



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

TALUANE GOMES DA SILVA

**ESTUDO DAS PATOLOGIAS EM CONCRETO ARMADO DA PONTE SOBRE O
RIO TOCANTINS EM PORTO NACIONAL-TO**

**PORTO NACIONAL-TO
2019**

TALUANE GOMES DA SILVA

**ESTUDO DAS PATOLOGIAS EM CONCRETO ARMADO DA PONTE SOBRE O
RIO TOCANTINS 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
2019**

TALUANE GOMES DA SILVA

**ESTUDO DAS PATOLOGIAS EM CONCRETO ARMADO DA PONTE SOBRE O
RIO TOCANTINS 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: Alesi Teixeira Mendes

Engenheira Civil: Fablynne Yanne Ribeiro Milhomens

PORTO NACIONAL-TO

2019

RESUMO

As pontes são destinadas para transpor um obstáculo natural como córrego, vale, rios e etc. Estão sujeitas a ações que provocam o aparecimento de deformações nas estruturas e assim, é preciso manutenção para manter o estado atual da obra. Ademais, a ausência de manutenção reduz a vida útil das Obras de Arte Especiais (OAE's) e na maioria dos casos acontece o abandono da estrutura. Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo principal estudar as patologias através de um estudo de caso com pesquisas na literatura técnica, inspeção visual e registro fotográfico da Ponte sobre o Rio Tocantins de Porto Nacional – TO, situada na TO-255. Logo, apresentar as principais causas de patologias que levaram a deterioração e as problemáticas como fissuras, trincas, rachaduras, corrosão da armadura, dilatação, erros construtivos, causas naturais, físicas e biológicas, desgaste do concreto, entre outros. Realizando inspeção seguindo prescrições da NBR 9452 (2016) e Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias (DNIT-2004). Observa-se que, estes problemas em sua maioria são ocasionados por falta de manutenção, ocorrência de erros de projeto ou de execução.

Palavras – chave: Pontes, Concreto Armado, Patologias.

ABSTRACT

The bridges are designed to bridge a natural obstacle such as stream, valley, rivers and so on. They are subject to actions that provoke the appearance of deformations in the structures and thus, maintenance is necessary to maintain the current state of the work. In addition, the absence of maintenance reduces the useful life of Special Works of Art (OAE's) and in most cases the abandonment of the structure happens. In this context, this work has as main objective to study the pathologies through a case study with researches in the technical literature, visual inspection and photographic record of the Bridge over the Tocantins River of Porto Nacional - TO, located in TO-255. Therefore, to present the main causes of pathologies that have led to deterioration and problems such as cracks, cracks, cracks, corrosion of the reinforcement, dilation, constructive errors, natural, physical and biological causes, wear of concrete, among others. Performing inspection following the requirements of NBR 9452 (2016) and Manual of Inspection of Road Bridges (DNIT-2004). It is observed that, these problems are mostly caused by lack of maintenance, the occurrence of design or execution errors.

Key words: Bridges, Armed Concrete, Pathologies.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Seção transversal	13
Figura 2 - Detalhe 3 da seção transversal.....	14
Figura 3 - Esquema para formação do trem-tipo.....	14
Figura 4 - Identificação das partes constituintes da ponte	15
Figura 5 - Etapas de projeto, execução e uso das obras de construção	18
Figura 6 - Vida útil de projeto mínima e superior	26
Figura 7 - disposição das cargas dos veículos da AASHTO (2012).....	28
Figura 8 - Compressor e caminhão utilizado no trem-tipo segundo NB6/43 (ABNT, 1943)	30
Figura 9 - Caminhões utilizados no trem-tipo segundo NB-6/60	31
Figura 10 - Disposição em planta segundo NB6/60 (ABNT, 1960)	31
Figura 11 - Caminhões utilizados no trem-tipo segundo ABNT NBR 7188	32
Figura 12 - Veículo e multidão em planta (ABNT, 1984)	32
Figura 13 - Cargas móveis	33
Figura 14 - Localização da ponte sobre o Rio Tocantins em Porto Nacional – TO ...	36
Figura 15 - Vista lateral da ponte	36
Figura 16 - Equipamento utilizado (Drone Mavic Pro).....	38
Figura 17 - Ficha de inspeção rotineira	46
Figura 18 - Ficha de inspeção rotineira	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Vida útil de projeto americana, BS 7543	27
Tabela 2 - Vida útil de projeto pela norma Europeia	27
Tabela 3 - Carga dos veículos e cargas uniformemente distribuídas (ABNT, 1982) .	32
Tabela 4 - Resumo das Normas.....	39

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Orçamento dos recursos gastos com a pesquisa	40
Quadro 2 - Cronograma da pesquisa	41

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	12
2.1 OBJETIVO GERAL	12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
3 REFERENCIAL TEÓRICO	13
3.1 PONTES DE CONCRETO ARMADO	13
3.2 OBRAS PROJETADAS	13
3.1.1 Características Gerais	13
3.1.2 Seção Transversal	13
3.1.3 Cargas Móveis	14
3.3 ELEMENTOS CONSTITUINTES DAS PONTES	15
3.4 INSPEÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO	15
3.5 TIPOS DE INSPEÇÃO E PERIODICIDADE	16
3.5.1 Inspeção Cadastral	16
3.5.2 Inspeção Rotineira	16
3.5.3 Inspeção Especial	17
3.5.4 Inspeção Extraordinária	17
3.6 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS	17
3.6.1 Falhas de Projeto	18
3.6.2 Falhas de Execução	19
3.6.3 Falhas de Utilização e Manutenção	20
3.7 PROPRIEDADES E DETERIORAÇÃO DOS MATERIAIS	20
3.7.1 Propriedades do Concreto	20
3.7.2 Processos de Deterioração do Concreto	23
3.7.3 Corrosão das Armaduras do Concreto	24
3.7.4 Deterioração do Concreto Protendido	24
3.7.5 Desagregações	24
3.7.6 Carbonatação	25
3.7.7 Reação álcali-agregado	25
3.8 VIDA ÚTIL	26
3.9 EVOLUÇÃO DAS NORMAS	27
3.9.1 Norma Internacional	28
3.9.2 Mudanças na NBR 7188	29

4. METODOLOGIA	36
4.1 LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES.....	37
4.2 INSPEÇÕES	37
4.2.1 Uso de VANT.....	37
4.2.2 Mapa de danos	38
4.3 RESUMO DAS NORMAS.....	38
5. ORÇAMENTO	40
6. CRONOGRAMA	41
7. RESULTADOS ESPERADOS	42
REFERÊNCIAS.....	43
ANEXOS	46

1 INTRODUÇÃO

A Ponte sobre o Rio Tocantins que faz interligação de Pinheirópolis a Porto Nacional no Estado do Tocantins, construída no ano de 1976 ainda no Governo de Goiás, possui 900 metros de extensão, 13m de largura, pista de rolamento de 10m e classe de 36 toneladas, observada a uma altura superior a 42 metros do nível da água, teve um investimento de 170 milhões de reais. Assim, a antiga GO-262 foi um fator de grande desenvolvimento para o Estado que derrubou o isolamento de vários municípios e aumentou a mobilidade juntamente com a economia do atual Estado o Tocantins, TO-255.

As pontes são de grande importância para o desenvolvimento das distintas regiões, pois a estrutura tem por finalidade a transposição de um obstáculo natural como rio, mar, lago etc. Ademais, é preciso fazer manutenção que é atividade destinada para manter o estado atual da obra e a sua ausência reduz a vida útil, tornando a ponte deficiente por razões estruturais. Logo, seguindo a necessidade de restauração, reforço ou substituição da obra.

Segundo DNIT (2004), para garantir o desempenho satisfatório de uma estrutura, especialmente as pontes da obra até o fim de sua vida útil é preciso que três atividades sejam realizadas por profissionais competentes e habilitados, são elas o projeto, a construção e manutenção. Os maus projetos, construção descuidada e a falta de manutenção geram diversas patologias como consequência.

