

Métodos de Distribuição de Cargas na Seção Transversal de Pontes com Vigamento Múltiplo: Correlação com Resultados Experimentais.

Charles Jaster de Oliveira¹; Douglas Figueiredo²; Paulo Dieter Franzke³; Thadeu Ribas Lugarini⁴; Luna Ollin Steffen de Oliveira⁵

^{1,2,3,4}Universidade Positivo / Departamento de Engenharia Civil / chjaster@hotmail.com

⁵Universidade Tecnológica Federal do Paraná / PPGECC / luna_steffen@hotmail.com

Resumo

Este trabalho apresenta o estudo da distribuição de cargas na seção transversal de pontes com vigamento múltiplo tanto de métodos analíticos simplificados quanto de modelos computacionais. Apesar de diversos trabalhos apresentarem esta abordagem, faltam correlações com dados experimentais. Por isso, além do comparativo entre os métodos, o objetivo principal é mostrar convergência com tais resultados. Os métodos simplificados mais utilizados em estruturas de pontes aqui implementados são: Engesser-Courbon, Leonhardt e Guyon-Massonet. As respostas destes métodos analíticos foram confrontadas com diferentes técnicas de modelagem no Método dos Elementos Finitos (MEF). Como parâmetro de convergência principal, todos os dados foram comparados com os resultados ensaiados no modelo reduzido de ponte construída em acrílico, desenvolvido por Little, Rowe e Morice em 1956. A análise da distribuição de cargas nas longarinas por diferentes métodos, do clássico ao mais atual, tornou possível perceber a eficácia que cada método apresenta e principalmente sua convergência ou divergência relativa aos valores experimentais.

Palavra-Chave

Distribuição de carga; Engesser-Courbon; Leonhardt; Guyon-Massonet; Pontes.

Introdução

A estrutura da ponte tipo grelha é constituída de um tabuleiro, formado por uma laje flexível, e um sistema de vigas longitudinais e transversais. Sob a ação de cargas verticais na superestrutura, a grelha provoca iterações entre os elementos estruturais, os esforços são transmitidos de um elemento ao outro através de pontos denominados “nós” - interseções entre as vigas que constituem a ponte - responsáveis pela distribuição de cargas atuantes (LONGO, 1979). Essa distribuição, é a fração de carga que cada viga recebe através de coeficientes. A partir deles, é possível analisar a linha de influência transversal da ponte (RYALL et al., 2002).

Diante da hiperstaticidade do modelo, os cálculos manuais se tornam praticamente irrealizáveis, esse problema impulsionou a criação de métodos simplificados (ALVES et al., 2004). Ao contrário dos métodos exatos, como o de analogia da grelha, teoria das placas ortotrópicas e teoria das placas articuladas, os simplificados são manualmente exequíveis, seja através de cálculos manuais, ou, através da utilização de tabelas ou ferramentas computacionais (SURANA; AGRAWAL, 1998).

Com o avanço e desenvolvimento da programação, diversos métodos foram adaptados para o uso no computador. O Método dos Elementos Finitos é fruto desse período (ALVES et al., 2004). O MEF pode ser programado para solucionar problemas

mais complexos quando comparado a métodos simplificados, pois permite maior esclarecimento do comportamento da estrutura e versatilidade quanto à criação do formato da ponte. No entanto, alguns cuidados devem ser tomados quanto a técnica de modelagem, para que os resultados obtidos possam atender o significado desejado (CASTRO, 2000).

Para evitar problemas com falhas de idealização - já que a solução em MEF pode trazer resultados divergentes do planejado -, neste trabalho serão comparados os métodos simplificados de Engesser-Courbon, Leonhardt e Guyon-Massonet; a modelagem programada; e uma análise experimental: através do modelo reduzido de ponte em acrílico, concebido por Little, Rowe e Morice em 1956. O objetivo será correlacionar o coeficiente de distribuição de carga na seção transversal da ponte, obtidos por cada método, com os resultados experimentais para uma mesma ponte com uma transversina interna; e com três transversinas internas, buscando identificar convergências.

Revisão bibliográfica

- **Método de Engesser-Courbon**

Quando uma longarina é carregada, as demais vigas principais também são solicitadas. A repartição dos esforços é proporcional à rigidez das transversinas. Se a rigidez é nula, a repartição é pequena, porém, sendo ela infinita, o efeito de grelha favorece uma distribuição mais uniforme dos esforços. Para o cálculo de grelhas com transversinas muito rígidas propõe-se o método de Courbon, ou também atribuído a Engesser: método de Engesser-Courbon (LONGO, 1979).

