



VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas

21, 22 e 23 de maio de 2014
RIO DE JANEIRO

COMEMORANDO 40 ANOS DA PONTE RIO NITEROI

Realização:



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.

Pauline Fonseca da Silva¹, Marcus Alexandre Noronha de Brito², Iviane Cunha e Santos³, Ramon Saleno Yure Costa Silva⁴, Brunno Emidio Sobrinho⁵
^{1,2,4} Universidade Paulista – UNIP

^{2,3,4,5} Universidade de Brasília – UnB / Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil

pauline.bsb@gmail.com¹; marcusanb@yahoo.com.br²; ivianecunha@hotmail.com³; salenoyure@hotmail.com⁴; br_emidio@yahoo.com.br⁵

Resumo

A atualização da ABNT NBR 7188:2013 foi motivada pelo aumento significativo das cargas móveis que estão trafegando pelas pontes rodoviárias brasileiras tornando assim os coeficientes de impacto defasados. Este artigo apresenta uma comparação entre os valores do coeficiente de impacto utilizando a ABNT NBR 7188:1982 e a ABNT NBR 7188:2013 aplicados no projeto da Ponte sobre o Rio Correias.

Palavras-chave

ABNT NBR 7188:2013; Projeto de Recuperação.

Introdução

Com o passar do tempo o volume de tráfego nas rodovias brasileiras teve aumento significativo. No entanto as pontes da malha rodoviária federal são na grande maioria da década de 60 e não passaram pelas devidas intervenções para atender as necessidades atuais. Além dos problemas estruturais, essas pontes apresentam gabarito inadequado às condições atuais de tráfego, transformando-se em pontos críticos, responsáveis por estrangulamento do fluxo e pela ocorrência de acidentes.

A ausência de manutenção é o principal motivo para o surgimento de danos nas estruturas, aumento da velocidade de degradação e desgaste, o que compromete a segurança dos usuários. Embora o grande avanço tecnológico e o desenvolvimento de novos métodos na área do cálculo estrutural, cada vez mais precisos, possam superar as limitações e dificuldades na análise da situação atual dessas obras. (VITÓRIO, 2002)

Como toda construção as pontes também sofrem com as agressões decorrentes do uso, bem como alterações do tráfego de veículos, aumento da carga transportada, acidentes de trânsito, ação de agentes deletérios como chuvas, variações térmicas, água do mar e dos rios, entre outros.

No entanto tais efeitos põem em risco as condições de estabilidade e funcionalidade dessas construções, por isso precisam ser avaliados e supervisionados constantemente.

Dados divulgados pelo Tribunal de Contas da União (TCU) demonstram que cerca de 75% das pontes existentes nas rodovias brasileiras precisam passar pelo processo de intervenção, a saber: recuperação, reforço ou alargamento de suas estruturas, a fim de atender as condições



VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas

21, 22 e 23 de maio de 2014
RIO DE JANEIRO

COMEMORANDO 40 ANOS DA PONTE RIO NITEROI

Realização:



de uso satisfatórias para a região. Outro levantamento publicado por Mendes (2009), a respeito dos dados do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), demonstra que das 5.600 pontes cadastradas nas rodovias federais pelo Órgão o cenário atual é descrito da seguinte forma:

- 70% das pontes possui idade superior a 30 anos;
- 63% das pontes têm extensão inferior a 50,0 m;
- 79% das pontes possuem largura total inferior a 12,0m, considerada estreita pelo padrão atual;
- 94% das pontes possuem sistema estrutural em viga de concreto armado ou protendido;
- 90% das pontes foram projetadas com trem tipo de 240,0 kN ou de 360,0 kN;
- 50% das pontes possuem apenas um vão com dois balanços;
- 93% das pontes possuem vão máximo inferior a 40,0 m.

Analisando este levantamento podemos concluir que a grande maioria das pontes existentes necessita de adequação aos padrões atuais de norma, seja pela geometria ou resistência aos carregamentos, exigidos no padrão atual para a malha rodoviária brasileira.