Portanto, foi realizada uma vistoria na Ponte de Porto Nacional - TO onde constatou-se várias patologias. Tal constatação foi realizada por análise visual, devido a quantidade de fissuras, trincas, corrosão das armaduras, esmagamento do concreto nas juntas de dilatação e etc. Com o objetivo de apresentar as causas dessas patologias que levaram a deterioração da ponte foi desenvolvido um estudo a partir de pesquisas na literatura técnica e serão descritos de acordo com a norma NBR 9452 (2016) e Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias (DNIT, 2004).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Compreender as patologias causadas por erros de projeto, execução e/ou manutenção na Ponte sobre o Rio Tocantins em Porto Nacional – TO e analisar os pontos críticos a partir de visita *in loco* seguindo as diretrizes da NBR 9452 (2016) e o manual de inspeção de Pontes Rodoviárias (DNIT – 2004).

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar relatórios de inspeção com base na NBR 9452 (2016) e Manual de inspeção de Pontes Rodoviárias (DNIT – 2004);
- Realizar levantamento fotográfico das patologias;
- Elaborar Mapa de Danos com base no registro fotográfico;
- Descrever a evolução das cargas móveis, apresentando de forma estatística os acréscimos gerados ao longo dos anos.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 PONTES DE CONCRETO ARMADO

De acordo com a NBR 7187 (2003) elementos básicos de projeto devem conter todas as informações necessárias para aprovar a obra e deliberar suas características funcionais e técnicas. Incluindo projeto geométrico completo, dados geotécnicos, geológicos e hidrológicos, levantamentos topográficos e de interferências, gabaritos em altura e largura e outros condicionantes de projeto. Para mais, levar em consideração na elaboração do projeto características regionais, mão de obra, disponibilidade de materiais e condições de acesso à obra.

3.2 OBRAS PROJETADAS

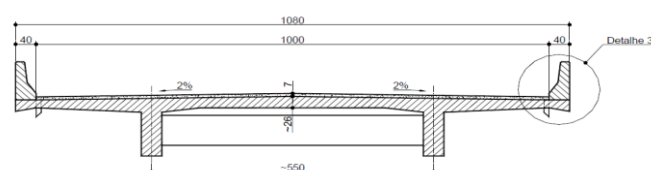
De acordo com o DNIT (2004) as obras projetadas de 1975 a 1985 em geral possuem as seguintes diretrizes.

3.1.1 Características Gerais

- Seção Transversal: largura total $\geq 10,80\text{m}$ e largura de pista $\geq 10,00\text{m}$ e duas barreiras tipo New Jersey, de $0,40\text{m}$;
- Normas Brasileiras: NB-1/1978, NB-2/1960 E NB-6/1960; Pontes Classe 36;
- Cargas Móveis: Veículo de 36 tf e Multidão de $0,5\text{tf/m}^2$ e de $0,3\text{tf/m}^2$;
- Coeficiente de Impacto: $\phi = 1,4 - 0,007 L$.

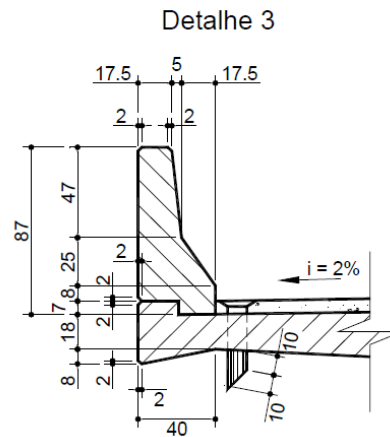
3.1.2 Seção Transversal

Figura 1: Seção Transversal



Fonte: DNIT (2004).

Figura 2: Detalhe 3 da seção transversal



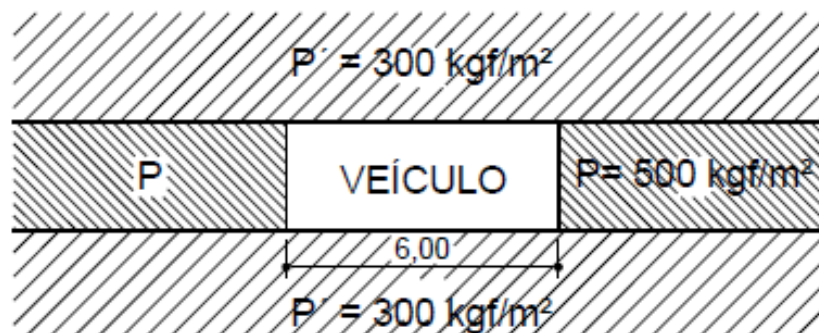
Fonte: DNIT (2004).

- Largura da pista com incorporação parcial de acostamentos;
- Barreiras tipo New Jersey, com pingadeiras;
- Laje com declividades e sobrelaje de pequena espessura;
- Drenos evitando saias de aterro;
- Transversinas desligadas da laje.

3.1.3 Cargas Móveis

O trem-tipo compõe-se de um Veículo de 36tf, Multidão de 500kgf/m² na pista e Multidão de 300kgf/m² nos passeios.

Figura 3: Esquema para formação do Trem-Tipo



Fonte: DNIT (2004).

3.3 ELEMENTOS CONSTITUINTES DAS PONTES

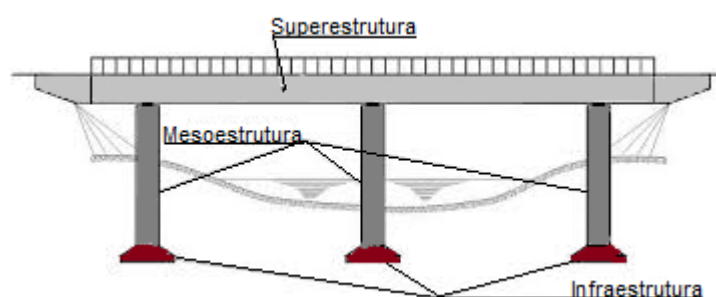
Segundo Gorges (2005), a ponte divide-se em seus três elementos estruturais a infraestrutura, mesoestrutura e superestrutura, indicados na figura 4.

Infraestrutura, ou fundação, tem como função transmitir para o solo os esforços provenientes de vários carregamentos atuantes na estrutura. E podem ser diretas como, sapatas e blocos, indiretas (estacas) e profundas (tubulões). Além disso, as peças de ligação também fazem parte da infraestrutura (blocos de coroamento de estacas e vigas de ligação).

A mesoestrutura que é constituída pelos apoios, elementos mais utilizados no sentido vertical, podem também ser utilizados inclinados. Ademais, transmitem os esforços da superestrutura para fundação e podem ser pórticos, pilares-paredes, torres, paliçadas e pilares únicos ou em T.

A superestrutura é a parte situada acima dos apoios e recebe diretamente as cargas e esforços oriundos do tráfego. Constituída por um conjunto de tabuleiros, juntas de dilatação, elementos de captação e drenagem, dispositivos de proteção, entre outros.

Figura 4: Identificação das partes constituintes da ponte



Fonte: Adaptada de Vitório (2002).

3.4 INSPEÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO

Segundo Giovannetti (2014), a inspeção é um conjunto de métodos técnicos, realizados conforme um estudo já definido, onde contém informações sobre a obra em um determinado instante. Nesse contexto, as obras de arte especiais exigem cuidados e grande importância na inspeção com procedimentos de

manutenção para preservar a funcionalidade e vida útil da estrutura (MENDES et al., 2009).

De acordo com o DNIT (2004), a inspeção de uma ponte deve ser realizada de forma organizada e sistemática, de maneira para garantir que toda a estrutura seja inspecionada de acordo com as fichas de inspeção. Além disso, o documento fotográfico deve ser completo e abrangente, fazer verificações se há vibrações durante uma passagem de carga pesada e efetuar limpeza para verificação de corrosões, trincas, entre outros.

3.5 TIPOS DE INSPEÇÃO E PERIODICIDADE

A NBR 9452 (2016), denota quatro tipos de inspeção: cadastral, rotineira, especial e extraordinária.

3.5.1 Inspeção Cadastral

Primeira inspeção da obra a qual deve ser feita imediatamente após a sua conclusão ou assim que agrupa um sistema viário de acompanhamento e monitoramento. E também, quando houver alterações na configuração da obra como reforço, mudança no sistema estrutural, alargamentos e acréscimos de comprimentos. Além disso, é vastamente documentada e deve conter registro fotográfico, classificação da OAE, entre outros.