O método criado em 1940, considera que as longarinas são paralelas; ligadas perpendicularmente com transversinas de rigidez infinita à flexão e de deformação nula; as vigas possuem inércia constante; desprezam-se efeitos de torção. Essas hipóteses simplificam o sistema. Assim, as transversinas comportam-se como barras rígidas. O conjunto deforma, mas seus eixos permanecem retilíneos (ALVES et al., 2004).

Ao adotar a hipótese de que as transversinas são sólidos rígidos, o problema torna-se simples. Os elementos transversais possuem agora deformações lineares e seus deslocamentos verticais são descritos através de uma equação de reta. Uma reação de apoio (R_i) é proporcional à flexão da longarina (I_i) e ao deslocamento vertical (y_i) do elemento em questão. Aplica-se então as condições de equilíbrio. A carga, para reações verticais, considera-se um valor unitário de acordo com sua posição de aplicação no tabuleiro (e_j). Em suma, a expressão geral para determinar os coeficientes de distribuição em cada longarina é:

$$R_{ij} = \frac{I_i}{\sum I_n} \cdot \left(1 + e_j \cdot \frac{X_i \cdot \sum I_n}{\sum (I_n \cdot x_n^2)} \right) \quad (1)$$

Sendo, X_i a distância de cada longarina em relação ao centro elástico; $\sum I_n$ equivale ao somatório dos momentos de inércia das longarinas e n é o número de longarinas.

Como o método exige que o sistema transversal seja infinitamente rígido, os resultados são mais satisfatórios quanto menor o valor de λ , limitado por (SAN MARTIN, 1981):

$$\lambda = \frac{1}{2 \cdot L} \cdot \sqrt[4]{\frac{L \cdot E \cdot \sum I_n}{I \cdot E \cdot \sum I_{Tn}}} \leq 0,3 \quad (2)$$

Sendo: E o módulo de elasticidade; L o comprimento da ponte; l a largura; $\sum I_{Tn}$ o somatório dos momentos de inércia das transversinas.

- **Método de Leonhardt**

Leonhardt propõe um método, onde a carga que está aplicada na grelha se distribui conforme a rigidez da estrutura, agora não mais infinita (PANKOW, 2003). As transversinas da ponte são representadas por uma única transversina fictícia, simplesmente apoiada, no meio do vão das longarinas. O efeito de torção nas longarinas é desprezado (HEINEN, 2016).

Dado o espaçamento e entre longarinas de vão L , de mesmo momento de inércia (I), uma transversina livremente apoiada no meio do vão, de momento de inércia I_T , com a carga unitária aplicada em um nó, obtém-se um coeficiente de rigidez ζ , definido por: (SAN MARTIN, 1981).

$$\zeta = \frac{I_T}{I} \cdot \left(\frac{L}{2e}\right)^3 \quad (3)$$

A determinação dos coeficientes de distribuição transversal de carga é função do coeficiente de rigidez. Leonhardt desenvolveu uma série de tabelas para determinar o conjunto de valores de R_{ij} . Esses valores são utilizados para gerar as linhas de influência de distribuição transversal (HEINEN, 2016).

- **Método de Guyon-Massonet**

A simplificação deste método consiste em substituir o tabuleiro real da ponte por uma laje ortotrópica equivalente. A hipótese de Guyon, criada em 1946, assimila a grelha – constituída de um elevado número de longarinas e transversinas – a um sistema estrutural contínuo, em suma, uma placa. Massonet, contribuiu ao método incluindo efeitos de torção, que até então, nos estudos predecessores de Engesser-Courbon e Leonhardt, esse tipo de esforço não era considerado (ALVES et al., 2004).

Dado um carregamento, para o sistema equivalente, sua distribuição se aproxima a uma função senoidal, aplicada no sentido longitudinal da laje, expressa por:

$$p(x) = p_1 \cdot \text{sen} \frac{\pi \cdot x}{L} \quad (4)$$

A partir da estaticidade do problema, e, devido a deformação da estrutura, os coeficientes exatos de distribuição transversal são representados pela equação diferencial dada pela Eq. (5):

$$p_x \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2\varphi \sqrt{p_x p_y} \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + p_y \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = p(x, y) \quad (5)$$

Sendo:

$$p_x = \frac{E \cdot I}{l_x}; p_y = \frac{E \cdot I_T}{l_y} \quad (6)$$

$$\varphi = \frac{p_x + p_y}{2\sqrt{p_x p_y}} \quad (7)$$

A Equação 6, refere-se à rigidez da longarina, de inércia I , e a transversina, de inércia I_T , respectivamente (ALVES et al., 2004; CARRIL; FERREIRA LOPES, 2016).

