

1 Introdução

1.1 Relevância e Justificativas da Pesquisa

As pontes e viadutos são fundamentais para o desenvolvimento econômico de um país ou região, portanto, a segurança dessas estruturas é um tema de grande importância para o meio técnico-científico. Para garantir um nível de segurança confiável nos projetos é necessário conhecer todas as complexidades técnicas envolvidas no dimensionamento. Esse conhecimento começou a ser formado de forma empírica no passado, e atualmente é desenvolvido em um ritmo acelerado por se utilizar de novos conhecimentos de diversas áreas, como da matemática e da estatística, por exemplo. No entanto, apesar do desenvolvimento acelerado, o uso desse conhecimento na prática as vezes acaba sendo retardado por diversos motivos.

Assim como as pontes e viadutos são de extrema importância para o desenvolvimento econômico de um país, a necessidade ou desejo desse desenvolvimento é o combustível para o desenvolvimento de novas metodologias nessa área da engenharia. Por exemplo, a tecnologia de pontes atualmente utilizada nos Estados Unidos é um produto da rápida expansão do seu sistema rodoviário nas décadas de 1950 e 1960, após a Segunda Guerra Mundial. Como resultado o sistema rodoviário americano tem atualmente, em seus 80.000 Km de estradas, 600.000 pontes (Fu, 2013).

Fu (2013) ainda menciona que diversos países em desenvolvimento estão experimentando uma expansão similar nos seus sistemas de transporte; por esse motivo a engenharia de pontes também está se desenvolvendo em outras partes do mundo. Fica claro então que com o compartilhamento dos conhecimentos obtidos pelos países desenvolvidos, a velocidade de expansão do conhecimento conseguida pelos países em desenvolvimento pode ser muito maior, trazendo maior segurança em projetos de pontes e um maior desenvolvimento econômico.

O Brasil tem muito menos pontes construídas do que os Estados. De acordo com Mendes (2009), em 2003 nos 73.000 quilômetros de rodovias federais, existiam apenas 5.619 pontes segundo cadastro do DNIT, construídas principalmente entre as décadas de 1950 e 1970. Isso pode ser observado na Figura 1.1 que apresenta o número de pontes construídas em rodovias federais no Brasil em cada ano desde 1930.

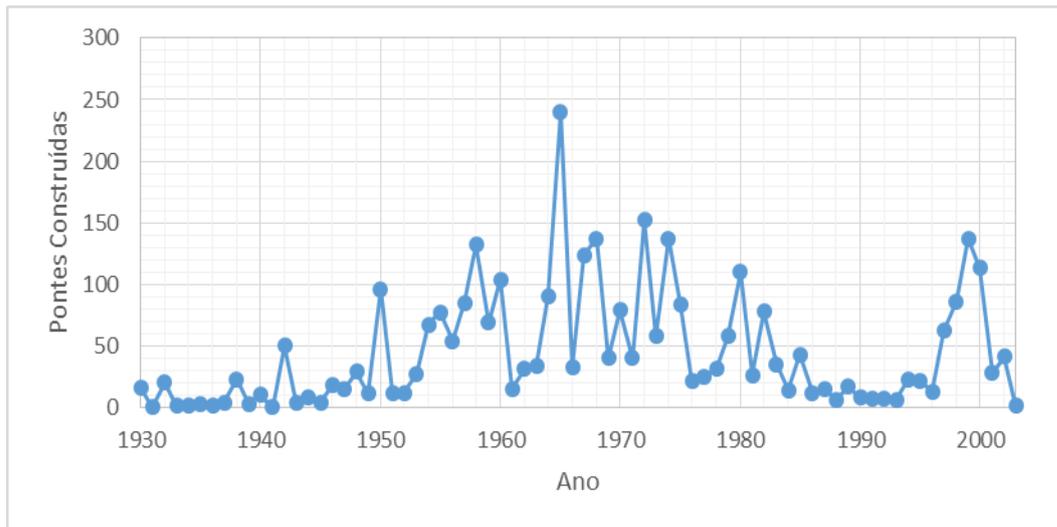


Figura 1.1 – Ano de construção das pontes das rodovias federais no Brasil (Mendes, 2009).

Após a expansão entre as décadas de 1950 e 1970 e aproximadamente duas décadas de pouco investimento na área, no final da década de 1990 uma nova fase de expansão é iniciada, trazendo consigo a possibilidade de um novo período de enorme ganho de conhecimento na engenharia de pontes, com o benefício de que outros países, como os Estados Unidos, que já dedicou, e ainda dedica, um grande esforço para melhor entender a complexidade dessa área.

Neste trabalho propõe-se o desenvolvimento de uma metodologia alternativa para o projeto de pontes de um único vão no Brasil a partir de fatores de distribuição de solicitações. Para tal utilizam-se os conhecimentos adquiridos e confirmados por normas estrangeiras, como a americana AASHTO LRFD (*American Association of State Highway and Transportation Officials – Load-and-Resistance Factor Design*), que tem informações de grande utilidade, para a elaboração de uma metodologia que moderniza formas simplificadas utilizadas atualmente em projetos de pontes brasileiras.