3.5.2 Inspeção Rotineira

Inspeção programada com acompanhamento periódico em intervalo de tempo adequado, com intuito de coletar com ou sem equipamentos análises ou observações para identificar ou mesmo verificar qualquer tipo de anomalia desenvolvida ou já observada anteriormente. Ademais, feitas visualmente, deve conter introdução contendo informações básicas, registro fotográfico, classificação da OAE, comentários quanto a eventuais alterações em relação à anterior, entre outros.

3.5.3 Inspeção Especial

Inspeção que possui uma periodicidade de cinco anos, podendo ser prorrogado por oito anos em alguns casos (descritos no item 4.3 inspeção visual da norma NBR 9452 (2016)), para pontes consideradas excepcionais. Além disso, deve ser detalhada e contemplar mapeamento gráfico e quantidade de anomalias de todos os elementos para fazer o diagnóstico e prognóstico da estrutura.

3.5.4 Inspeção Extraordinária

“A inspeção extraordinária é uma inspeção não programada, que deve ser efetuada quando ocorrem danos estruturais repentinos, provocados pelo homem ou meio ambiente” DNIT, (2004, p.22), gerada a partir de demandas como ocorrência de impacto na obra, ocorrência de eventos naturais e necessidade de avaliar com mais critério um elemento. Além disso, a equipe deve possuir competência para efetuar a avaliação da gravidade dos danos, bem como limitar as cargas, interromper e reestabelecer o tráfego, até mesmo fazer solicitação de inspeção especial.

3.6 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

Segundo Trindade (2015), patologia do concreto armado é a área que estuda as causas, sintomas, mecanismos e origens das manifestações patológicas encontrados nas estruturas. Ressaltando que existe a possibilidade de diversos fatores serem os responsáveis por um dano qualquer e podem vir a causar transtornos aos usuários que usufruem, de pequenas patologias a grandes problemas que podem ocasionar o colapso da estrutura.

De acordo Giovanneti (2014), uma falha de projeto durante a construção de um simples detalhe, descuido ou desconhecimento por partes dos responsáveis e encarregados, podem levar ao aparecimento de defeitos que se não forem corrigidos e tratados, geram problemas maiores para construção e/ou até mesmo à ruína da estrutura.

Além disso, as manifestações patológicas podem surgir em qualquer das três principais etapas da obra que são a de projeto, execução e manutenção identificados na Figura 5.

Figura 5 - Etapas de projeto, execução e uso das obras de construção



Fonte: (Adaptado de GIOVANNETTI, 2014).

3.6.1 Falhas de Projeto

As estruturas de concreto armado para atender aos requisitos de qualidade impostos, os projetos devem seguir as diretrizes da norma NBR 6118 (2014) e em outras específicas e complementares.

Segundo Trindade (2015), as manifestações patológicas que são causadas na concepção de projeto nas estruturas de concreto armado são resultados de um mau planejamento, desconhecimento, falhas técnicas ou negligência do mesmo. Além disso, essas falhas congênitas são devido à falta de verificação às normas vigentes e um estudo inadequado das condições locais. Esses problemas patológicos terão consequências com difíceis soluções e com um valor alto de custo para reparo.

Logo, várias falhas podem ocorrer durante a concepção do projeto da estrutura. Gonçalves (2015) cita exemplos de falhas de projeto:

- Má definição das ações atuantes ou combinação mais desfavorável para a estrutura;
- Deficiência na avaliação de resistências do solo, podendo levar, por exemplo, a recalques inesperados ao longo da construção e nos primeiros anos de vida da edificação;
- Adoção de peças com espessura de cobrimento e relação água/cimento incompatíveis com tempo e as condições de exposição da estrutura;

- Especificação inadequada de materiais;
- Dimensionamento que leva a grandes deformações na estrutura, levando ao surgimento de fissuras (peças esbeltas e utilização de grandes vãos);
- Utilização de juntas estruturais sujeitas à infiltração de água, próximas aos elementos estruturais;
- Falta de compatibilização entre os projetos (arquitetônico, estrutural, hidrossanitário, elétrico, entre outros);
- Detalhes construtivos impossíveis de serem executados.

3.6.2 Falhas de Execução

A NBR 14931 (2004) define para execução da estrutura de concreto todas as atividades desenvolvidas na mesma, ou seja, sistema de armaduras, fôrmas, cura, concretagem e etc., bem como as respectivas inspeções e documentação necessária. Falhas construtivas nessa fase da obra podem gerar graves problemas danosos ao desempenho da estrutura.

Segundo Gonçalves (2015) é de suma importância dar ênfase que falhas de concretagem podem acarretar consequências sérias na estrutura, sobretudo em regiões de difícil acesso à inspeção e/ou agressivas.

A NBR 12655 (2015) descreve que o concreto para fins estruturais deve ter todas as propriedades e características definidas de maneira explícita antes de iniciar as operações de concretagem. Ademais, os responsáveis técnicos e proprietário da obra devem cumprir as normativas desta e documentação para garantir e comprovar o controle tecnológico do concreto. Assim, descreve as etapas de execução do concreto:

- Caracterização dos materiais componentes;
- Estudo de dosagem;
- Ajuste e comprovação do traço;
- Elaboração do concreto.

No tocante à armação dos elementos estruturais, cuidados importantes estão relacionados com a correta disposição da ferragem, a conformidade da quantidade e diâmetro nominal das barras com o pedido no projeto estrutural, a correta execução do cobrimento da armadura, que servirá de proteção contra agentes de despassivação (cloretos e CO₂), pois quanto maior o cobrimento e melhor a qualidade do concreto maior será o intervalo de tempo,

caso agentes agressores incidam, para que esses cheguem à armadura acarretando o processo corrosivo na mesma. (GONÇALVES, 2015, p. 56).

Logo, o não seguimento desses parâmetros podem levar a perda de resistência e levar a estrutura ao colapso, em casos de elementos vitais como os pilares. Além disso, a mão de obra deve ser qualificada e os responsáveis técnicos devem estar atentos a todas informações contidas no projeto.

3.6.3 Falhas de Utilização e Manutenção

Após a conclusão da execução da estrutura só cabe aos usuários cuidados quando utilizar para que mantenha as características originais durante sua vida útil. E, também, garantir para que os carregamentos previstos não sejam ultrapassados e sejam feitas manutenções, já que durante sua vida útil o desempenho tende a diminuir.

A NBR 5674 (1999) determina manutenção um conjunto de atividades a serem realizadas para conservar ou recuperar a capacidade funcional da edificação e de suas partes constituintes de atender as necessidades e segurança dos seus usuários.

Ademais, a ausência de manutenção adequada pode deixar a ponte deficiente por razões funcionais ou estruturais e segue a necessidade de reforço, restauração e/ou substituição da obra.

3.7 PROPRIEDADES E DETERIORAÇÃO DOS MATERIAIS

Conforme DNIT (2004), o desempenho de uma ponte, sujeita a deterioração, cargas móveis e agressividade do meio ambiente, sofre influências físicas e mecânicas dos materiais utilizados na sua construção. O conhecimento dessas propriedades e possíveis vantagens e desvantagens da utilização de distintos materiais usados na construção, é de suma importância para fazer uma inspeção confiável. O estudo prévio, admite que o inspetor avalie as causas e consequências da deterioração, bem como, a progressão e quais medidas devem ser tomadas.

3.7.1 Propriedades do Concreto

a) Composição do concreto

O concreto é uma mistura de ingredientes que reagem quimicamente para formar um material durável, resistente e forte, sendo o cimento o principal dessa composição, além de agregados, água e o ar incorporado. Podendo também ser acrescentado o uso de adições e aditivos para melhorar suas propriedades (DNIT, 2004).

O Cimento Portland é o tipo mais utilizado nas construções e normalizados pela ABNT são o Comum, o de Alto-Forno, Pozolânico, Composto, Alta Resistencia, Baixo Calor de Hidratação e o Resistente a Sulfatos, deve-se utilizar o que atende as propriedades e função desejada, para concreto e/ou argamassa. Já, o segundo ingrediente é a água, que deve ser evitada água contaminada, pois pode gerar consequências indesejadas.

