

## **PROJETO ESTRUTURAL DE UMA PONTE COM TRELIÇAS MODULARES DE MADEIRA PARA O MUNICÍPIO DE FLORIANÓPOLIS**

Daniela Pfaffenseller Flores<sup>1</sup>; Caio Acosta Veloso<sup>1</sup>; Luciana da Rosa Espíndola<sup>1</sup>; Gustavo Rodolfo Perius<sup>1</sup>; Rúbia Packer Fernandes<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Departamento Acadêmico da Construção Civil, Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), Florianópolis/SC, Brasil.

\* e-mail do autor correspondente: [rubiapacker@gmail.com](mailto:rubiapacker@gmail.com)

**Resumo:** O objetivo deste trabalho foi projetar a estrutura de uma ponte local com treliças modulares pré-fabricadas de madeira para o município de Florianópolis, em Santa Catarina. Para isso, foram realizadas as seguintes atividades: (1) definição da geometria e pré-dimensionamento da estrutura; (2) definição e combinações das cargas atuantes; (3) verificação da segurança; (4) dimensionamento das ligações. Foram utilizadas normas, revisões e orientações projetuais brasileiras referências neste tema, além do Eurocode 5 para o dimensionamento das ligações. Os resultados apresentam os principais valores obtidos no memorial de cálculo. Com base nesses dados, concluiu-se que é possível a construção de uma ponte de madeira para o estudo de caso analisado. Entretanto, sentiu-se a necessidade de atualizar e ampliar este conhecimento técnico para uma maior disseminação da madeira na construção civil brasileira.

Palavras-chave: Pontes; Estruturas de madeira; treliças modulares.

## **STRUCTURAL DESIGN OF A MODULAR TIMBER TRUSS BRIDGE TO FLORIANOPOLIS CITY**

**Abstract:** The aim of this study was to design the structure of a local bridge with prefab modular timber trusses to Florianópolis city. To this, the following activities were made: (1) definition of the geometry and pre-dimensioning of the structure; (2) definition and combinations of acting loads; (3) security verification; (4) connections dimensioning. Brazilian standards, revisions and design guidelines references on this topic were used to achieve the specific objectives of this paper; in addition, the Eurocode 5 was also used of the connections dimensioning. The results present the main values obtained in the calculation. Based on these data, it was concluded that it is possible to build a timber bridge for the analyzed case study. However, it was felt the need to update and expand this technical knowledge for a greater dissemination of wood in Brazilian civil construction.

**Keywords:** Bridges; Timber structures; Modular truss.

## 1. INTRODUÇÃO

O sistema estrutural com treliças pode ser fabricado com madeira roliça, serrada, laminada colada. Este sistema se destaca por apresentar essencialmente esforços normais de tração e compressão e por permitir estruturas com grande rigidez e pouco peso [5].

As pontes treliçadas podem ter diferentes formatos [5, 8]. Para a escolha da geometria da treliça leva-se em conta o número de nós, que deve ser o menor possível, a fim de reduzir os deslocamentos verticais da estrutura. Essas treliças podem ser fabricadas em módulos, com componentes padronizados e pré-fabricados para posterior montagem no local, o que facilita e reduz o tempo e o custo de execução. Para pontes de madeira, propõe-se o uso de módulos pré-fabricados compostos por madeira serrada com ligações de parafusos e chapas metálicas como uma alternativa de baixo custo para vãos de até 30 metros [6]. A aplicação desses módulos em pontes seria na forma de longarinas que apoiariam o tabuleiro e demais elementos não estruturais, com contraventamento lateral para garantir a estabilidade lateral das treliças [12, 8].

Com a intenção de analisar a aplicação desta possibilidade, o objetivo deste trabalho foi projetar a estrutura de uma ponte local com treliças modulares pré-fabricadas de madeira para o município de Florianópolis, em Santa Catarina.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

A seleção do estudo de caso foi motivada pela necessidade de substituição de uma ponte existente de concreto armado com danos significativos constatados [10], localizada no sul da ilha do município de Florianópolis. Esta ponte conecta os bairros Ribeirão da Ilha e Tapera em uma via local. Conforme medição no local, a ponte apresenta um vão de 22 metros e largura de 8,30 metros, sendo duas faixas de tráfego com 4,15 metros cada. Ainda, apresenta passeio para pedestres com 1,30 metro de cada lado da via.