Guyon e Massonet otimizaram a solução do problema através de uma série de tabelas e gráficos. A utilização das tabelas requer o conhecimento de dois parâmetros, sendo eles, o parâmetro de torção φ , já estabelecido na Eq. (7), e o parâmetro de travejamento θ , Eq. (8).

$$\theta = \frac{b}{L} \cdot \sqrt{\frac{I \cdot l_y}{I_T \cdot l_x}} \quad (8)$$

Sendo: b a semi-largura da placa equivalente; L o comprimento da placa equivalente.

Essas tabelas dispõem valores do parâmetro de torção que variam de 0 a 1, em que $\varphi = 0$ representa a ausência de torção. Ainda para o uso das tabelas, é necessário conhecer o ponto de aplicação da carga, definida pela sua excentricidade, e a posição da viga que se quer obter o coeficiente de distribuição de carga na seção transversal (χ_φ) (SAN MARTIN, 1981). Para valores intermediários, faz-se necessário uma interpolação dada pela Eq. (9). A linha de influência da ponte requer que os coeficientes sejam convertidos de elementos de placa, para elementos de viga (MASON, 1977).

$$\chi_\varphi = \chi_0 + (\chi_1 - \chi_0) \cdot \sqrt{\varphi} \quad (9)$$

• Método dos Elementos Finitos

O método dos Elementos Finitos (MEF), é amplamente utilizado na análise de problemas de engenharia compostos por sistemas regidos por equações diferenciais e integrais. Como tais equações nem sempre são simples de serem resolvidas de forma analítica, o MEF fragmenta o problema em diversos elementos menores e de mais fácil resolução (SORIANO, 2009). Sabendo que o MEF é um procedimento de cálculo numérico, que conduz a uma solução aproximada para o modelo matemático, faz-se necessário verificar a acurácia dos resultados obtidos, sendo possível realizar um refinamento na análise caso os resultados não sejam satisfatórios para um determinado problema (BATHE, 1996).

O MEF proporciona inúmeras formas de simular diversos problemas de engenharia, e para tal, técnicas de modelagem devem ser aplicadas para construção de um modelo matemático. Para o caso de pontes com vigamento múltiplo existem diversas maneiras de se considerar os elementos de laje e viga, bem como a interação entre eles (BAPAT, 2009).

Metodologia

Os métodos analíticos descritos, Engesser-Courbon, Leonhardt e Guyon-Massonet, foram calculados para duas pontes com distinção apenas no número de transversinas. A ponte estudada seguiu como base o modelo reduzido em acrílico especificado no trabalho de Little et al. (1956) e visto na Figura 1.

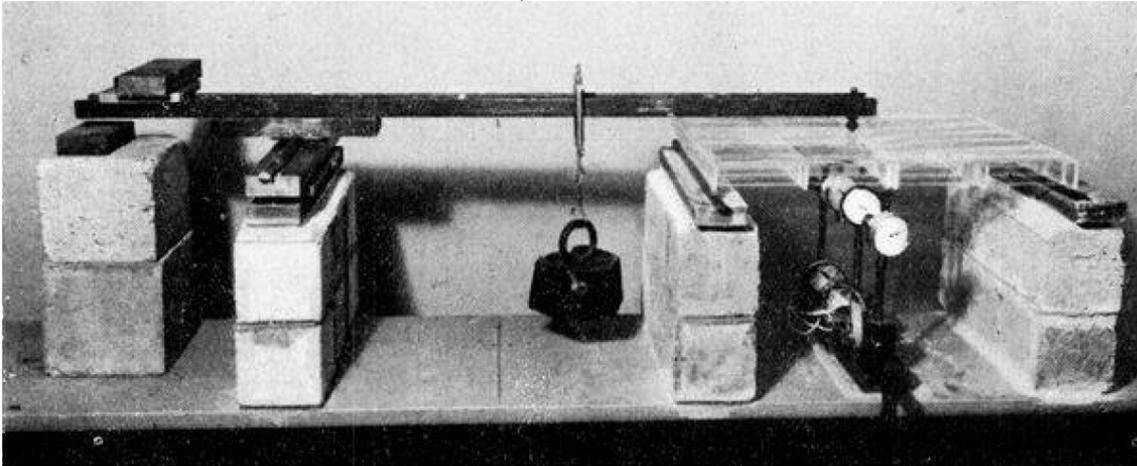


Figura 1 –Ensaio do modelo reduzido de ponte em acrílico (LITTLE et al., 1956).

