataques químicos, excesso de carga, erros de projeto, erros de execução e recalques diferenciais.

3.4.2 Corrosão das armaduras do concreto

Segundo Gentil (1987, *apud* Souza e Ripper, 1998, p. 65) “de maneira geral, a corrosão poderá ser entendida como a deterioração de um material, por ação química ou eletroquímica do meio ambiente, aliada ou não a esforços mecânicos”. Sendo assim, a princípio as armaduras estão protegidas de corrosão pelo cobrimento do concreto, que forma uma barreira impedindo a entrada de agentes externos, mas principalmente por uma reação alcalina presente nos poros do concreto, produzidas quimicamente na mistura água, cimento, agregados e aditivos quando necessário.

Souza e Ripper (1998) afirmam, ainda que o processo de corrosão ocorre do seu exterior para o interior do concreto, chegando até a armadura. O primeiro indício de corrosão ocorre entre a troca de seção resistente de aço da armadura por ferrugem, em consequência surgem outras formas de degradação da armadura, como mostrados a seguir na figura 3.

Figura 3 - Fases da instalação do processo de corrosão em uma barra de armadura



Fonte: Souza e Ripper (1998).

3.4.3 Deterioração do concreto protendido

Elementos de concreto protendido sofrem com perda de resistência de diversas formas de deterioração do concreto e com incorretas verificações de problemas já conhecidos e mensurados, são elementos extremamente sensíveis a corrosão e a fadiga em fissuras isoladas, algumas destas deteriorações podem até mesmo trazer a estrutura entrar em colapso, são exemplos: perda de aderência entre o aço tensionado e o concreto, relaxo do aço de pretensão, retração do concreto, fluência do concreto e corrosão do aço de pretensão.

3.4.4 Desagregações

Para Trindade (2015) a desagregação é quando o concreto perde sua propriedade de aglomerante, ocorrendo assim uma desintegração junto aos demais elementos.

Souza e Ripper (1998, p.71) diz que a desagregação pode ser entendida pela “própria separação física de placas ou fatias de concreto, com perda de monolitismo e, na maioria das vezes, perda também da capacidade de engrenamento entre os agregados e da função ligante do cimento”.

A principal causa de desagregação do concreto se dá por conta da presença de sulfatos e cloretos, também na execução do concreto com acréscimo de aditivos aceleradores de pega, por conta de concreto com cimentos inadequados ao meio ambiente e até por mal adensamento do mesmo.

Figura 4: desagregação do concreto



Fonte: Adaptado de Trindade (2015).

3.4.5 Carbonatação

A carbonatação do concreto é uma reação natural do concreto quando se tem a presença de CO_2 na atmosfera e ele entra em contato direto com o concreto em processo de hidratação. Segundo Rocha (2015) a carbonatação ocorre da seguinte maneira, o dióxido de carbono entra pelos poros do concreto através de difusão e já no interior reage com hidróxido de cálcio, fazendo assim que o resultado da reação seja a formação de carbonato de cálcio e ocorra a redução do pH do concreto a valores menores que 9 levando a redução da película que protege as armaduras. Este processo só acontece em concretos que não tiveram sua saturação total, deixando poros, que é por onde ocorre a difusão do CO_2 .

3.4.6 Reação álcali agregado

Segundo West (1996, *apud* Vasconcelos 2018, p.30), a reação álcali – agregado ocorre quando há uma expansão no interior do concreto, proveniente da reação química entre os álcalis presentes no cimento, e os minerais dos agregados.

De acordo com DNIT (2004), essa reação causa no concreto, perda de resistência, elasticidade e durabilidade, e pode aparecer também em forma de pipocamentos e exsudação de um fluido viscoso álcali silicoso.

3.5 INSPEÇÃO

3.5.1 Inspeção cadastral

A inspeção cadastral é a primeira a ser feita na obra e deve ser realizada logo após da conclusão da mesma ou quando for inserida no conjunto viário, também é

feita quando a alguma alteração sensível na estrutura da obra como alargamentos, acréscimos de comprimentos, reforços, mudanças no sistema estrutural. A inspeção cadastral é amplamente documentada, constando os dados da inspeção, e também o projeto completo e todos os informes construtivos disponíveis (DNIT, 2004; NBR 9452/2019).

3.5.2 Inspeção rotineira

É uma inspeção programada, com intervalos de até dois anos com o intuito de verificar e coletar observações para identificar qualquer anomalia que possa estar surgindo ou qualquer alteração não analisada na inspeção cadastral ou inspeção rotineira anterior (DNIT,2004).

Para a NBR 9452 (2019) a inspeção não pode passar de um prazo superior a um ano para ser realizada, e devem ser observadas evoluções de anomalias já verificadas em inspeções anteriores, bem como novas que possam ter surgido no intervalo de uma visita o e outra, além de reparos ou recuperações feitas (NBR 9452, 2019).

3.5.3 Inspeção especial

Segundo a NBR 9452 (2019) item 4, subitem 4.3, a inspeção especial deve ter uma frequência de até cinco anos, podendo ser adiada por até 8 anos, desde que atenda a requisitos exigidos no subitem 4.3. A perícia deve conter e descrever mapeamento gráfico e quantitativo dos problemas encontrados na OAE, com a intenção de fazer o diagnóstico e prognóstico da estrutura.