As principais etapas desenvolvidas na elaboração do projeto e do dimensionamento da ponte de madeira para este estudo de caso [9] estão descritas a seguir.

(1) Para a definição da geometria da ponte foi utilizado um modelo de treliças modulares já proposto [5, 4]. Também, para o e do pré-dimensionamento dos elementos constituintes foi usado como referência o projeto da SIURB [11]. Os desenhos dos detalhes construtivos foram realizados nos softwares Autodesk Autocad e Autodesk Revit.

(2) Para a definição das cargas atuantes foram consideradas a NBR 7188 [2] e o Projeto de

Revisão da NBR 7190 [3]. As combinações foram feitas para os Estados Limites Último e de Serviço utilizando a NBR 8681 [1], bem como propostas do “Manual de projeto e construção de pontes de madeira” [5]. Após este cálculo, a treliça foi modelada no *software* Ftool, as cargas foram inseridas e foram analisadas as linhas de influência e os esforços mais críticos da estrutura.

(3) Na sequência, foram feitas as conferências dos esforços resistentes e condições de segurança previstos [3, 5, 7] para elementos submetidos a tração e flexo compressão e para o tabuleiro.

(4) Por fim, para o dimensionamento das ligações uma nova combinação de esforços foi feita para o Estado Limite Último [5]. Nas ponderações de esforços, bem como no espaçamento entre parafusos e dos valores limites, foi utilizado o previsto pelo Projeto de Revisão da NBR 7190 [3]. Entretanto, para quantificar e dimensionar os pinos do projeto foi utilizado o EUROCODE 5 [7].

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o dimensionamento da ponte foi considerado o uso de madeira dicotiledônea, de qualidade S20 e classe C60. Com isso, foi observada a necessidade de 20 longarinas para compor a estrutura, cada uma delas formada por 11 módulos treliçados. A Figura 1 ilustra uma longarina, enquanto a Figura 2 mostra a disposição delas sob a ponte.

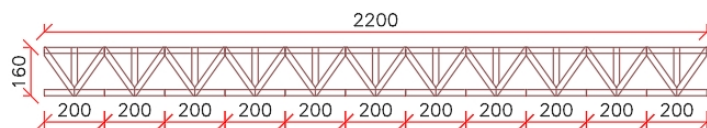


Figura 1: Longarina da ponte composta por 11 módulos treliçados [9]

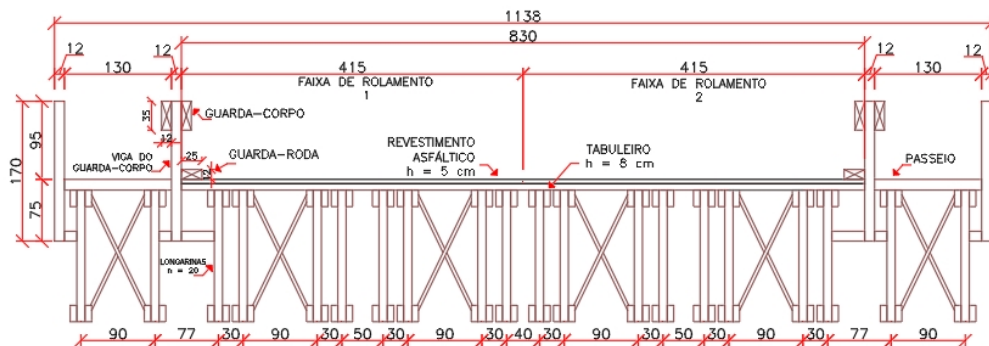


Figura 2: Seção transversal da ponte [9]

Sobre a estrutura foi disposto o carregamento resultante da combinação das ações permanentes e variáveis para encontrar os esforços atuantes nos elementos da treliça e verificar a segurança da estrutura para esforços críticos. Na Tabela 1 são apresentados os maiores esforços atuantes em cada elemento da longarina, bem como a seção das peças. O resultado das verificações

é mostrado na Tabela 2.