O terceiro são os agregados que devem ter certas características para garantir um concreto resistente e durável, por exemplo, granulometria uniforme, estabilidade química, boas resistências à abrasão e às intempéries, limpeza e textura não porosa. Os agregados típicos e mais conhecidos são, pedra britada, areia, escória de alto forno resfriada e seixo rolado. Por fim, o quarto ingrediente é o ar, que em pequenas quantidades e com distribuição uniforme, provoca melhor trabalhabilidade, redução na fissuração, aumento na durabilidade e redução na segregação da água.

b) Propriedades Físicas

As principais propriedades físicas do concreto são:

- Sensibilidade à variação de temperatura: o concreto se expande com o aumento da temperatura e se contrai com sua redução;
- Porosidade: em consequência da existência de ar entranhado, a pasta de cimento nunca preenche completamente os espaços entre as partículas do agregado, permitindo a absorção da água e a passagem da água sob pressão;
- Sensibilidade à umidade: o concreto se expande com o aumento da umidade e se contrai com sua redução;
- Resistência ao fogo: um concreto de boa qualidade tem grande resistência aos efeitos do calor, tanto no que se refere à temperatura como ao tempo de incidência; entretanto, temperaturas superiores a 350°C, e exposição prolongada podem ser prejudiciais.

c) Propriedades Mecânicas

As principais propriedades mecânicas do concreto são:

- Resistência: o concreto simples, normal e sem armadura, tem uma resistência à compressão variando de 15MPa a 30MPa, atualmente há concretos de alta resistência variando de 50MPa a 80MPa e concreto de alto desempenho atingindo cerca de 200Mpa;
- Elasticidade: no regime elástico, isto é, na amplitude do uso normal, o concreto tem a propriedade de se deformar e de recuperar a configuração inicial;
- Fluência: o concreto está sujeito a uma deformação continuada, que pode atingir de 100% a 200% da deformação elástica inicial, quando sob a aplicação de uma carga sustentada;
- Isotropia: o concreto simples, sem armadura, tem as mesmas propriedades mecânicas, qualquer que seja a direção da aplicação da carga;
- Aumento de Resistência: o aumento da quantidade de cimento, a melhoria da qualidade dos agregados, a redução do fator água-cimento, a redução da quantidade de ar entranhado, a incorporação de aditivos e o maior tempo de cura, são os principais fatores que possibilitam um aumento de resistência do concreto.

d) Concreto Armado e Protendido

O concreto, possui uma grande resistência à compressão, sendo um excelente material para as construções. Porém, tem baixa resistência à tração e assim, possuindo a necessidade de uso das armaduras de aço nas zonas tracionadas. Os aços que possuem maior resistência mecânica sugerem o uso de concreto de melhor qualidade. Ademais, dificultam o aparecimento de fissuras e implica em menores aberturas, pois são melhores distribuídas.

Já no concreto protendido é adquirido através do emprego de forças externas de compressão em uma peça de concreto convencional, como diversas vantagens como impedindo o aparecimento de fissuras, permite o uso de peças mais leves, deformações menores e quantidades menores de armaduras passivas.

3.7.2 Processos de Deterioração do Concreto

a) Fissuração

A fissura pode ser inevitável devido as tensões de tração na estrutura de concreto convencional e é uma fratura linear que pode se ampliar completamente ou parcialmente através do elemento.

Segundo Lapa (2008), a NB-1/78 considera nociva quando a abertura na superfície do concreto armado ultrapassa 0,1mm para peças não protegidas em meio agressivo, 0,2mm para peças não protegidas em meio não agressivo e 0,3mm para peças protegidas. Já as normas internacionais são mais tolerantes, permitindo uma abertura de fissuras de 0,2mm em estruturas protendidas.

E de acordo a NBR 6118 (2014) são dados valores sendo os limites para abertura característica W_k das fissuras, para que as armaduras sejam protegidas quanto à corrosão e na Tabela 13.4 da mesma descreve esses valores-limites.

As fissuras que podem ser vistas sem a necessidade de instrumentos, as médias e grandes, devem ser mapeadas e a presença de anomalias na estrutura devem ser anotadas. As suas causas podem ser diversas e de difícil identificação, porém, as mesmas causas determinam padrões idênticos. As principais causas são:

- Cura deficiente;
- Retração;
- Expansão;
- Variações de temperatura;
- Ataques químicos;
- Excesso de carga;
- Erros de projeto;
- Erros de execução;
- Recalques diferenciais.

Segundo DNIT (2004), as fissuras causadas pelas tensões provocadas pela carga móvel e permanente, ou seja, de origem estrutural são as fissuras de flexão que são verticais e inicia na zona de momento fletor máximo e avançam até a zona de compressão, força cortante são inclinadas e pode vir a ter uma ruptura frágil e Torção que possui direções contrárias nas faces opostas da força cortante.

3.7.3 Corrosão das Armaduras do Concreto

As armaduras das estruturas de concreto armado estão protegidas pelo cobrimento, que é um impedimento físico contra agentes externos e ação química que causa sua deterioração, proporcionada pela alcalinidade presente no concreto. O oxigênio, a água e os íons cloreto exercem funções na corrosão das armaduras e mesmo fissuração do concreto, assim a necessidade importantíssima de fazer o controle tecnológico adequado na execução do concreto (DNIT, 2004).

A corrosão de armaduras obedece um ranking como a terceira patologia de maior ocorrências nas estruturas de concreto armado, segundo consta em bibliografias. As consequências das manifestações patológicas ocorrem na forma de manchas superficiais causadas pelos produtos de corrosão, destacamento do cobrimento, fissuras, rompimento de estribos, redução da seção resistente, redução/perda de aderências das armaduras principais (DNIT, 2004).

Segundo Lapa (2008), o tratamento da corrosão, sugere na remoção de concreto, com limpeza e até mesmo, substituição e recomposição das partes. Porém, qualquer tipo de tratamento somente é iniciado após inspeção e com projeto para especificações.

3.7.4 Deterioração do Concreto Protendido

De acordo DNIT (2004), elementos de concreto protendido podem ter sua capacidade diminuída pela deterioração do concreto e certos fenômenos já conhecidos, porém não são avaliados corretamente. Ademais, são sensíveis à corrosão e à fadiga em fissuras isoladas. Algumas causas de deterioração de elementos de concreto protendido podem ter como consequência um colapso, onde são elas a retração do concreto, corrosão do aço de proteção, perda de aderência entre o aço tensionado e o concreto, fluência do concreto e relaxação do aço de protensão.

3.7.5 Desagregações

A desagregação do concreto quando ocorre é uma prova que houve um ataque químico e quando acontece, os agregados ficam livres devido o concreto

perder seu estado de aglomerante. Se inicia na superfície dos elementos com mudança na sua coloração, seguindo de um empolamento das camadas externas e maior abertura das fissuras. E após a desintegração onde os componentes perdem a coesão e o conjunto a resistência, provocando a destruição do cimento (DNIT, 2004).

As principais causas são a presença de sulfatos e cloretos. As reações químicas expansivas dos sulfatos que podem ser encontrados em locais naturais e na composição do concreto é que ajudam a vir ocorrer as trincas no concreto (GUILHERME, MENDES, 2015). Já os cloretos que são umas das principais causas da corrosão das armaduras, o controle tecnológico do cimento influencia diretamente na penetração dos cloretos, entre outros fatores relacionados a impurezas, agregados e processos industriais.

3.7.6 Carbonatação

Segundo Brandão (1998) é um fenômeno natural que ocorre sempre que o concreto é exposto a CO_2 (dióxido de carbono) e pode ser encontrado na atmosfera. Além disso, a sua consequência é diminuir a alcalinidade da pasta de cimento, sendo um dos responsáveis pela proteção da armadura contra corrosão. E o CO_2 penetra nos poros através da difusão e dissolve-se na fase aquosa e a umidade relativa está ligada diretamente nesse fator, uma vez que é um fator decisivo na velocidade da carbonatação.

3.7.7 Reação álcali-agregado

Reação álcali agregado é provocada pela expansão e fissuração no concreto por meio da reação química entre carbonatos e sílicas presentes nos agregados que compõem o concreto com os álcalis do cimento Portland.

Segundo Mendes e Guilherme (2005 apud ANDRADE, 2015, p. 27) descreve que alguns agregados com formas reativas a sílica reagem com as presentes no cimento, e na presença de umidade forma um gel em volta dos agregados que aumenta de volume e assim, causando fissuras no concreto através de tensões internas.