Já para o DNIT (2004), a inspeção especial deverá ser feita em até 5 anos sem postergar, em todas as pontes consideradas excepcionais, de acordo com o porte, tipo de estrutura ou pelo problema em que ela se encontra, ou se solicitado em uma inspeção de rotina.

3.5.4 Inspeção extraordinária

A inspeção extraordinária é uma investigação não programada, que deve ser realizada quando ocorre danos ou anomalias causadas pelo meio ambiente ou pelo homem, deve ser realizada por uma equipe especial e preparada, para poder avaliar a situação, e caso necessário limitar o tráfego de cargas, ou mesmo paralisar e

reestabelecer o tráfego, assim como podem solicitar uma inspeção especial (DNIT, 2004).

3.6 VIDA ÚTIL

A vida útil de uma obra é considerada como o tempo em que a estrutura entra em uso do seu objetivo que foi construído até o período em que a mesma apresente boas resistência e atenda as exigências normativas.

Segundo Dal Molin *et. al* (2016, p. 224), “é o período de tempo compreendido entre o início de operação e uso de uma edificação até o momento em que o seu desempenho deixa de atender às exigências do usuário”, e isso se deve bastante à influência de manutenções preventivas e corretivas, quanto ao ambiente em que a obra está inserida, assim aumentando ou diminuindo a vida útil da estrutura.

Já para a NBR 6118 (2014) é dito da seguinte forma:

Por vida útil de projeto, entende-se o período de tempo durante o qual se mantêm as características das estruturas de concreto, sem intervenções significativas, desde que atendidos os requisitos de uso e manutenção prescritos pelo projetista e pelo construtor, conforme 7.8 e 25.3, bem como de execução dos reparos necessários decorrentes de danos acidentais. (NBR 6118, 2014, p. 15).

De acordo com Dal Molin *et. Al* (2016), as normas referentes a vida útil de projeto são expressas em anos, e são conferidas por varia normas e códigos de concreto, e a maioria apresenta uma vida útil de projeto de 50 para estruturas e 100 anos para estruturas vivis como apresentados na tabela a seguir, de normas brasileiras quanto de normas internacionais.

Tabela 1 - Vida útil de projeto (VUP) mínima para várias normas

Tipo de estrutura	Vida útil de projeto (VUP) mínima				
	BS 7543 (1992)	ISO 2394 (1998)	Fib 34 (2006) e EN 206-1 (2007)	NBR 15575 (2013)	Fib 53 (2010)
Temporárias	≥ 10 anos	1 a 5 anos	≥ 10 anos	-	-
Partes estruturais substituíveis (Ex.: apoios)	≥ 10 anos	≥ 25 anos	10 a 25 anos	23 a 20 anos	25 a 30 anos
Estruturas para agricultura e semelhantes	-	-	15 a 30 anos	-	-
Estruturas <i>offshore</i>	-	-	-	-	≥ 35 anos
Edifícios industriais e reformas	≥ 30 anos	-	-	-	-
Edifícios e outras estruturas comuns	-	≥ 50 anos	≥ 50 anos	50 anos	≥ 50 anos
Edifícios novos e reformas de edifícios públicos	≥ 60 anos	-	-	-	-
Edifícios monumentais, pontes e outras estruturas de engenharia civil	≥ 120 anos	≥ 100 anos	≥ 100 anos	-	≥ 100 anos
Edifícios monumentais	-	-	-	-	≥ 200 anos

Fonte: Dal Molin et. Al (2016, p.232).

Na tabela 2, é mostrado a vida útil de projeto abordada pela NBR 15575/2013, relacionando cada parte do sistema de uma edificação.

Tabela 2 - vida útil de projeto (VUP)* (em anos) especificada na NBR 15575:2013

Sistema	VUP (em anos)	
	Mínima (M)	Superior (S)
Estrutura	≥ 50**	≥ 75
Pisos Internos	≥ 13	≥ 20
Vedação vertical externa	≥ 40	≥ 60
Vedação vertical interna	≥ 20	≥ 30
Cobertura	≥ 20	≥ 30
Hidrossanitário	≥ 20	≥ 30

Fonte: Dal Molin et.al(2016), adaptado da NBR 15575/2013.

3.7 EVOLUÇÃO DAS NORMAS

As normas de cargas moveis sofreu muitas mudanças desde a sua primeira publicação em 1943, a NB6 (1943), que atualmente é conhecida como a NBR 7188 (2013), e que é usada para o cálculo de cargas moveis e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas.