No trabalho de Little et al. (1956), a ponte é ensaiada em duas configurações, inicialmente com uma transversina interna e posteriormente com três transversinas internas igualmente espaçadas. Ao se analisar uma mesma ponte com diferentes travamentos transversais, busca-se estudar a eficiência de diferentes métodos em acompanhar o ganho de rigidez no sistema do tabuleiro. A carga foi aplicada no meio do vão da ponte sobre a quarta longarina do tabuleiro. Para o tabuleiro com uma transversina as dimensões utilizadas no experimento são as representadas na Figura 2.

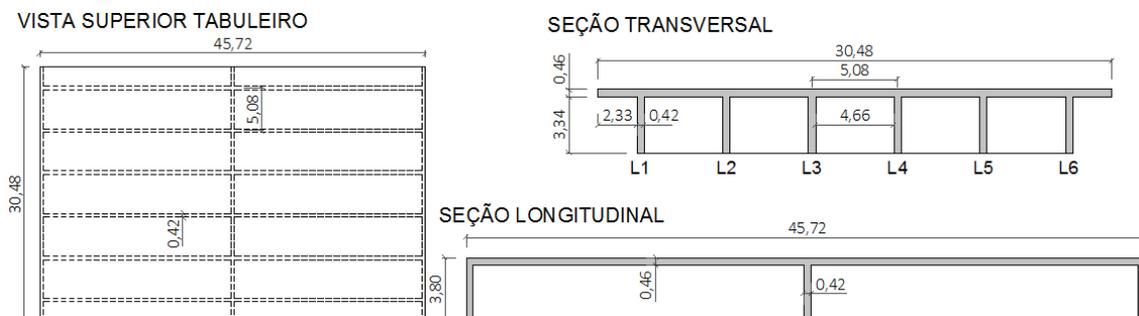


Figura 2 - Dimensões da ponte (em centímetros) com uma transversina interna.

Para o tabuleiro com três transversinas as dimensões utilizadas no experimento são as representadas na Figura 3.

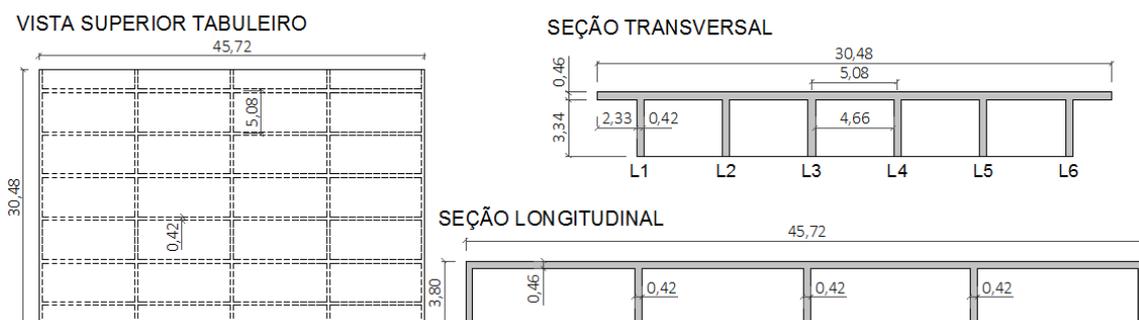


Figura 3 - Dimensões da ponte (em centímetros) com três transversinas internas.

Para a modelagem em Elementos finitos, foram utilizadas quatro técnicas de modelagem a fim de confrontá-las com os valores experimentais, definidas como MEF0, MEF1, MEF2 e CASCA, conforme Quadro 1.

	MEF0: Modelo constituído por longarinas e transversinas internas em elementos "beam":	MEF1: Modelo constituído por longarinas e transversinas (central e de apoio) em elementos "beam":	MEF2: Modelo constituído por longarinas, transversinas e uma grelha de vigas representando a laje, todos em elementos "beam":	CASCA: Modelo tridimensional discretizado com elementos de casca "shell", quadrilateral e de 4 nós:
1 TRANSVERSINA INTERNA				
3 TRANSVERSINAS INTERNAS				

Quadro 1 - Modelos em elementos finitos

Os elementos de barras que configuram um sistema de grelha (Figura 4), MEF0, MEF1, MEF2, consiste em considerar os elementos com centros de gravidade coincidentes de modo a simplificar a análise, uma vez que os nós dos elementos são compartilhados e consequentemente os graus de liberdade são reduzidos. Apesar de acelerar o processo de cálculo, essa abordagem não representa com fidelidade a situação real do tabuleiro da ponte (BAPAT, 2009), trabalhando com soluções aproximadas. Porém como as distâncias entre os centros de gravidade dos elementos são relativamente pequenas, é fisicamente razoável considerá-las coincidentes em um mesmo plano (HAMBLY, 1998).