3.8 VIDA ÚTIL

Segundo Roque e Moreno Junior (2005), a vida útil das construções atende as finalidades esperadas em um projeto e é o período de tempo que a estrutura mantém as condições de uso satisfatória. De acordo a NBR 6118/2014 (Projeto de estruturas de concreto – Procedimento):

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).

Em relação a vida útil de projeto a NBR 15575/2012 especifica por partes das edificações e um período maior ou igual há 50 anos para sua vida útil.

Figura 6 - Vida Útil de projeto mínima e superior

Parte da edificação	Exemplos	VUP anos	
		Mínimo	Superior
Estrutura principal	Fundações, elementos estruturais (pilares, vigas, lajes e outros), paredes estruturais, estruturas periféricas, contenções e arrimos	≥ 50	≥ 75
Estruturas auxiliares	Muros divisórios, estrutura de escadas externas	≥ 20	≥ 30
Vedação externa	Paredes de vedação externas, painéis de fachada, fachadas-cortina	≥ 40	≥ 60
Vedação interna	Paredes e divisórias leves internas, escadas internas, guarda-corpos	≥ 20	≥ 30
Cobertura	Estrutura da cobertura e coletores de águas pluviais embutidos	≥ 20	≥ 30
	Telhamento	≥ 13	≥ 20
	Calhas de beiral e coletores de águas pluviais aparentes, subcoberturas facilmente substituíveis	≥ 4	≥ 6
	Rufos, calhas internas e demais complementos (de ventilação, iluminação, vedação)	≥ 8	≥ 12
Revestimento interno aderido	Revestimento de piso, parede e teto: de argamassa, de gesso, cerâmicos, pétreos, de tacos e assoalhos e sintéticos	≥ 13	≥ 20

Fonte: NBR 15575 (2012)

Já as normas internacionais propõem para pontes e obras permanentes períodos de 50 anos, 75 anos ou até mais de 100 anos, conforme apresentada na Tabela 1 de acordo a BS 7543.

Tabela 1 - Vida útil de projeto americana, BS 7543

Vida Útil	Tipo de Estrutura
≤ 10 anos	Temporárias
≥ 10 anos	Substituíveis
≥ 30 anos	Edifícios industriais e Reforma
≥ 60 anos	Edifícios novos e reformas de edifícios públicos
≥ 120 anos	Obras de artes e Edifícios Públicos Novos

Fonte: (Adaptado da Norma BS 7543 (1992)).

E, segundo Mendes e Guilherme (2004 apud HELENE, 2015, p. 36) a inexistência de informação tem sido um obstáculo para a integração da exigência da durabilidade durante a fase de projeto.

A Tabela 2 demonstra a vida útil de projeto recomendada pela norma europeia EM 206-1 (2007).

Tabela 2 - Vida útil de projeto pela norma Europeia

Vida Útil	Tipo de Estrutura
≤ 10 anos	Temporárias
≥ 10 anos	Substituíveis
≥ 30 anos	Edifícios industriais e Reforma
≥ 60 anos	Edifícios novos e reformas de edifícios públicos
≥ 120 anos	Obras de artes e Edifícios Públicos Novos

Fonte: (Adaptado da Norma EN 206-1 (2007)).

3.9 EVOLUÇÃO DAS NORMAS

A NBR 7188 ainda baseia-se no trem-tipo nas antigas DIN-1072 e com isso, acaba não refletindo bem a realidade das cargas que acontece nas pontes brasileiras. E algumas com esse aumento de carga que é gerado maiores esforços e vibrações que não é previsto no projeto, pode até reduzir a vida útil da estrutura. Já as normas internacionais AASHTO LRFD (2012) e a Eurocode 1 (2003) sofreram modificações para tentar atingir modelos que representam cargas reais encontradas nas rodovias, por meio de tipos de veículos e estatísticas de situação de tráfego encontrados nas estradas (SANTOS, 2015).

3.9.1 Norma Internacional

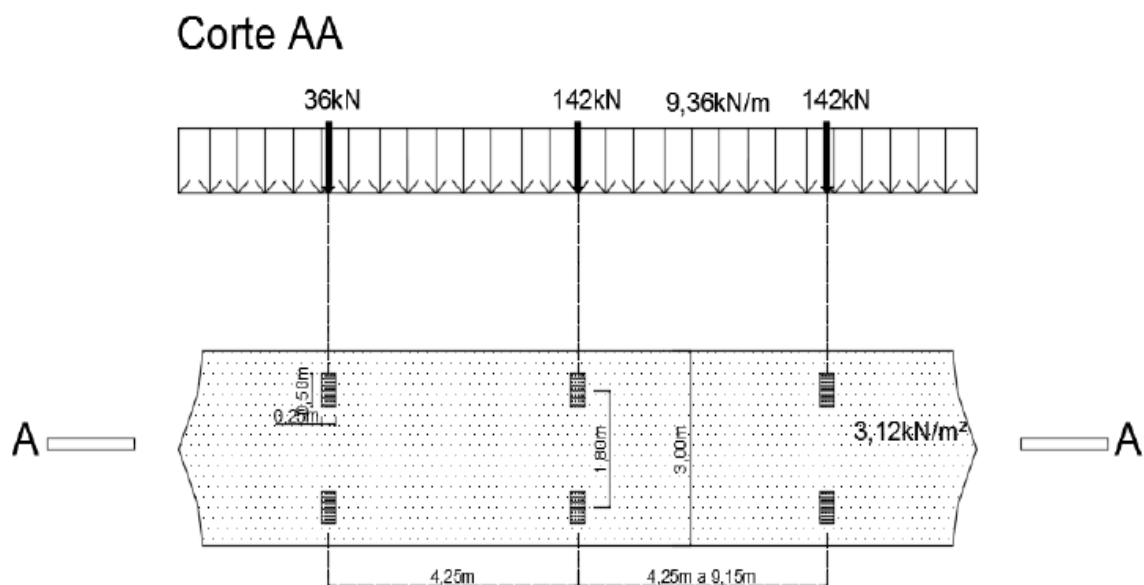
AASHTO

A *American Association of State Highway Officials* (AASHTO), precursora da AASHTO, publicou em 1931 o primeiro projeto com especificações para construção de pontes e foi adotado pelo departamento de estradas e difundiu-se por responsáveis pelas pontes dentro e fora dos Estados Unidos, conhecida como “*Standard Specifications for Highway Bridges and Incidental Structures*”. Logo, foi utilizada durante 7 décadas e, durante esse tempo foi passando por modificações até ser substituída totalmente em 2007.

Segundo Santos (2015) a nova norma LRFD faz parte de normas de projetos de pontes que é baseada em estatísticas e probabilidades, onde o desempenho estrutural pode ser medido em termos de resistência, índice de confiabilidade β e uma função de parâmetros estatísticos de carga.

A LRFD tem duas combinações de faixas de carregamentos (FC) de projeto denominadas HL-93 que são: (a) um caminhão de projeto (HS-20) com uma faixa de carga distribuída com 3 de largura como mostra a Figura 7, e (b) um tandem de projeto com dois eixos de 110 kN espaçados em 1,20 m entre si em conjunto com a mesma carga distribuída, (SANTOS, 2015, p.31).

Figura 7 - disposição das cargas dos veículos da AASHTO (2012)



Fonte: Santos, 2015.

3.9.2 Mudanças na NBR 7188

A norma NBR 7188:2013 define os valores característicos básicos das cargas móveis rodoviárias brasileiras – “Carga móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas”. Desde a NB-6 utiliza-se a configuração do trem-tipo com três eixos espaçados em 1,50m entre si e dimensões de 6m de comprimento por 3m de largura, atualmente havendo modificações nas cargas atuantes.