3.7.1 NB6 (1943)

Entre 1943 e 1960 a ideia de carga móvel foi abordada de acordo com o descrito na NB6, e era baseada nas classes e trem tipos apresentados a seguir:

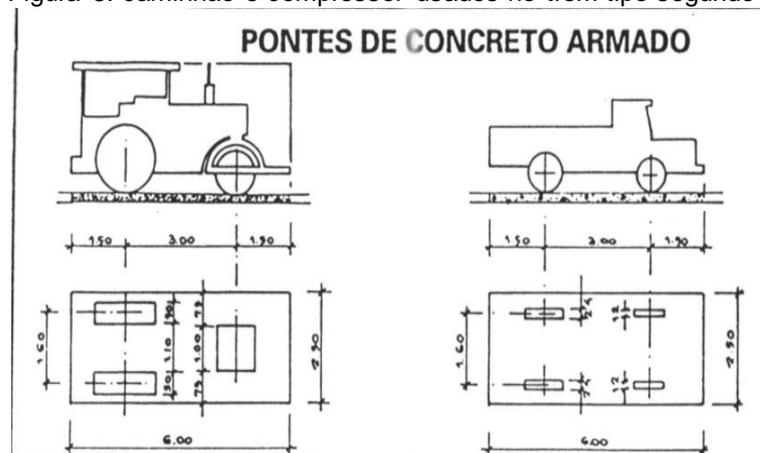
Classes:

1. Pontes situadas em estradas-tronco federais e estaduais ou nas estradas principais de ligação entre esses troncos;
2. Pontes situadas em estradas de ligação secundárias, mas em que, atendendo a circunstâncias especiais do local, haja conveniência em se prever a passagem de veículos pesados;
3. Pontes situadas em estradas de ligação secundárias não incluídas na classe II.

Trem tipo:

Para Timermean e Bier (2012) os trens tipos podem ser exemplificados como o conjunto de carregamentos moveis a ser aplicados à estrutura em sua posição mais desfavorável. Estes carregamentos são compostos por compressores, caminhões e multidão, sendo a multidão o fluxo de veículos de menores carregamentos que podem passar junto a caminhões ou/e compressores.

Figura 5: caminhão e compressor usados no trem tipo segundo a NB6/1943



Fonte: NB/43, Adaptado de Timermean e Bier (2012).

3.7.2 NB6 (1960)

No ano de 1960 a NB6 passou por atualização e foi até o ano de 1984, tais considerações estão elencadas a seguir, tanto as classes como o trem tipo de cargas moveis.

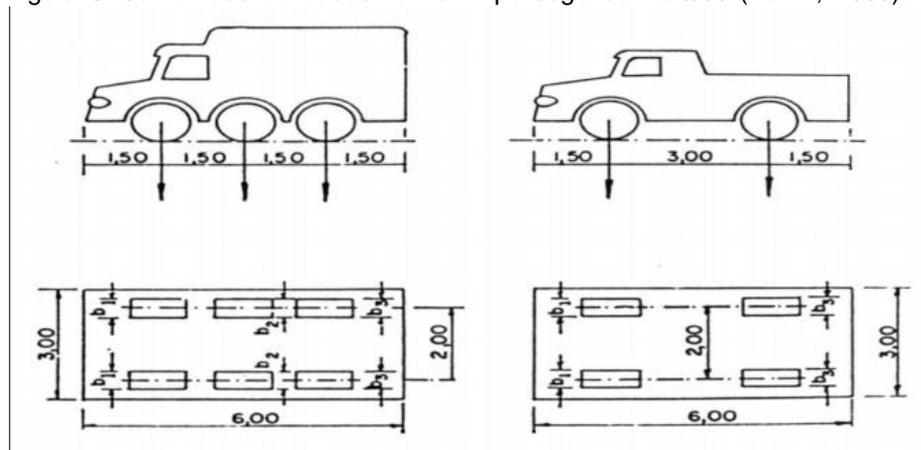
Classes:

- Classe 36: Em rodovias de características da Classe I;
- Classe 24: Em rodovias de características da Classe II;
- Classe 12: Em rodovias de características da Classe III;

Trem tipo:

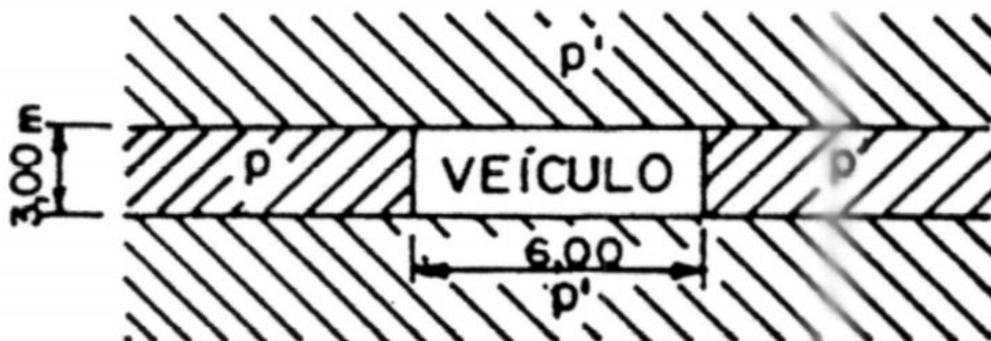
Os trens – tipos eram compostos por um veículo e cargas que eram distribuídas uniformemente, mostrados nas figuras 6 e 7 a seguir.

Figura 6: Caminhões utilizados no trem-tipo segundo NB6/60 (ABNT, 1960)



Fonte: NB/60, Adaptado de Timermean e Bier (2012).

Figura 7: Disposição em planta segundo NB6/60 (ABNT, 1960)



Fonte: NB/60, Adaptado de Timermean e Bier (2012).