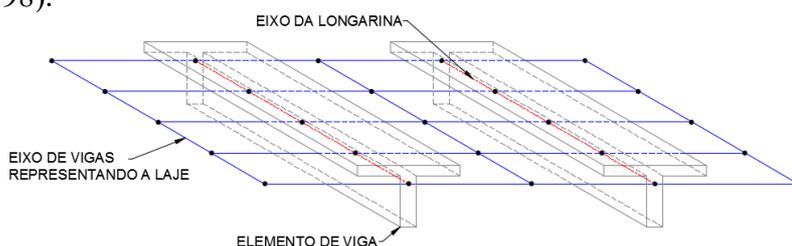


Figura 4 - Discretização em grelha (OLIVEIRA et al., 2017).

Para as análises em elementos finitos, os coeficientes de distribuição na posição da transversina central são obtidos através da relação entre a deflexão de um nó dividido pela soma das deflexões dos nós compartilhados pelas longarinas e a transversina central (PANKOW, 2003), uma vez que os resultados obtidos via MEF são de deflexões nodais.

Resultados

Como resultado, apresenta-se na Figura 5, as linhas de influência da seção transversal para a longarina 4, obtidas com a aplicação dos métodos de Engesser-Courbon,

Leonhardt, Guyon-Massonet e as quatro soluções no Método dos Elementos Finitos, juntamente com a linha de influência obtida no modelo experimental. Vale ressaltar que os resultados da Figura 5 são relativos ao sistema com uma transversina interna.

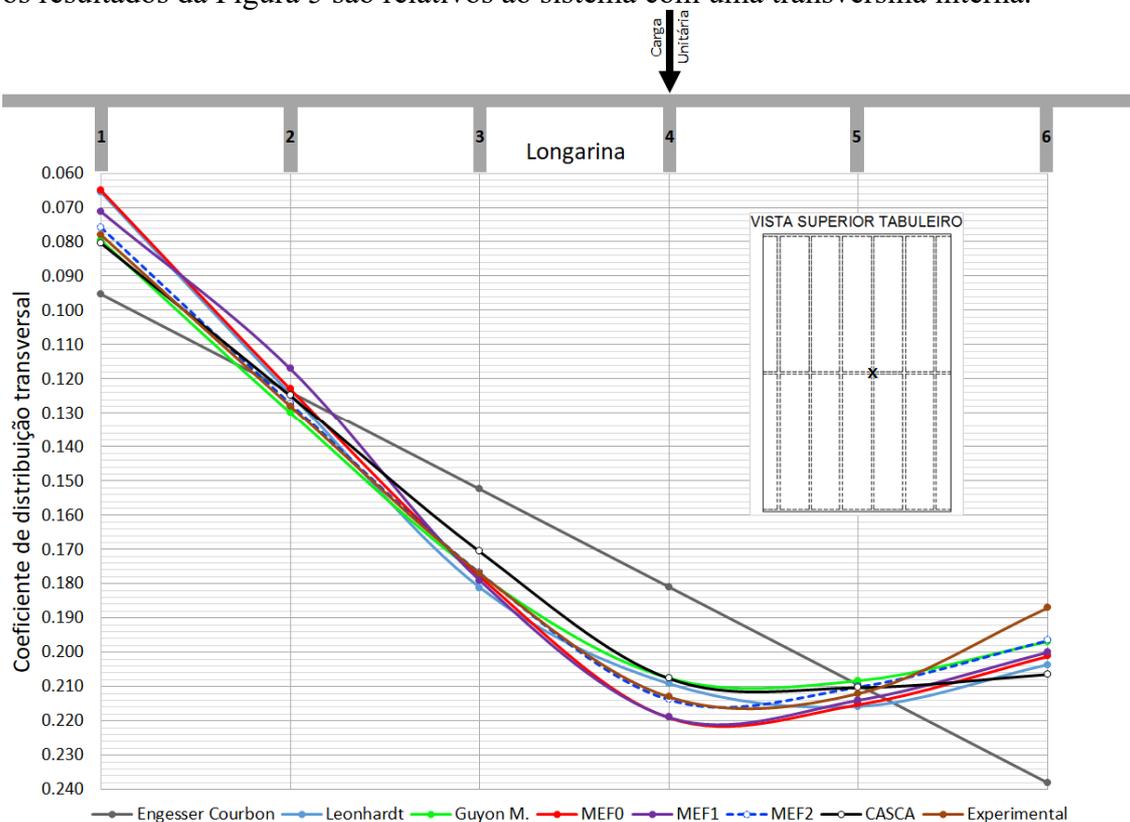


Figura 5 - Linha de influência da seção transversal para a longarina 4 (uma transversina interna)