Tabela 1 – Esforços críticos para o Estado Limite Último e dimensões nos elementos da treliça [9]

<b>Elemento</b>	<b>Esforço Crítico [kN]</b>	<b>Seção [cm]</b>
Banzo Superior	-442,80	8 x 20 x 200
Banzo Inferior	421,30	8x20x200
Montante	-20,70	20 x 10 x (118,8+14)
Diagonal	+122,40 / -112,20	20 x 10 x 164,7

Tabela 2 – Verificações de segurança [9]

<b>Verificação da flecha para o vão de 22 m</b>				<b>Verificação da flexo compressão</b>	
Flecha limite [cm]		7,33		Banzo Superior	$0,76 \leq 1$
Flecha imediata [cm]		7,14		Diagonal mais comprimida	$0,54 \leq 1$
<b>Verificação da tração [MPa]</b>				<b>Verificação do tabuleiro [MPa]</b>	
<i>Banzo inferior</i>		<i>Diagonal mais tracionada</i>			
Esforço solicitante	13,1 7	Esforço solicitante	6,12	Esforço solicitante	13,11
Esforço resistente	21,6 0	Esforço resistente	21,6 0	Esforço resistente	21,60

Para as ligações entre os elementos foram utilizados parafusos e chapas metálicas. A quantidade de parafusos necessária para ligar cada elemento é: (1) diagonal e peça de ligação - 5 pinos; (2) peça de madeira e chapa metálica – 5 pinos; (3) chapa metálica e banzo – 5 pinos; (4) espaçador e banzo – 1 pino; (5) montante e banzo – 1 pino; (6) banzo e peça de madeira que liga os módulos – 13 pinos. A distribuição dos parafusos foi feita buscando uma disposição simétrica e considerando que cada ligação deve ter no mínimo dois pinos.

### 3 CONCLUSÕES

As verificações foram satisfatoriamente alcançadas, tendo a estrutura atendido às condições de segurança previstas em norma. Entretanto, a alteração na geometria do módulo acarretou na necessidade da verificação da estabilidade local para os elementos espaçadores, a qual não foi realizada por questões do tempo limite da pesquisa, ficando como sugestão para trabalhos futuros.

O dimensionamento das ligações entre os elementos foi o maior desafio no decorrer do trabalho. Entretanto, com base na norma europeia, foi encontrada uma solução através do uso de chapas e peças de madeira para transmissão de esforços. Faz-se necessário atualizar este estudo com base na nova norma brasileira para estruturas de madeira publicada pela ABNT em julho de 2022.

#### 4 REFERÊNCIAS

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8681/2003. Ações e segurança nas estruturas – procedimento. Rio de Janeiro, ABNT. 2003.
- [2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7188/2013. Carga móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas. Rio de Janeiro, ABNT. 2013.
- [3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto de Revisão NBR 7190/1997 - Projetos de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, ABNT. 2010.
- [4] BAGGIO, F. Estudo de caso empregando o sistema de treliças modulares para pontes de madeira no município de Londrina/PR. 2017. 108 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2017.
- [5] CALIL JÚNIOR, C. *et al.* Manual de projeto e construção de pontes de madeira. São Carlos: Suprema, 2006. 252p.
- [6] CALIL JÚNIOR, C., MARIN, C. P., PALMA, G. Ponte treliçada modular pré-fabricada de madeira. In: IX Encontro Brasileiro em Madeira e em Estruturas de Madeira, 2004, Cuiaba - MT, 2004.
- [7] CEN - COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION. Eurocode 5: Design of timber structures, Part 2, Bridges, London, UK, 2004.
- [8] FERNÁNDEZ, B. O. Sistema de treliças modulares para pontes de madeira: uma boa alternativa para o Estado do Pará. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2010.
- [9] FLORES, D. P. Estudo de caso: Projeto e dimensionamento de ponte com treliça modular de madeira para o município de Florianópolis. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Florianópolis, 2022.
- [10] MENDES, C. B. Estudo de caso: Patologias na ponte de concreto armado no Ribeirão da Ilha de Florianópolis. 2022. 128 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Florianópolis, 2022.
- [11] SIURB - SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA E OBRAS DE SÃO PAULO. Projeto IP 04/2004 – Dimensionamento de pavimentos flexíveis para tráfego leve e médio. São Paulo. 2004.
- [12] SOUSA, L. K.; ACOSTA, C. V.; CALIL JÚNIOR, C. Sistemas construtivos para pontes de madeira In: VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas, 2014, Rio de Janeiro.



**VCBCTEM**

CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA  
E TECNOLOGIA DA MADEIRA