Cargas Móveis nas Pontes

Considerada uma força externa, sendo uma das cargas verticais que age como solicitação na estrutura da ponte, as cargas móveis são carregamentos provenientes do tráfego (de veículos e pedestres) numa estrutura em serviço.

Conhecida também por trem-tipo, a carga móvel é composta pelo arranjo estrutural gerado pela carga de um veículo juntamente com as cargas uniformemente distribuídas (carga de multidão) sobre os elementos estruturais. Os trens-tipo representam as cargas móveis verticais que devem ser consideradas nos projetos estruturais de obras novas, bem como na verificação e no reforço de obras existentes.

Conforme a ABNT NBR 7188:1982, trem-tipo é a denominação dada ao carregamento que os veículos e a multidão exercem conjuntamente na ponte. É usado pra definir o cálculo dos elementos estruturais, sendo sempre colocado no sentido longitudinal, onde através da linha de influência observa-se o comportamento da estrutura diante do carregamento.

No cálculo da seção das cargas móveis sobre os elementos de uma ponte, é importante descrever o comportamento do trem-tipo relativo ao elemento considerado. A ABNT NBR 7188:1982 orienta para os cálculos que a roda do veículo encoste-se ao guarda-rodas da ponte, caracterizando o efeito mais desfavorável, como mostra a figura 1.



VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas

21, 22 e 23 de maio de 2014
RIO DE JANEIRO

COMEMORANDO 40 ANOS DA PONTE RIO NITEROI

Realização:

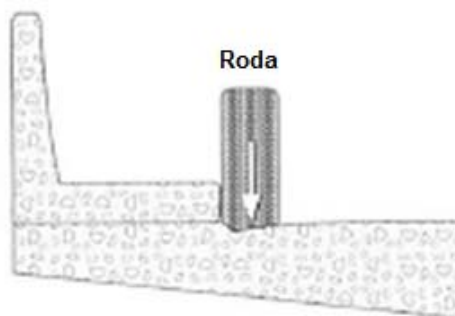


Figura 1 - Posição da roda

Portanto, o comportamento das cargas concentradas e distribuídas sobre a estrutura, que geram as chamadas linhas de influência, expressam o resultado numérico desse carregamento, possibilitando as verificações necessárias para o dimensionamento dos diversos elementos estruturais, como também as verificações globais da estrutura. (MARCHETTI, 2008).

Devido à complexidade dos efeitos dinâmicos causadores do impacto é permitido assimilar as cargas móveis a cargas estáticas através da multiplicação pelo coeficiente de impacto.

Para a ABNT NBR 7187:2003 a composição do coeficiente de impacto em pontes rodoviárias era feita através de um processo empírico expresso através da equação linear $\varphi = 1,4 - 0,007 L \geq 1$, onde L é o comprimento do vão da ponte. Através deste coeficiente era possível majorar as ações estáticas, a fim de englobar as ações dinâmicas (inerciais) devido ao carregamento móvel, onde $F_{dinâmicas} = \varphi \times F_{estáticas}$. (MARCHETTI, 2008)

No entanto observa-se que para pontes com comprimento de vão de 58 metros ou mais, essa majoração se anula, sendo $\varphi = 1,4 - 0,007 \times 58 = 0,994$.

Com a atualização da ABNT NBR 7188 em 11 de novembro de 2013 a majoração dos esforços pelo coeficiente de impacto passou a ser feita através da ponderação pelas três equações seguintes.

$$Q = P \times CIV \times CNF \times CIA \quad (1)$$

Onde:

Q = carga estática concentrada e aplicada no nível do pavimento com valor estático de uma roda do veículo, acrescido de todos os coeficientes de ponderação;

P = carga estática concentrada e aplicada no nível do pavimento com valor estático de uma roda do veículo, sem nenhuma majoração;