O Quadro 2 apresenta os resultados dos coeficientes de distribuição transversal obtidos através da aplicação dos métodos, bem como os percentuais em relação aos resultados da análise experimental, para a ponte com uma transversina interna.

Posição	Coeficientes de Distribuição Transversal da Longarina 4							
	Engesser Courbon	Leonhardt	Guyon M.	MEF0	MEF1	MEF2	CASCA	Experimental
Longarina 1	0.095	0.066	0.080	0.065	0.071	0.076	0.080	0.078
Longarina 2	0.124	0.124	0.130	0.123	0.117	0.127	0.125	0.128
Longarina 3	0.152	0.181	0.177	0.178	0.179	0.177	0.171	0.177
Longarina 4	0.181	0.209	0.208	0.219	0.219	0.214	0.208	0.213
Longarina 5	0.210	0.216	0.208	0.215	0.214	0.210	0.210	0.212
Longarina 6	0.238	0.204	0.197	0.201	0.200	0.196	0.206	0.187

Posição	Percentual dos Coeficientes de Distribuição Transversal em relação à Análise Experimental							
	Engesser Courbon	Leonhardt	Guyon M.	MEF0	MEF1	MEF2	CASCA	Experimental
Longarina 1	22%	-16%	2%	-17%	-9%	-3%	3%	-
Longarina 2	-3%	-3%	2%	-4%	-9%	-1%	-2%	-
Longarina 3	-14%	2%	0%	0%	1%	0%	-4%	-
Longarina 4	-15%	-2%	-3%	3%	3%	0%	-3%	-
Longarina 5	-1%	2%	-2%	1%	1%	-1%	-1%	-
Longarina 6	27%	9%	5%	8%	7%	5%	10%	-

Quadro 2 – Coeficiente de distribuição e percentuais - uma transversina interna

Na Figura 6, apresenta-se as linhas de influência da seção transversal para a longarina 4, no sistema de três transversinas internas, obtidas com a aplicação dos métodos de Engesser-Courbon, Leonhardt, Guyon-Massonet e as quatro soluções no Método dos Elementos Finitos, juntamente com a linha de influência obtida no modelo experimental.