3.9.2.1 NB-6 (1943)

No período entre 1943 e 1960, os conceitos sobre carga móvel em pontes rodoviárias foram realizadas de acordo com a norma NB6/43 (ABNT, 1943). Essas considerações foram feitas segundo a sua classe e trem-tipo sendo descritas abaixo, respectivamente.

a) Classes

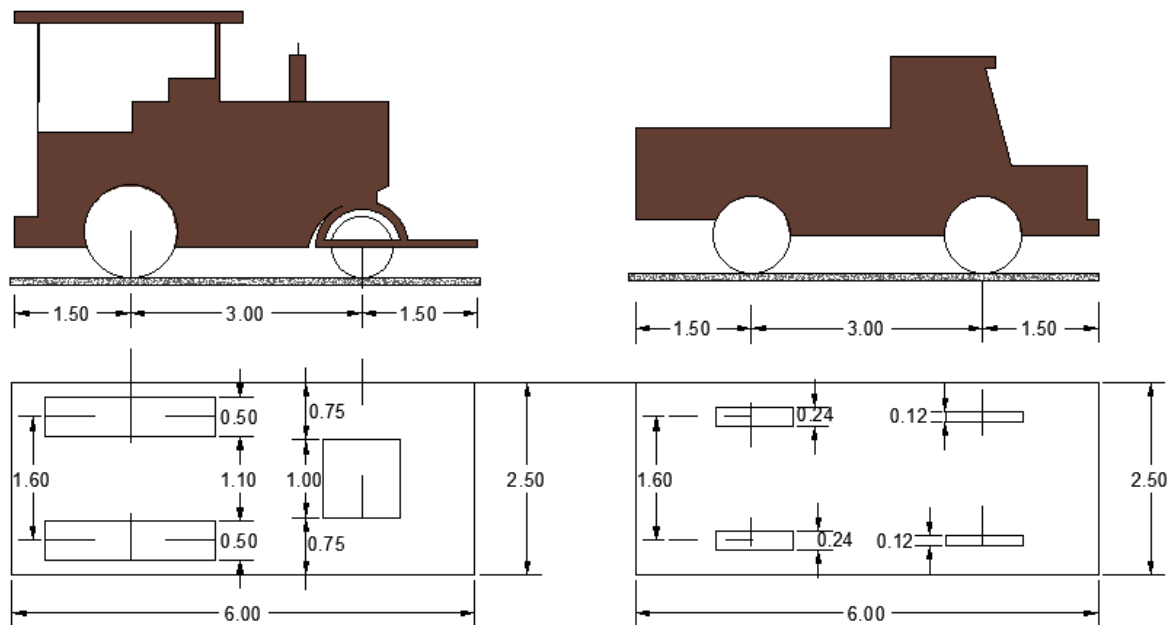
As pontes rodoviárias são agrupadas em três classes:

- Classe I: Pontes situadas em estradas-tronco federais e estaduais ou nas estradas principais de ligação entre esses troncos;
- Classe II: 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;
- Classe III: Pontes situadas em estradas de ligação secundárias não incluídas na classe II.

b) Trem – tipo

Os trens tipos compõem-se de caminhões, compressores e multidão. E Denomina-se o conjunto do carregamento móvel a ser aplicado à estrutura em sua posição mais desfavorável para cada seção de cálculo e combinação de carregamento Timermean e Beier (2012, p. 11).

Figura 8 -Compressor e caminhão utilizado no trem-tipo segundo NB6/43 (ABNT, 1943)



Fonte: NB6/43 (ABNT, 1943)

3.9.2.2 NB-6 (1960)

No período de 1960 a 1984, as considerações sobre carga móvel em pontes rodoviárias foram realizadas de acordo com a norma NB6 /60 (ABNT, 1960). Essas considerações foram feitas segundo a sua classe e trem-tipo sendo descritas abaixo, respectivamente.

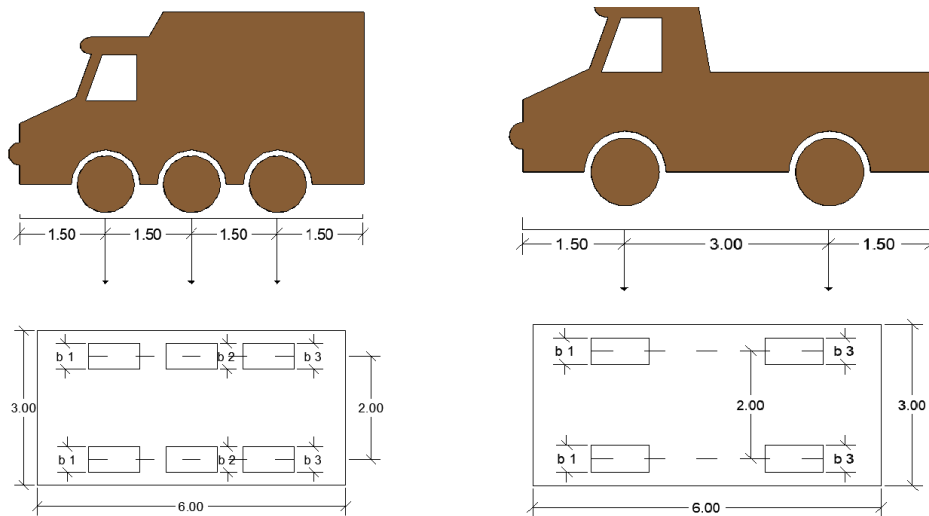
a) Classes

- 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.

b) Trem-tipo

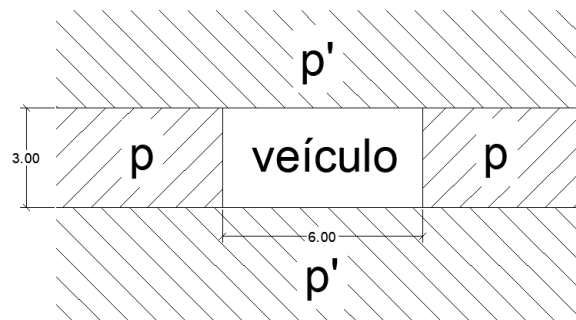
Os trens-tipos compõem-se de cargas uniformemente distribuídas e de um veículo.

Figura 9– Caminhões utilizados no trem-tipo segundo NB-6/60



Fonte: (Adaptado de NB6/60 (ABNT, 1960))

Figura 10 - Disposição em planta segundo NB6/60 (ABNT, 1960)



Fonte: (Adaptado de NB6/60 (ABNT, 1960)).

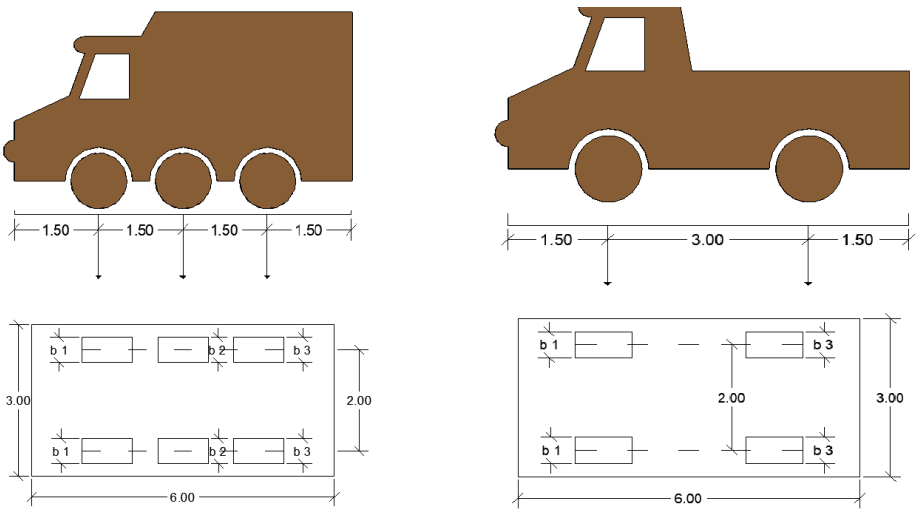
3.9.2.3 NBR 7188/84

No período de 1984 a 2004, as considerações sobre carga móvel em pontes rodoviárias vêm sendo efetivadas de acordo com a norma NBR 7188/84 (ABNT, 1984). As considerações são:

a) Classes

- Classe 45: veículo-tipo de 450KN de peso total;
- Classe 30: veículo-tipo de 300KN de peso total;
- Classe 12: veículo-tipo de 120KN de peso total.

Figura 11 - Caminhões utilizados no trem-tipo segundo ABNT NBR 7188



Fonte: (Adaptada de NBR 7188/84 (ABNT, 1984)).