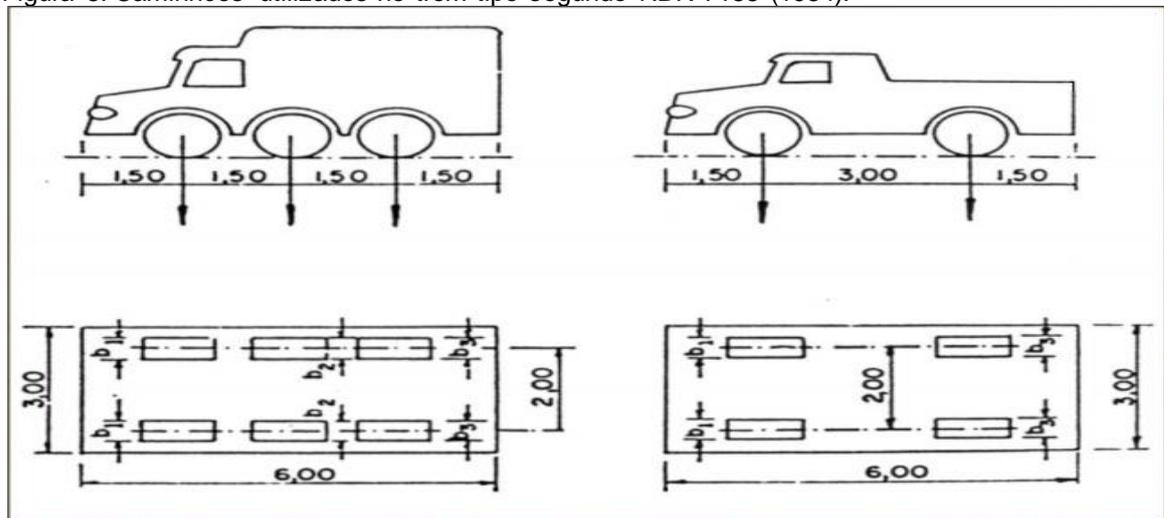
3.7.3 NBR 7188 (1984)

No intervalo entre 1984 e 2004, as determinações sobre cargas móveis foram seguidas de acordo com a norma NBR 7188 (1984), e são demonstradas a seguir:

Classes:

- Classe 45: a base do sistema é um veículo-tipo de 450 KN de peso total;
- Classe 30: a base do sistema é um veículo-tipo de 300 KN de peso total;
- Classe 12: a base do sistema é um veículo-tipo de 120 KN de peso total;
- A utilização das diferentes classes de pontes fica a critério dos órgãos com jurisdição sobre as mesmas.

Figura 8: Caminhões utilizados no trem-tipo segundo NBR 7188 (1984).



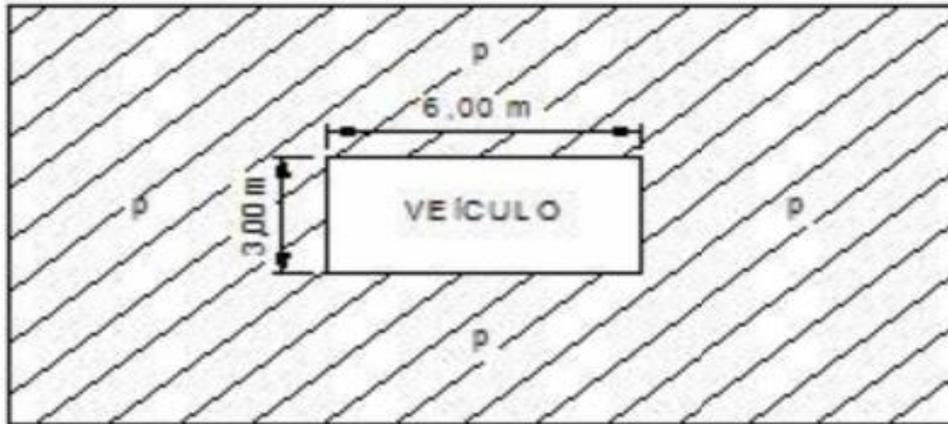
Fonte: NBR – 7188/84, adaptado de Timermean e Bier (2012).

Quadro 4 - Carga dos veículos e cargas uniformemente distribuídas (ABNT, 1982)

Classe da Ponte	Veículo		Carga Uniformemente Distribuída				Disposição da carga	
	Tipo	Peso Total		p		p'		
		KN	tf	KN/m ²	kgf/m ²	KN/m ²		kgf/m ²
45	45	450	45	5	500	3	300	- Carga p em toda a pista - Carga p' nos passeios
30	30	300	30	5	500	3	300	
12	12	120	12	4	400	3	300	

Fonte: NBR 7188/84, adaptado de Timermean e Bier (2012).

Figura 9: Veículo e multidão em planta (ABNT, 1984)



Fonte: NBR 7188/84, adaptado de Timermean e Bier (2012).