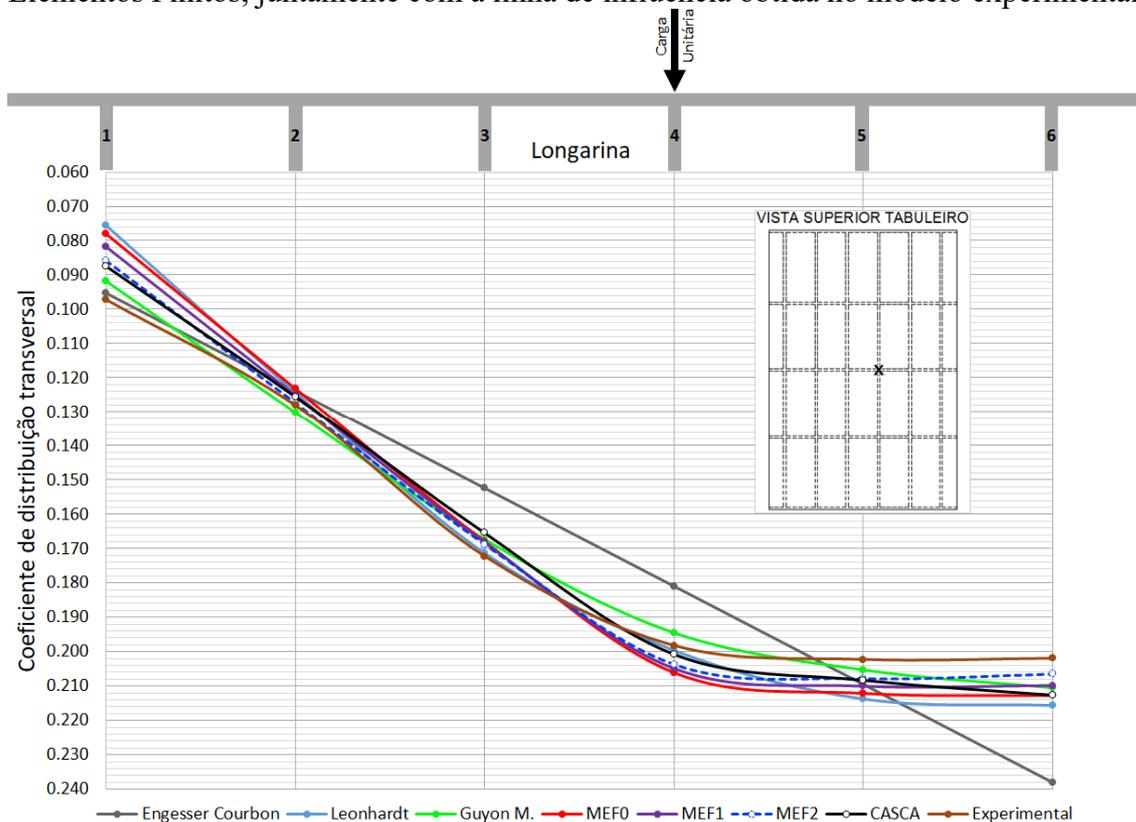


Figura 6 - Linha de influência da seção transversal para a longarina 4 (três transversinas internas)

O Quadro 3 apresenta os resultados dos coeficientes de distribuição transversal e percentuais obtidos, para a ponte com três transversinas internas.

Posição	Coeficientes de Distribuição Transversal da Longarina 4							
	Engesser Courbon	Leonhardt	Guyon M.	MEF0	MEF1	MEF2	CASCA	Experimental
Longarina 1	0.095	0.076	0.092	0.078	0.082	0.086	0.088	0.097
Longarina 2	0.124	0.124	0.130	0.123	0.125	0.127	0.126	0.128
Longarina 3	0.152	0.171	0.167	0.168	0.168	0.169	0.165	0.172
Longarina 4	0.181	0.200	0.195	0.206	0.205	0.204	0.201	0.198
Longarina 5	0.210	0.214	0.205	0.212	0.210	0.208	0.208	0.202
Longarina 6	0.238	0.216	0.211	0.213	0.210	0.206	0.213	0.202

Posição	Percentual dos Coeficientes de Distribuição Transversal em relação à Análise Experimental							
	Engesser Courbon	Leonhardt	Guyon M.	MEF0	MEF1	MEF2	CASCA	Experimental
Longarina 1	-2%	-22%	-6%	-20%	-16%	-12%	-10%	-
Longarina 2	-3%	-3%	2%	-4%	-2%	-1%	-2%	-
Longarina 3	-12%	-1%	-3%	-3%	-2%	-2%	-4%	-
Longarina 4	-9%	1%	-2%	4%	3%	3%	1%	-
Longarina 5	4%	6%	2%	5%	4%	3%	3%	-
Longarina 6	18%	7%	4%	5%	4%	2%	5%	-

Quadro 3 – Coeficiente de distribuição e percentuais - três transversinas internas.

Conclusões

Analisando os resultados, inicialmente relativo ao método de Engesser-Courbon, nota-se que por apresentar uma das hipóteses em que o elemento transversal é considerado infinitamente rígido, os resultados apresentam grande discrepância em relação aos demais métodos. Observa-se que a simplificação do método não permite alterar os valores dos coeficientes de distribuição em função do aumento no número de transversinas, porém dentro de sua resposta linear, com o incremento na rigidez do sistema ocorrem reduções na diferença relativa ao ensaio experimental. O método de Leonhardt foi sensível quanto a mudança no número de transversinas, acompanhando o ganho de rigidez do sistema, mas se apresentou conservador para os modelos abordados, apresentando sempre uma diferença expressiva no coeficiente de distribuição nas longarinas extremas. Vale ressaltar que, na técnica de modelagem definida como MEF0, onde não é considerado o efeito da laje na distribuição e nem a presença das transversinas de apoio, para o modelo experimental, os resultados se apresentaram muito próximos aos obtidos pelo método de Leonhardt. O método de Guyon-Massonet se apresentou bastante versátil para a análise das duas configurações de tabuleiro, pois ele, através dos parâmetros de torção e travejamento conseguiu representar a distribuição de cargas na seção transversal dos modelos em análises, inclusive respeitando o ganho de rigidez do sistema em grelha com a adição de duas novas transversinas. Dentre os modelos analíticos estudados, conferiu o melhor grau de convergência frente ao estudo experimental de 1956. Na modelagem em MEF observa-se que os resultados são totalmente influenciados pela técnica adotada, visto que o mesmo pode assumir desde um sistema de grelha até uma configuração de placa. Os resultados que mais se aproximaram da distribuição de cargas do modelo experimental foram aqueles obtidos pela técnica de modelagem do MEF2, que consiste em acrescentar uma grelha de elementos “*beam*” de modo a simular a contribuição da laje na distribuição das cargas e o modelo de CASCA, discretizado com elementos “*shell*”. Devido a essas considerações, existe uma grande semelhança com os resultados obtidos por Guyon-Massonet, pois assim como nas técnicas de modelagem adotadas (MEF2 e CASCA), o método analítico parte do princípio de transformar uma grelha em um sistema de placa ortotrópica. Em geral, apesar dos resultados obtidos pelo MEF se mostraram mais conservadores do que por Guyon-Massonet, os dados do modelo em CASCA apresentaram uma maior similaridade com os obtidos por Guyon-Massonet. Dentre as diferentes soluções aqui apresentadas, torna-se claro que deve haver um cuidado minucioso por parte do projetista ao analisar o conjunto estrutural do tabuleiro, para então definir qual a melhor técnica de modelagem para o seu caso. É certo que os resultados, desde que bem estudados, serão mais precisos e menos conservadores quanto maior for a qualidade da modelagem. Recomenda-se por fim, experimentos mais recentes para novas validações, seja como modelo reduzido ou sistemas em escala real.