Muitas das normas brasileiras são derivadas de normas estrangeiras, porém, na NBR 7188 (2013), que determina as cargas móveis rodoviárias em pontes tem sua base em normas antigas como a DIN 1072, as cargas são consideradas através de trens-tipos idealizados, que não refletem necessariamente a realidade dos veículos que circulam nas rodovias do país (Luchi, 2006). Outro detalhe importante é que não define nenhum método de análise da distribuição transversal de solicitações causadas pelas cargas móveis. Para obter essa distribuição diversos métodos simplificados são utilizados, como o de Engesser-Courbon, Guyon-Massonet e Viga Modelo. Apesar de serem métodos consagrados, são baseados em teorias distintas, que podem fornecer resultados discrepantes para um mesmo tabuleiro, resultando em maiores dificuldades nas verificações e também diminuindo os seus níveis de segurança.

A modernização da metodologia utilizada no projeto de pontes no Brasil pode ser realizada em diversas áreas da engenharia de pontes. Por exemplo, pode-se padronizar um método simplificado de distribuição transversal de solicitações. Também pode-se atualizar a definição de cargas móveis por meio de estudos estatísticos de forma a representar de forma mais precisa possível as situações reais encontradas na malha rodoviária brasileira. Finalmente, também pode-se padronizar as seções transversais das pontes, definindo-se seções de vigas pré-moldadas, por exemplo, a fim de reduzir os custos de fabricação das peças e simplificar os processos das verificações estruturais.

Dentre as diversas possibilidades citadas, este trabalho foca na validação de um método simplificado de distribuição transversal de solicitações baseado no método definido pela AASHTO LRFD. Algumas considerações necessárias para adequá-lo às recomendações normativas brasileiras também são discutidas ao longo deste estudo.

Atualmente encontra-se em desenvolvimento uma nova norma brasileira, intitulada “Projeto de Pontes e Viadutos Rodoviárias de Aço e Mistas Aço e Concreto”, que considera o método simplificado de distribuição transversal de solicitações definido pela AASHTO LRFD em projetos de pontes metálicas e mistas de aço e concreto. Portanto, este trabalho auxilia a construção desta norma nova, validando o método simplificado em questão para pontes com vigas metálicas e com vigas em concreto armado e protendido.

1.2 Objetivos

O objetivo principal deste trabalho é a validação do método simplificado de distribuição transversal de solicitações devido à cargas móveis da norma americana AASHTO LRFD para utilização em projetos de pontes de vigas no Brasil, respeitando as recomendações normativas aqui existentes. Este objetivo será alcançado em duas etapas. Na primeira etapa, são realizados estudos utilizando-se o programa *Autodesk Robot 2013*, que utiliza o Método dos Elementos Finitos (MEF). A segunda etapa consiste em comparações com análises realizadas utilizando-se outros métodos simplificados comumente utilizados na execução de projetos, que são o de Engesser-Courbon e o da Viga Modelo.

A partir do objetivo geral, os seguintes objetivos específicos foram estabelecidos:

- validar as técnicas de modelagem para criação dos modelos de pontes em EF, comparando-se os resultados encontrados nos modelos concebidos com resultados analíticos e com resultados encontrados em testes de carga em pontes reais, para assim garantir que os modelos criados consigam representar o comportamento das pontes;
- definir as seções transversais das pontes a serem analisadas a partir de estudos estatísticos das pontes existentes na malha rodoviária federal brasileira, de modo que o estudo seja relevante para uma parcela significativa das pontes existentes e futuras;
- determinar um modelo de trem-tipo baseado na AASHTO LRFD considerando as cargas e recomendações normativas brasileiras;
- validar os resultados encontrados com a utilização do método da LRFD com análises pelo MEF;
- validar os resultados encontrados com a utilização do método da LRFD com os métodos simplificados de Engesser-Courbon e Viga Modelo.

1.3 Estrutura do Trabalho

O trabalho é apresentado em cinco capítulos, que são formatados da seguinte maneira:

No Capítulo 2 é realizada uma revisão bibliográfica para discutir e entender como as normas brasileira e americana tratam o assunto da distribuição transversal de solicitações em pontes de vigas, e detalhar alguns dos métodos simplificados utilizados no Brasil que serão utilizados neste trabalho. Nesse capítulo apresenta-se também uma discussão sobre as de modelagem de pontes pelo MEF, e os resultados de uma análise estatística das principais definições geométricas das pontes brasileiras.

No Capítulo 3 é realizada a validação do modelo de EF a ser utilizado na sequência do estudo. A validação é realizada a partir de análises básicas de elementos isolados até modelagens de tabuleiros completos que receberam testes de cargas.

No Capítulo 4 são discutidos os elementos utilizados na elaboração do trabalho, como os parâmetros geométricos das pontes analisadas e os métodos considerados, além de detalhar a metodologia utilizada, que consiste na criação de um modelo de carga móvel similar ao sugerido pela AASHTO LRFD (2012), no cálculo dos trens-tipos dos métodos considerados, na modelagem e análise das pontes pelo MEF e na comparação entre os resultados encontrados pelos métodos simplificados e pelo MEF.

No Capítulo 5 são expostos os resultados encontrados nas análises, e no Capítulo 6 são apresentadas as conclusões obtidas e sugestões para futuros trabalhos, dentro desta linha de pesquisa.