3.7.4 - NBR 7188 (2013)

3.7.4.1 Ações verticais - Cargas móveis

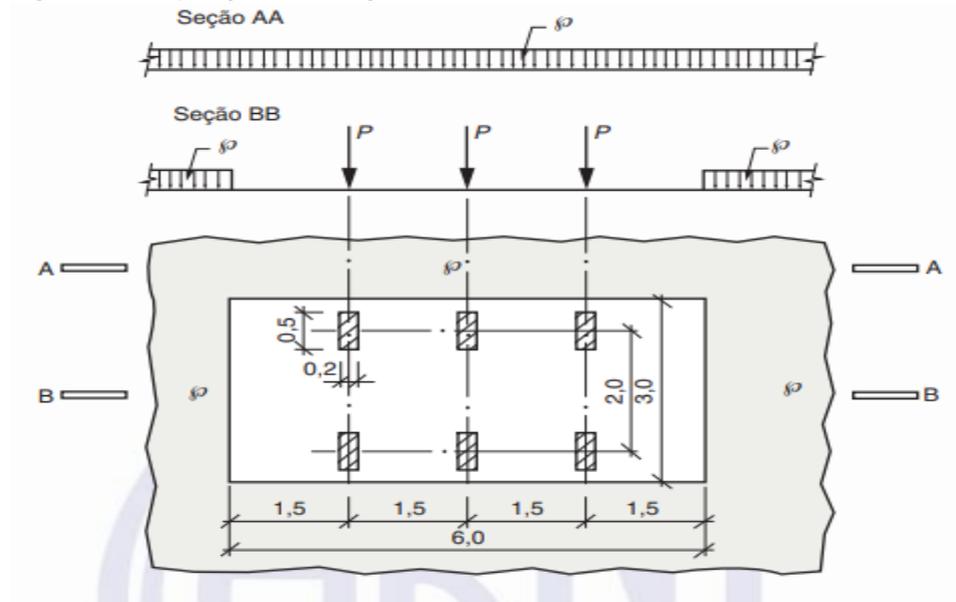
As cargas “p” e “P”, são cargas verticais estáticas aplicadas no nível do pavimento com valor característico e sem nenhum tipo de majoração, o que as diferencia a forma que são aplicadas, enquanto a carga “P” é aplicada de forma concentrada, ou seja, em um ponto específico do pavimento, a carga “p” é aplicada de forma uniformemente distribuída, em todo segmento do pavimento.

As cargas moveis “Q” e “q”, são cargas moveis aplicadas no nível do pavimento, dadas respectivamente por kN e kN/m² e são iguais aos valores característicos ponderados pelos coeficientes de impacto vertical (CIV), do número de faixas (CNF) e de impacto adicional (CIA), definidos pelas seguintes equações:

1. $Q = P \cdot CIV \cdot CNF \cdot CIA$
2. $q = p \cdot CIV \cdot CNF \cdot CIA$

De acordo com a NBR 7188/2013, “A carga móvel rodoviária padrão TB-450 é definida por um veículo tipo de 450 kN, com seis rodas, $P = 75$ kN, três eixos de carga afastados entre si em 1,5 m, com área de ocupação de 18,0 m², circundada por uma carga uniformemente distribuída constante $p = 5$ kN/m²” como mostrado na figura 10.

Figura 10: Disposição das cargas estáticas



Fonte: NBR 7188 (2013).

As cargas móveis, podem se localizar em qualquer parte da pista e as rodas assumindo a posição mais desfavorável, como acostamento e até mesmo faixas de segurança. Já a carga distribuída deve assumir a posição mais desfavorável, não dependendo das faixas rodoviárias.

3.7.4.2 Coeficiente de impacto vertical (CIV)

Para o dimensionamento do coeficiente de impacto vertical as cargas verticais móveis devem ser majoradas, de acordo com as considerações a seguir:

- $CIV = 1,35$, para estruturas com vão menor do que 10,0 m;
- $CIV = 1 + 1,06 * (20/LIV + 50)$, para estruturas com vãos entre 10m e 200 m,

Sendo que:

- Liv é o vão em metros para o cálculo CIV, conforme o tipo de estrutura.

3.7.4.3 Coeficiente de número de faixas (CNF)

As cargas móveis devem ser consideradas de acordo com o número de faixas no tabuleiro, e são descritas por:

$CNF = 1 - 0,05*(n - 2) > 0,9$, no qual, n é o número (inteiro) de faixas de tráfego rodoviário a serem carregadas sobre um tabuleiro transversalmente contínuo. Acostamentos e faixas de segurança não são faixas de tráfego da rodovia.

3.7.4.4 Coeficiente de impacto adicional

Os esforços nas juntas estruturais e extremidades da obra devem ser majorados de acordo com o coeficiente de impacto adicional, definidos por:

- CIA = 1,25, para obras em concreto ou mistas;
- CIA = 1,15, para obras em aço.

3.7.5 Forças horizontais

3.7.5.1 Frenagem e Aceleração

No tabuleiro ainda são aplicadas forças horizontais de frenagem e aceleração no nível do pavimento e em posição mais desfavorável e são descritas por:

- $H_f = 0,25 \cdot B \cdot L \cdot CNF$

onde,

- $H_f \geq 135$ kN;
- B é a largura efetiva, expressa em metros (m), da carga distribuída de 5 kN/m²;
- L é o comprimento concomitante, expresso em metros (m), da carga distribuída.