Referências

- ALVES, E.V.; ALMEIDA, S.M.F.; JUDICE, F.M.S. Métodos de análise estrutural de tabuleiros de pontes em vigas múltiplas de concreto protendido. Engevista, Rio de Janeiro, v.6, n.2, p. 48-58, agosto, 2004.

- BAPAT, A.V. Influence of bridge parameters on finite element modeling of slab on girder bridges, Tese de mestrado, Blacksburg, Va: Virginia Polytechnic Institute and State University, 2009.
- BATHE, K.J. Finite element procedures. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1996.
- CARRIL, R.S.; FERREIRA LOPES, V.M. Métodos aproximados de determinação da distribuição de esforços na secção transversal de pontes rodoviárias: Comparação com métodos mais exactos, Apontamentos Sifeup, Disponível em: <http://www.fe.up.pt/si/conteudos_service.conteudos_cont?pct_id=23747&pv_cod=37xraFgb5Ykp>. Acesso em: 28 de janeiro de 2018.
- CASTRO, L. M. S. Modelação de Lajes com Elementos de Grelha, Apontamentos teóricos da cadeira de Análise de Estruturas II do Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal, 2000.
- DE NAVARRA, Eugenio Oñate Ibáñez. Posibilidades de los métodos numéricos en el mundo industrial. In: Descubrir las matemáticas hoy: Sociedad, Ciencia, Tecnología y Matemáticas 2006. Servicio de Publicaciones, 2008. p. 69-100.
- HAMBLY, E. C. Bridge Deck Behaviour. 2.ed. New York, NY: Taylor & Francis, 1998.
- HEINEN, Sabrina Kalise. Efeito da distribuição transversal das cargas na obtenção de linhas de influência reais usando um sistema de pesagem em movimento em pontes. 2016. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina.
- LITTLE, G.; ROWE, R.E.; MORICE, P.B. Load distribution in right highway bridges, Zürich: Swiss Federal Institute of Technology in Zurich, 1956.
- LONGO, Henrique Inneco. Esforços Máximos em Pontes Tipo Grelha. 1979. 217p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- MASON, J. Pontes em concreto armado e protendido, Rio de Janeiro: LTC, 1977.
- OLIVEIRA, C. J.; FIGUEIREDO, D.; DIETER, P. F.; OLIVEIRA, L. O. S. Distribuição de cargas na seção transversal de pontes com vigamento múltiplo. Anais do 59º Congresso Brasileiro do Concreto, 2017.
- PANKOW, H. Comparison of methods to determine strengths due to mobile loads, in simply supported bridge beams, Lisse: Swets & Zeitlinger, 2003.
- RYALL, M.J.; PARKE, G.A.R.; HARDING, J.E. The manual of bridge engineering, London: Thomas Telford Publishing, 2002.
- SAN MARTIN, F.J. Cálculo de tabuleiros de pontes, São Paulo: Liv. Ciência e Tecnologia, 1981.
- SURANA, C.S.; AGRAWAL, R. Grillage analogy in bridge deck analysis, New Delhi: Narosa Publishing House, 1998.