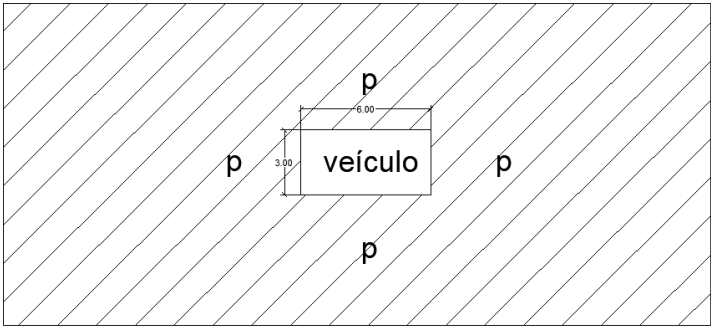
Tabela 3 - Carga dos veículos e cargas uniformemente distribuídas (ABNT, 1982)

Classe da Ponte	Veículo		Carga Uniformemente Distribuída					Disposição da carga
	Tipo	Peso Total		p		p'		
		KN	tf	KN/m²	Kgf/m²	KN/m²	Kgf/m²	
45	45	450	45	5	500	3	300	-Carga p em toda pista -Carga p' nos passeios
30	30	300	30	5	500	3	300	
12	12	120	12	4	400	3	300	

Fonte: Adaptada de NBR 7188/84 (ABNT, 1984)).

TREM TIPO

Figura 12 - Veículo e multidão em planta (ABNT, 1984)



Fonte: (Adaptada de NBR 7188/84 (ABNT, 1984)).

3.9.2.4 NBR 7188/2013

Ações em Pontes e Viadutos (Ações Verticais)

As cargas “p” e “P”, em kN/m² e kN, são as cargas verticais estáticas distribuída uniformemente e concentrada, respectivamente. Aplicadas no nível do pavimento sem qualquer majoração e com valor característico.

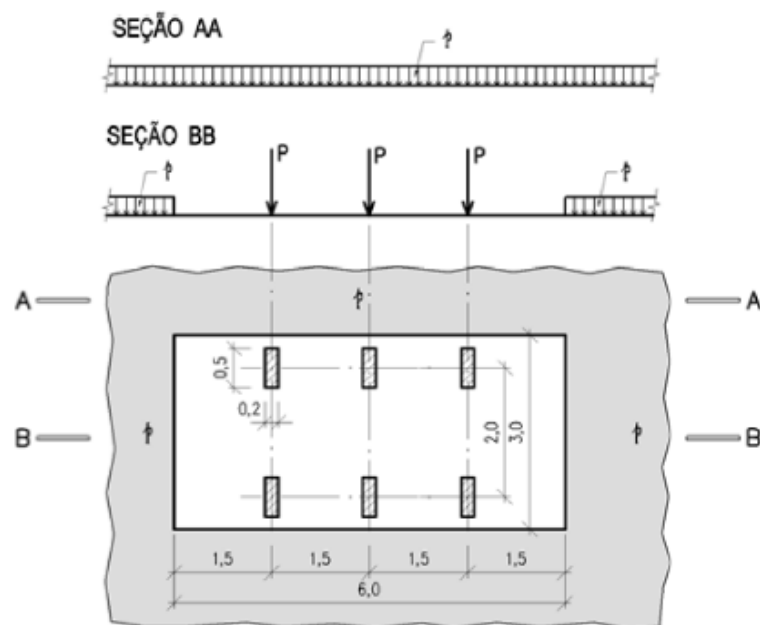
A carga concentrada “Q”, em kN, e a carga distribuída “q”, em kN/m², são os valores da carga vertical móvel aplicados no nível do pavimento, iguais aos valores característicos majorados pelos Coeficientes de Impacto Vertical (CIV), do Número de Faixas (CNF) e de Impacto Adicional (CIA) conforme na equação 1 e 2.

$$Q = P \times CIV \times CNF \times CIA \quad \text{Equação 1}$$

$$q = p \times CIV \times CNF \times CIA \quad \text{Equação 2}$$

A carga móvel rodoviária padrão TB-450 é determinada por um veículo tipo de 450kN com 6 rodas P = 75kN, 3 eixos de carga afastados entre si de 1,5m. com área de ocupação de 18,0m², circundado por uma carga uniformemente distribuída constante p = 5kN/m², conforme figura 15.

Figura 13 - Cargas móveis



Fonte: NBR 7188/13 (ABNT, 2013).

A carga móvel admite posição qualquer em toda a pista rodoviária com as rodas na posição mais desfavorável, inclusive acostamento e faixas de segurança. A carga distribuída deve ser aplicada na posição mais desfavorável, independentemente das faixas rodoviárias.

3.9.2.4.1 Coeficiente de Impacto Vertical

As cargas móveis verticais características definidas no item anterior devem ser majoradas para o dimensionamento de todos os elementos estruturais pelo Coeficiente de Impacto Vertical “CIV”, obtendo-se os valores “Q” e “q” para dimensionamento dos elementos estruturais.

- CIV=1,35 para estruturas com vão menor do que 10,0m;
- $CIV = 1 + 1,06 * (\frac{20}{Liv+50})$ para estruturas com vão maior ou igual a 10,0m;
- Onde: Liv: vão em metros para o cálculo de CIV, conforme o tipo de estrutura, sendo:
 - Liv: L para estruturas de vão isostático.
 - Liv: média aritmética dos vãos nos casos de vãos contínuos.
 - Liv: comprimento do próprio balanço para estruturas em balanço.
 - L: vão em metros.
- Para estruturas com vãos acima de 200,0m, deverá ser realizado estudo específico para a consideração da amplificação dinâmica e definição do Coeficiente de Impacto Vertical.

3.9.2.4.2 Coeficiente de Número de Faixas

As cargas móveis verticais devem ser ajustadas pelo Coeficiente do Número de Faixas do tabuleiro “CNF”, conforme a equação 3.

$$CNF = 1 - 0,05 \times (n - 2) > 0,9 \quad \text{Equação 3}$$

Onde: n: número de faixas de tráfego rodoviário a serem carregadas sobre um tabuleiro transversalmente contínuo.

3.9.2.4.2 Coeficiente de Impacto Adicional

Os esforços das cargas móveis verticais devem ser majorados na região das juntas estruturais e extremidades da obra. Todas as seções dos elementos estruturais a uma distância horizontal, normal à junta, inferior a 5,0m para cada lado da junta ou descontinuidade estrutural, devem ser dimensionadas com os esforços das cargas móveis majorados pelo Coeficiente de Impacto Adicional, abaixo definido.

- > CIA = 1,25 para obras em concreto ou mistas;
- > CIA = 1,15 para obras em aço.
- Frenagem e Aceleração (Ações Horizontais)

As cargas horizontais devido à frenagem e/ou aceleração, aplicados no nível do pavimento, são um percentual da carga vertical característica dos veículos aplicados sobre o tabuleiro, na posição mais desfavorável e concomitante com a respectiva carga vertical.

$$H_f = 0,25 \cdot B \cdot L \cdot C_{NF}, \text{ em [kN]}$$

onde:

$$H_f \geq 135 \text{ kN}$$

B: largura efetiva [m] da carga distribuída de 5kN/m².

L: comprimento concomitante [m] da carga distribuída.

3.9.2.4.3 Força Centrífuga

As cargas horizontais provenientes da força centrífuga nas obras em curva horizontal, aplicadas no nível da pista de rolamento, são um percentual da carga vertical do veículo tipo aplicado sobre o tabuleiro, na posição mais desfavorável, concomitante com a carga vertical a ser adotada uma carga uniformemente distribuída, aplicada sobre o pavimento entre os guarda-corpos, na posição mais desfavorável, sem consideração de coeficiente de impacto vertical: $p = 5,0 \text{ kN/m}^2$.

4. METODOLOGIA

A pesquisa será realizada na ponte (Obra de Arte Especial) sobre o Rio Tocantins, em Porto Nacional – TO, construída na década de 70. Localizada na TO-255, encontra-se interditada com passagem apenas de motociclistas e pedestres. Na Figura 14 podemos observar a sua localização.

Figura 14 - Localização da Ponte sobre o Rio Tocantins em Porto Nacional – TO



Fonte: Google Earth (2019).

A escolha do estudo de caso foi devido à preocupação social no uso e aumento diário de veículos na estrutura, pelo fato de suas manifestações patológicas estarem facilmente visíveis. A localização da obra de arte (ponte) pode ser vista na Figura 15.

Figura 15 - Vista lateral da ponte



Fonte: Arquivo Próprio (2019).