3.7.5.2 Força centrífuga

As forças horizontais provenientes da força centrífuga nas obras em curva horizontal, aplicadas no nível da pista de rolamento, são um percentual da carga do veículo tipo aplicado sobre o tabuleiro, na posição mais desfavorável, de acordo com a respectiva carga:

- $H_{fc} = 2,4 \cdot P$ em KN, para curva com raio $R < 200$ m;
- $H_{fc} = (480/R) \cdot P$ em KN, para curva com raio $200 < R < 1\ 500$ m;
- 1. $H_{fc} = \text{zero}$ para raios superiores a 1 500 m

Onde,

- R é o raio da curva horizontal no eixo da obra, expresso em metros.

3.8 MAPA DE DANOS

Segundo Tinoco (2009), mapa de danos é uma representação gráfica fotográfica, no qual, apresenta e discrimina, de forma sucinta e rigorosa, todas as manifestações existentes na obra. Apresenta de forma clara os problemas encontrados através de investigações prévias, esses, causados no decorrer da vida

útil da obra, como alterações estruturais e funcionais dos materiais, técnicas, sistemas e componentes que fizeram parte do processo construtivo.

Para sua elaboração é de suma importância a coleta de informações através de investigações e que se faça uma base de dados, essa por sua vez, formada pelas FID's (Fichas de identificação de danos), vale ressaltar que não existe nenhuma norma brasileira específica para construção do mapa de danos, mas, o CECI – Centro de Estudos Avançados da Conservação Integrada, traz algumas recomendações básicas que podem ser seguidas.

3.8.1 FID's - Fichas de investigação de danos

Para Tinoco 2009, as fichas de identificação de danos são:

“as fichas são documentos normalizados com registros e anotações gráficas e fotográficas (unidade de informação) sobre os danos existentes numa edificação. As FID's são os registros principais para produção do mapa de danos de uma edificação de valor cultural”.

As FID's, devem conter as seguintes informações sobre a obra:

- Identificação do elemento construtivo;
- Numeração de classificação;
- Data de vistoria;
- Profissional responsável pela coleta de informações;
- Caracterização do dano;
- Manifestação ou sintoma;
- Causa;
- Natureza;
- Origens;
- Agentes;
- Condutas;
- Ilustrações;
- Campo para outras informações.

4 METOLOGIA

A presente pesquisa será feita em duas pontes de concreto armado, na cidade de porto nacional – TO. Trata-se de um estudo qualitativo usando as normas e recomendações da NBR 9452 (2019) e os critérios estabelecidos pelo manual de inspeções rodoviárias do DNIT (2004). O intuito é observar os danos existentes nas

obras de artes especiais citadas, e registra-los nas fichas de inspeções para se ter o controle das patologias encontradas.

4.1 LOCALIZAÇÃO E PERÍODO DA PESQUISA

As duas pontes escolhidas se situam dentro do município de Porto Nacional – TO, e serão estudadas e analisadas em setembro de 2021. A primeira é a ponte que se localiza na avenida Joaquim Aires, setor Vila Nova, esta por sua vez apresenta um tráfego intenso de veículos pesados e leves, e é de suma importância para o município pois faz a ligação entre setores mais afastados ao centro da cidade. Apresenta uma extensão média de 33 m de comprimento.

Figura 11: localização em imagem aérea em 2D, ponte situada na Joaquim Aires, Porto Nacional - TO



Fonte: Google Earth (2021).

Figura 12: Vista Frontal da ponte situada na Joaquim Aires, Porto Nacional - TO

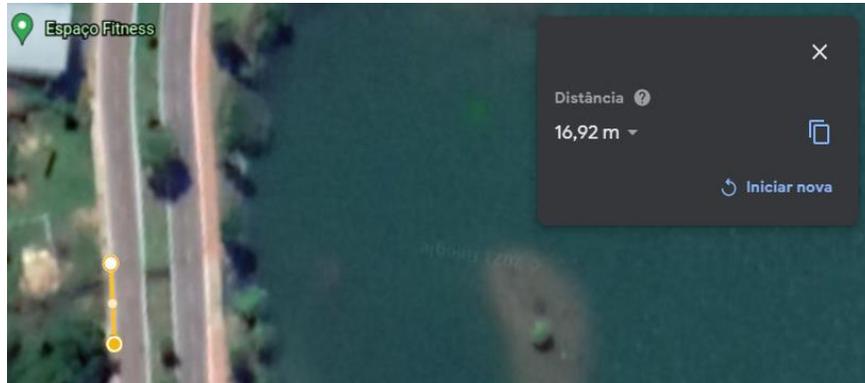


Fonte: Google Earth (2021)

A segunda ponte escolhida foi a que faz parte do trânsito de um ponto turístico da cidade, a Orla de Porto Nacional, mais precisamente na Avenida Monte do Carmo,

esta recebe veículos leves e pedestres além de tráfego de ciclistas, e tem uma extensão média de 16 m de comprimento.

Figura 13: Vista aérea em 2D, ponte situada na Avenida Monte do Carmo Porto Nacional - TO



Fonte: Google Earth (2021).

Figura 14: Vista frontal, ponte situada na Avenida Monte do Carmo Porto Nacional - TO



Fonte: Google Earth (2021).