CIV = coeficiente de impacto vertical. Tem a função de amplificar a ação da carga estática, simulando o efeito dinâmico da carga em movimento e a suspensão dos veículos automotores. Porém não simula e/ou elimina a necessidade de análise dinâmica nas estruturas sensíveis e/ou de baixa rigidez, em especial estruturas de aço e estruturas estaiadas. Maiores detalhes na ABNT NBR 7187:2003;

CNF = coeficiente do número de faixas. Relaciona a probabilidade da carga móvel ocorrer em função do número de faixas (exceto acostamento e faixas de segurança);



VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas

21, 22 e 23 de maio de 2014
RIO DE JANEIRO

COMEMORANDO 40 ANOS DA PONTE RIO NITEROI

Realização:



CIA = coeficiente de impacto adicional. Consiste em majorar a carga móvel devido à imperfeição e/ou descontinuidade da pista de rolamento, no caso de juntas de dilatação e nas extremidades da obra, estruturas de transição e acessos.

$$q = p \times CIV \times CNF \times CIA \quad (2)$$

Onde:

q = carga uniformemente distribuída com valor estático p, acrescido de todos os coeficientes de ponderação;

p = carga uniformemente distribuída com valor estático da carga móvel uniformemente distribuída.

✓ CIV - Coeficiente de Impacto Vertical:

CIV = 1,35, para estruturas com vão menor do que 10,0m;

$$CIV = 1 + 1,06 \times (20 / Liv + 50) \quad (3)$$

A equação 3 é usada em estruturas com vão entre 10 e 200 metros.

Onde Liv é o vão em metros, podendo ser:

Liv => usado 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 expresso em metros (m).

Para estruturas com vãos acima de 200 m deve ser realizado estudo específico para a consideração da amplificação dinâmica e definição do coeficiente de impacto vertical.

✓ CNF - Coeficiente de Número de Faixas:

$$CNF = 1 - 0,05 \times (n - 2) > 0,9 \quad (4)$$

Onde n é o número (inteiro) de faixas de tráfego consideradas na rodovia carregada sobre um tabuleiro transversalmente contínuo. Este coeficiente não se aplica ao dimensionamento de elementos estruturais transversais ao sentido do tráfego, tais como: lajes, transversinas, etc. Acostamentos e faixas de segurança não são faixas de tráfego da rodovia.

✓ CIA – Coeficiente de Impacto adicional:

CIA = 1,25 para obras em concreto ou mistas.

CIA = 1,15 para obras em aço.

Por ser um coeficiente que determina a majoração dos esforços na região das juntas estruturais e extremidades da obra, é limitada a condição de uso somente para as seções dos



VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas

21, 22 e 23 de maio de 2014
RIO DE JANEIRO

COMEMORANDO 40 ANOS DA PONTE RIO NITEROI

Realização:



elementos estruturais com distância horizontal, normal à junta inferior a 5,0 m para cada lado da junta ou descontinuidade estrutural.

Portanto este artigo visa demonstrar os efeitos da alteração, na ponderação do coeficiente de impacto em pontes rodoviárias, proposta na ABNT NBR 7188:2013 através do estudo de caso da Ponte sobre o rio Correias na BR 101 em Santa Catarina.

No próximo item será apresentado o estudo de caso e os parâmetros necessários para a comparação entre as duas versões da ABNT NBR 7188, a saber: 1982 e 2013.

Ponte sobre o Rio Correias

Ponte com 60,0 m de comprimento e 10,0 m de largura, com perfil longitudinal em nível e tangente em planta, como mostra a figura 2.

A estrutura principal é constituída por 2 longarinas isostáticas, protendidas, com vão de 40,0 m e dois balanços de 10,0 m. O tabuleiro é composto por 8,20 m de pista de rolamento e dois passeios laterais de 0,90 m, incluindo os guarda-corpos. A mesoestrutura é composta por pórticos transversais, engastados em blocos de fundações sobre estacas metálicas.