4.1 LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES

O levantamento das informações serão feitas em duas etapas diferentes. Na primeira etapa será identificado todas as informações técnicas pertinentes a estrutura da Ponte.

Na segunda etapa constituída pelas inspeções visuais detalhadas e realizadas na ponte durante o primeiro semestre de 2019.

4.2 INSPEÇÕES

A NBR 9452 (2016) denota quatro tipos de inspeções sendo a cadastral, rotineira, especial e extraordinária. Já o manual do DNIT (2004) considera cinco tipos de inspeções, acrescentando a inspeção intermediária nas denominadas pela norma.

Seguindo essas diretrizes será feita uma inspeção rotineira, que é um acompanhamento periódico, visual. Verificando a evolução de anomalias já observadas anteriormente, bem como novas ocorrências e contendo a ficha de inspeção em anexo.

4.2.1 Uso de VANT

O uso de VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado) para captação de imagens possui grande potencial de técnicas e procedimentos tecnológicos atuais que permite agilidade e auxilia bastante na detecção de manifestações patológicas como, fissuras, manchas, deslocamentos, exposição das armaduras e etc.

Será utilizado um DRONE tipo quadricóptero, modelo DJI Mavic Pro (Figura 16) controlado remotamente nas mediações da estrutura escolhida, localizada na TO-255, situada na cidade de Porto Nacional, no estado do Tocantins. O modelo a ser utilizado possui uma câmera acoplada e realiza captura de imagens em alta resolução; tais imagens serão utilizadas para compor a inspeção visual.

Figura 16 - Equipamento Utilizado (Drone Mavic Pro)



Fonte: Arquivo próprio (2019).

4.2.2 Mapa de danos

Baseia-se no estudo de imagens aéreas e terrestres obtidas através da câmera, permitindo a observação de manifestações patológicas já existentes, buscando designadamente identificar e avaliar os seguintes casos que apresentavam as patologias: deslocamentos, fissuras, manchamentos e eflorescência.

O mapa de danos é um documento gráfico, que abrevia informações a respeito do estado de deterioração geral da estrutura por meio da representação de imagens que mostra as alterações sofridas por seus materiais e elementos ao longo da sua vida útil.

4.3 RESUMO DAS NORMAS

As cargas móveis são provenientes do tráfego, denominadas também como trem-tipo. Os trens-tipo representam as cargas móveis verticais que devem ser consideradas no projeto, na verificação e reforço das obras estruturais. E de acordo a NBR 7188/84 trem-tipo é denominado com os esforços que a multidão e os veículos exercem em conjunto na ponte. Além disto, Sobrinho et al., (2014, p. 03) dizem que “devido à complexidade dos efeitos dinâmicos causadores do impacto é permitido assimilar a cargas móveis a cargas estáticas através da multiplicação pelo coeficiente de impacto”.

Tabela 4 - Resumo das Normas

	Cargas Móveis	Coeficiente de Impacto
NB-6/60	36 tf	$\emptyset = 1,4 - 0,007 L$
NBR 7188/2013	45 tf	$C_{IV} = 1,35$ (Para vãos < 10m); $C_{IV} = 1 + 1,06 \times \frac{20}{L+50}$ (Para vãos ≥ 10 m); $C_{IA} = 1,25$ (Para estrutura de concreto e/ou mista); $C_{NF} = 1 - 0,05(n - 2) > 0,9$ $\emptyset = C_{IV} \times C_{NF} \times C_{IA}$

Fonte: Elaborado pela autora.

5. ORÇAMENTO

Quadro 1 - Orçamento dos recursos gastos com a pesquisa

GASTOS COM RECURSOS MATERIAIS			
Item	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
Impressão	150 und.	0,50	75,00
Resma de Papel A4	1 und.	21,00	21,00
Encadernação	3 und.	2,50	7,50
Total			103,5

Fonte: Elaborado pela autora.

6. CRONOGRAMA

Quadro 2 - Cronograma da pesquisa

PASSOS	2019								
	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 autora.

7. RESULTADOS ESPERADOS

Através dos dados obtidos por meio desse trabalho espera-se alcançar resultados suficientes para tornar possível uma análise dos pontos críticos seguindo as diretrizes da NBR 9452 (2016) e o manual de inspeção de Pontes Rodoviárias (DNIT – 2004).

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, 1984.

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 5674: **Manutenção de edificações** – Procedimento. Rio de Janeiro, 1999.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9452: **Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto** – Procedimento. Rio de Janeiro, 2016.

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.

GIOVANNETTI, A. C. V. P. **Avaliação do Estado de Conservação de uma Ponte - Estudo de Caso**. 130 f. Dissertação (Mestrado em Estruturas) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

GONÇALVES, E. A. B. **Estudo de patologias e suas causas nas estruturas de concreto armado de obras de edificações**. 174 f. Dissertação (Graduação em Engenharia), Universidade do Rio de Janeiro, 2015.

GORGES, W. **Elementos Constituintes das Pontes – Capítulo 2**. Pontifícia Universidade Católica de Paraná. Paraná, 2005.

GUILHERME, G. S., MEDES, D.S., **Determinação da Vida Útil da Ponte sobreo Rio Tocantins em Porto Nacional Tocantins**. 155f. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil). Porto Nacional, 2015.

LAPA, J. S., **Patologia, recuperação e reparo das estruturas de concreto**. 56f. Monografia (especialização em construção civil), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

LOURENÇO, M.V.C. et al., **Parâmetros de Avaliação de Patologias em Obras-de-Artes Especiais**.

ROQUE. J. A., MORENO JUNIOR, A. L., **Considerações sobre via útil do concreto. 1º encontro nacional de pesquisa-projeto-produção em concreto pré-moldado**. São Carlos, 2005.

SANTOS, M.S., **Estudo da Aplicabilidade do Método Simplificado da AASHTO para Distribuição Transversal de Cargas Móveis para Pontes no Brasil**. 23f. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil). Rio de Janeiro, 2015.

SOBRINHO, B. F et al., **Efeitos da Mudança da NBR 7188:2013 nos Projetos de Pontes. Estudo de Caso: Projeto de Recuperação da Ponte sobre o Rio Correias na BR 101/SC**. Rio de Janeiro, 2014.

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

VITÓRIO, A. **Pontes Rodoviárias: Fundamentos, Conservação e Gestão**. Conselho Regional de Engenharia Arquitetura e Agronomia de Pernambuco – CREA-PE. Recife, 2002.

ANEXOS

NBR 9452 (2016) – FICHA DE INSPEÇÃO ROTINEIRA

Figura 17 - Ficha de Inspeção Rotineira

Modelo de ficha de inspeção rotineira – Parte I

	Ficha de inspeção rotineira	
1	Inspeção rotineira (ano):	Código da obra de arte:
2	Jurisdicção (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:	

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	

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:		

MANUAL DE INSPEÇÃO DE PONTES RODOVIÁRIAS – DNIT (2004)

FICHA DE INSPEÇÃO ROTINEIRA EXPEDITA

Figura 18 - Ficha de Inspeção Rotineira

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

COMENTÁRIOS GERAIS

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

NOTA TÉCNICA

OBSERVAÇÕES ADICIONAIS: _____

1. LAJE

		Nota Técnica:	Local	Quantidade (Opcional)
Buraco (abertura)	☐ Existe	☐ É Iminente	_____	_____
Armadura Exposta	☐ Muito Oxidada	☐ Grande Incidência	_____	_____
Concreto Desagregado	☐ Muita Intensidade	☐ Grande Incidência	_____	_____
Fissuras	☐ Forte Infiltração	☐ Grande Incidência	_____	_____
Marcas de Infiltração	☐ Forte	☐ Grande Incidência	_____	_____
Aspecto de Concreto	☐ Má Qualidade		_____	_____
Cobrimento	☐ Ausente / Pouco		_____	_____

2. VIGAMENTO PRINCIPAL

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

Fonte: DNIT, 2004.

FICHA DE INSPEÇÃO ROTINEIRA EXPEDITA

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

4. INFRAESTRUTURA		Nota Técnica:	Local	Quantidade (Opcional)
Recalque de Fundação	☐ Há			
Deslocamento de Fundação	☐ Há			
Erosão Terreno de Fundação	☐ Há			
Estacas Desenterradas	☐ Há			

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

ESQUEMAS

Fonte: DNIT, 2004.