4.2 PARÂMETROS PARA ESCOLHA

1. Estar situada nos limites do município de Porto nacional – TO;
2. Trânsito fluente de veículos e pedestres;
3. Estar em funcionamento;
4. Ter uma extensão entre 10 e 50 m;
5. Ter manifestações patológicas visíveis;
6. Fácil acesso a informações junto aos órgãos do município;

4.3 LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES

As informações serão coletadas em duas etapas distintas. Na primeira etapa será levantada todas as informações das estruturas das pontes.

Na segunda parte da pesquisa será feito o levantamento através de inspeções visuais detalhadamente com visita in loco, no segundo semestre de 2021.

4.4 INSPEÇÕES

Para a NBR 9452 (2019) são elencados quatro tipos de inspeção, são elas, cadastral, rotineira, especial e extraordinária. Já segundo o DNIT (2004) são classificados em cinco, tendo a intermediária acrescentada.

Usando como parâmetro essas duas normativas, será realizada uma inspeção rotineira nas obras de artes apresentadas na metodologia, na qual se trata de uma avaliação periódica e visual. Observando assim o aparecimento de novas patologias que possam vir a surgir e também as já observadas anteriormente, posteriormente realizando o preenchimento da ficha de inspeção rotineira apresentada em anexo.

4.3 MAPAS DE DANOS

O mapa de danos consiste em uma análise visual obtidas através de imagens, e também gráfico fotográficas a fim de apresentar e discriminar as anomalias existentes na obra de forma sucinta e rigorosa. O mapa dá uma visão em vistas de planta, cortes, fachadas e perspectiva da localização e anomalias no objeto de estudo. O que facilita a manutenção, reparos e reforços dela.

4.4 RESUMO DAS NORMAS

As cargas moveis ou trens tipos são as cargas móveis verticais a serem consideradas no projeto, verificação e reforço da estrutura. A tabela 3 tem o resumo das normas adotando as cargas móveis e os coeficientes de impacto usados por elas.

Através do levantamento histórico poderá ser detectado a norma utilizada na elaboração dos projetos. Desta forma, será possível identificar as condições de carga suportada e as que estão transpondo a ponte neste momento. Fato importante, pois uma carga superior ao que foi projetado poderá gerar problemas estruturais e levar até mesmo ao colapso da ponte.

Tabela 3 - Resumo das normas

NORMA	CARGAS MOVEIS	COEFICIENTE DE IMPACTO
NB6/60	36 TF	$\emptyset=1,4-0,007 L$ $L\emptyset=1,4-0,007 L$
NBR 7188/2013	45 TF	<p>$CIV=1,35$ $CIV=1,35$ (Para vãos < 10m);</p> <p>$CIV=1+1,06 \times 20L+50$ $CIV=1+1,06 \times 20L+50$ (Para vãos \geq 10m);</p> <p>$CIA=1,25$ $CIA=1,25$ (Para estrutura de concreto e/ou mista);</p> <p>$CNF=1-0,05(n-2) > 0,9$ $CNF=1-0,05n-2 > 0,9$</p> <p>$\emptyset=CIV \times CNF \times CIA$ $\emptyset=CIV \times CNF \times CIA$</p>

Fonte: Elaborada pelo autor.

5. CRONOGRAMA

Quadro 5 - Carga dos veículos e cargas uniformemente distribuídas (ABNT, 1982)

ETAPAS	2021								
	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	AGO	SET	OUT	NOV
Escolha do Tema	■								
Pesquisa Bibliográfica		■							
Elaboração do projeto de pesquisa		■	■	■					
Elaboração da apresentação				■					
Apresentação do Projeto				■					
Registro Fotográfico e Mapa de Danos						■			
Evolução das cargas e Ficha de Inspeção						■	■		
Elaboração do Artigo						■	■	■	
Apresentação final do Artigo									■

Fonte: Elaborado pela autor.

6. RESULTADOS ESPERADOS

É esperado que as pontes inspecionadas estejam de acordo com o que se pede na norma em termos de inspeções rotineiras, caso não estejam e constatados que por esse motivo as estruturas estejam apresentando patologias, propor uma solução que seja viável economicamente.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NB-6**: Carga móvel rodoviária e de pedestre em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas. Rio de Janeiro, 1943.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NB-6**: Carga móvel rodoviária e de pedestre em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas. Rio de Janeiro, 1960.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7188**: Carga móvel rodoviária e de pedestre em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas. Rio de Janeiro, 2013.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7187**: Projeto de pontes de concreto armado e de concreto protendido – Procedimento. Rio de Janeiro, 2003.

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

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14931**: Execução de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2004.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655**: Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento. Rio de Janeiro, 2015.

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

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: Edificações habitacionais – Procedimento. Rio de Janeiro, 2013.

BRASIL. **Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT. Manual de inspeção de pontes rodoviárias**, 2. ed. Rio de Janeiro, 2004.

BRANDÃO, A. M. S., **Qualidade e Durabilidade das Estruturas de Concreto Armado – Aspectos Relativos ao Projeto** –. Dissertação (Mestre em Engenharia de Estruturas). São Carlos, 1998.

BEIER, M., TIMERMAN, J., **Considerações sobre a revisão da ABNT NBR 7188**, 2012. Disponível em: http://www.deecc.ufc.br/Download/TB803_Pontes%20Nova%20NBR7188.pdf Acesso em: 4 de maio de 2021.