Tendo em consideração a classe da rodovia e a época da execução, a obra foi desenvolvida levando-se em conta a norma vigente com classificação de carregamento para TB 36.



Figura 2 - Ponte sobre o rio Correias

A ponte sobre o rio Correias em Santa Catarina foi escolhida como estudo de caso por se tratar de uma obra, sob fiscalização do DNIT, em fase de recuperação e alargamento. O que possibilitou a avaliação da evolução das cargas com a mudança na norma 7188/2013, mudança do trem-tipo T36 para T45 e consequências do alargamento. No entanto este artigo limitou-se em tratar as considerações referentes à alteração proposta para a atualização da referida norma.



VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas

21, 22 e 23 de maio de 2014
RIO DE JANEIRO

Realização:



COMEMORANDO 40 ANOS DA PONTE RIO NITEROI

Cargas Móveis, Cargas Concentradas e Distribuídas

Na tabela 1 observa-se um comparativo entre as cargas, sob efeito do coeficiente de impacto, na ponte sobre o Rio Correias segundo as duas versões da ABNT NBR 7188: 2013 e 1982.

Tabela 1 – Cargas concentradas e distribuídas devido ao impacto gerado pelo carregamento móvel sobre a ponte

TB 36 – Ponte original	NBR 7188 / 2013	TB 36 – Ponte original	NBR 7188 / 1982
Dados: Liv: $60/3 = 20$ $CIV = 1 + 1,06 \times (20/20 + 50) = 1,30$ $CNF = 1 - 0,05 \times (2 - 2) > 0,9$ $CNF = 1$ $CIA = 1,25$ $P = 60 \text{ kN}$ $p = 5 \text{ kN/m}^2$		Dados: $\varphi = 1,4 - 0,007 L \geq 1$ $\varphi = 1,4 - 0,007 \times 60$ $\varphi = 0,98 < 1$ $\varphi = 1$ $P = 60 \text{ kN}$ $p = 5 \text{ kN/m}^2$	
$Q = P \times CIV \times CNF \times CIA$ $Q = 60 \times 1,30 \times 1 \times 1,25$ $Q = 97,5 \text{ Kn}$		$Q = 60 \times \varphi$ $Q = 60 \times 1$ $Q = 60 \text{ kN}$	
$q = 5 \times 1,30 \times 1 \times 1,25$ $q = 8,12 \text{ kN/m}^2$		$q = 5 \times \varphi$ $q = 5 \text{ kN/m}^2$	

De acordo com a nova ponderação proposta na atualização da ABNT NBR 7188:2013 observa-se um aumento na intensidade das cargas concentradas e distribuídas atuantes no vão da ponte, devido ao impacto, de 62,5 %, como mostra a figura 3 seguinte.

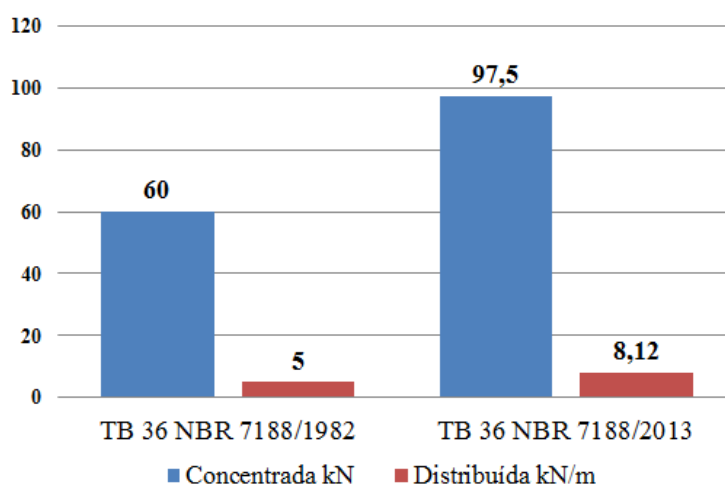


Figura 3 – Cargas majoradas devido à influência das cargas móveis



VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas

21, 22 e 23 de maio de 2014
RIO DE JANEIRO

COMEMORANDO 40 ANOS DA PONTE RIO NITEROI

Realização:



A tabela 2 seguinte, apresenta uma comparação entre os coeficientes de impacto calculados utilizando as duas normas (7188:1988 e 7188:2013) e considerando os mesmos parâmetros utilizados para a Ponte sobre o Rio Correias.