DAL MOLIN, D.C.C. *et al.* Contribuição à Previsão da Vida Útil de Estruturas de Concreto. **Chapter**, p.223-270, ago. 2016. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/305674035> Acesso em: 5 de maio de 2021.

GONÇALVES, E. A. B. **Estudo de patologias e suas causas nas estruturas de concreto armado de obras de edificações**. 174 f. TCC (Graduação) Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10014879.pdf> Acesso em: 6 de maio de 2021.

PFEIL, W. **Pontes em concreto armado**: elementos de projetos, solicitações, dimensionamento. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1979.

ROCHA, B. dos S. **Manifestações patológicas e avaliação de estruturas de concreto armado**. 76 f. Monografia. Curso de Especialização em Construção Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, 2015.

SANTOS, C. F. dos. **Patologia de estruturas de concreto armado**. 91 f. TCC (Graduação) Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2014. Disponível em: <http://coral.ufsm.br/engcivil/images/PDF/2_2014/TCC_CAMILA%20FREITAS%20DOSANTOS.pdf> Acesso em: 6 de maio de 2021.

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

TRINDADE, D.S. **Patologias em Estruturas de Concreto Armado**. 88 f. TCC (Graduação) Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2015.

TINOCO, J. E. L. Mapa de Danos: recomendações básicas. **Centro de Estudos Avançados da Conservação Integrada**, Olinda, v. 43, p. 2-21, 2009.

VASCONCELOS, F. de O. **Análise das manifestações patológicas em pontes de concreto armado – estudo de caso**. 71 f. TCC (Graduação) Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Alagoas, Delmiro Gouveia, 2018.

ANEXOS

NBR 9452 (2019) – FICHA DE INSPEÇÃO ROTINEIRA

Figura 15: Ficha de inspeção rotineira – Parte I

Modelo de ficha de inspeção rotineira – Parte I

Ficha de inspeção rotineira		
1	Inspeção rotineira (ano):	Código da obra de arte:
2	Jurisdição (Órgão, Concessão ou outro):	Data da inspeção:
Parte I – Cadastro		
A – Identificação e localização		
3	Via e município:	Sentido:
4	Obra:	Localização (km e coordenadas geográficas):
B – Histórico das inspeções		
5	Inicial:	Última rotineira:
6	Especial:	
C – Descrição das intervenções executadas ou em andamento		
7	Reparos:	Material:
8	Alargamentos:	
9	Reforços:	

Fonte: NBR 9452/2019

Figura 16: Ficha de inspeção rotineira – Parte II

Modelo de ficha de inspeção rotineira – Parte II

Ficha de inspeção rotineira	
Parte II – Registro de manifestações patológicas	
A – Elementos estruturais	
10	Superestrutura:
11	Mesoestrutura:
12	Infraestrutura:
13	Aparelhos de apoio:
14	Juntas de dilatação:
15	Encontros:
16	Outros elementos:
B – Elementos da pista ou funcionais	
17	Pavimento:
18	Acostamento e refúgio:
19	Drenagem:
20	Impermeabilização:
21	Guarda-corpos:
22	Barreira de concreto/ Defesa metálica:
C – Outros elementos	
23	Taludes:
24	Iluminação:
25	Sinalização:
26	Gabarito:
27	Proteção de pilares:
D – Informações complementares	
28	
E – Recomendações de terapia	
29	

Fonte: NBR 9452/2019

Figura 17: Ficha de inspeção rotineira – Parte III

Modelo de ficha de inspeção rotineira – Parte III

Ficha de inspeção rotineira		
Parte III – Classificação da obra de arte		
30	Estrutural:	Funcional: Durabilidade:
31	Justificativas:	
Levantamento fotográfico (mínimo 8 fotografias)		
32		
	Identificação:	
33		
	Identificação:	
34		
	Identificação:	
35		
	Identificação:	
36		
	Identificação:	
37		
	Identificação:	
38		
	Identificação:	
39		
	Identificação:	

Fonte: NBR 9452/2019

MANUAL DE INSPEÇÃO DE PONTES RODOVIÁRIAS – DNIT (2004)

FICHA DE INSPEÇÃO ROTINEIRA EXPEDITA

Figura 18: Ficha de inspeção rotineira expedita

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

COMENTÁRIOS GERAIS		NOTA TÉCNICA
a) Condições de Estabilidade: <input type="checkbox"/> Boa <input type="checkbox"/> Sofrível <input type="checkbox"/> Precária Condições de Conservação: <input type="checkbox"/> Boa <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Sofrível <input type="checkbox"/> Ruim b) Nível de Vibração do Tabuleiro: <input type="checkbox"/> Normal <input type="checkbox"/> Intenso <input type="checkbox"/> Exagerado c) Inspeção Especializada (Realizada por Engenheiro de Estruturas). Necessária? <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO Urgente? <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO Já houve alguma anteriormente? <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO		
OBSERVAÇÕES ADICIONAIS: _____		

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

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

Fonte: DNIT, 2004.

Figura 19: Ficha de inspeção rotineira expedida

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

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

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

ESQUEMAS

Fonte: DNIT, 2004.