Tabela 2 – Comparação entre coeficientes de impacto

Vão(m)	ϕ (NBR 7188:1982)	ϕ (NBR 7188:2013)	% de aumento
20	1,26	1,72	36,51
25	1,22	1,70	39,34
30	1,19	1,69	42,02
35	1,15	1,68	46,09
60	0,98	1,62	65,31

Verifica-se que em média os valores obtidos na última versão da norma apresentam valores em torno de 45,0 % maiores, demonstrando assim que a norma antiga era pouco conservadora.

Conclusões

Analisando a tabela 1 e a figura 3 pode-se observar que a composição do coeficiente de impacto segundo a versão de 1982 da ABNT NBR 7188 não oferecia majoração nenhuma das cargas atuantes, sendo o $\phi = 1$, o que refletiria diretamente na intensidade dos esforços atuantes na estrutura, podendo gerar hoje um subdimensionamento das estruturas, comprometendo sua segurança. Já com a atualização da ABNT NBR 7188 em 2013, observou-se que assim seria acrescida uma margem de segurança à intensidade das cargas, devido ao impacto, de 62,5 % a mais para cada roda do trem-tipo, como também às cargas distribuídas atuantes na estrutura.

Considerando que o projeto de recuperação já havia sido aprovado, porém sem ter iniciado a sua execução, quando na atualização da ABNT NBR 7188/2013, e tendo como colaboração este estudo, o termo aditivo referente ao contrato de recuperação e alargamento da ponte sobre o rio Correias foi indeferido pelo DNIT.

Referências

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. “Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento”: NBR-6118 (2007), Rio de Janeiro – RJ.
- _____. “Projeto de pontes de concreto armado e de concreto protendido - Procedimento”: NBR-7187 (2003), Rio de Janeiro – RJ.
- _____. “Carga móvel em ponte rodoviária e passarela de pedestre”: NBR-7188 (1982), Rio de Janeiro – RJ.
- _____. “Carga móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas”: NBR-7188 (2013), Rio de Janeiro – RJ.



VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas

21, 22 e 23 de
maio de 2014
RIO DE JANEIRO

COMEMORANDO 40 ANOS DA PONTE RIO NITEROI

Realização:



- _____. “Vistorias de pontes e viadutos de concreto — Procedimento”: NBR-9452 (2012), Rio de Janeiro – RJ.
- DNIT, DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE - DIRETRIZES BÁSICAS PARA ELABORAÇÃO DE ESTUDOS E PROJETOS RODOVIÁRIOS - INSTRUÇÕES PARA ACOMPANHAMENTO E ANÁLISE. Rio de Janeiro, 2010.
- DNIT, DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE - MANUAL DE RECUPERAÇÃO DE PONTES E VIADUTOS RODOVIÁRIOS. Rio de Janeiro, 2010.
- MARCHETTI, O. PONTES DE CONCRETO ARMADO. 2011. ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 2008.
- MENDES, P. D. T. C. CONTRIBUIÇÕES PARA UM MODELO DE GESTÃO DE PONTES DE CONCRETO APLICADA À REDE DE RODOVIAS BRASILEIRAS. (Tese de Doutorado). ed. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica., 2009.
- VITÓRIO, J. A. P. PONTES RODOVIÁRIAS: FUNDAMENTOS, CONSERVAÇÃO E GESTÃO. In: VITÓRIO, J. A. P. Pontes rodoviárias: fundamentos, conservação e gestão. 1ª edição. ed. Recife, 2002.