

ANÁLISES EXPERIMENTAIS E NUMÉRICAS NA OTIMIZAÇÃO DE LIGAÇÕES SEMIRRÍGIDAS COLADAS EM ESTRUTURA RETICULADA MLC DE *Pinus spp*

Leandro Dussarrat Brito¹ (dussarrat@sc.usp.br); **Carlito Calil Junior²** (calil@sc.usp.br)

^{1,2}Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de São Carlos, São Paulo, Brasil.

Resumo

Este trabalho caracteriza-se pela realização de análises numéricas em comparativo aos resultados dos estudos experimentais de um protótipo original de estrutura reticulada ortogonalmente, tipo grelha apoiada sobre quatro cantos, constituída por elementos estruturais em madeira lamelada colada de *Pinus spp*. As ligações entre os elementos estruturais de madeira lamelada colada foram idealizadas com vinculações semirrígidas momento↔resistente, vinculadas com barras nervuradas de aço CA-50, coladas com epóxi estrutural COMPOUND[®] ADESIVO[®]. Os ensaios experimentais estáticos a flexão foram realizados com auxílio do sistema de aquisição de dados SYSTEM 5000[®], utilizando-se 15 canais com transdutores de deslocamento LVDT, posicionados abaixo dos NÓS intermediários das ligações e, um canal de aquisição de dados direcionado para a célula de carga. Para validação dos resultados dos ensaios experimentais foram realizadas análises numéricas pelo método de elementos finitos através da modelagem computacional com auxílio da licença educacional do software RFEM[®]DLUBAL[®]. Os resultados experimentais da proposta estrutural indicam a possibilidade na otimização através de ligações semirrígidas, pela transferência parcial de momentos resistentes entre as vinculações da barras de aço CA-50, coladas com adesivo epóxi entre os elementos estruturais de madeira lamelada colada de *Pinus spp*. Na análise global do sistema, diante dos resultados experimentais, a utilização das ligações idealizadas no modelo deste protótipo foi perceptível observar o comportamento realístico da deformada global da estrutura assemelhando-se ao modelo teórico de grelha estrutural. Este comportamento ficou ainda mais evidente na análise comparativa dos valores das deformadas pontuais de cada nó da estrutura, obtidos nos resultados dos ensaios experimentais quando correlacionados com os resultados extraídos das análises numéricas.

Palavras-chave: Engenharia. Estrutura. Madeira. Ligação. Semirrígida.

Abstract

This work is characterized by numerical analysis in comparison to the results of experimental studies of an original prototype of orthogonally reticulated grid structure supported on four corners, consisting of structural members made glulam of pine spp. The joints between the structural members of glued laminated timber were idealized with resistant moments semi-rigid joints, connected with ribbed CA-50 steel rods, bonded with structural epoxy COMPOUND[®] ADESIVO[®]. Static flexural tests were performed with the aid of the SYSTEM 5000[®] data acquisition system, using 15 channels with LVDT displacement transducers, positioned below the intermediate nodes, and a loading cell-directed data acquisition channel. To validate the results of the experimental tests,

numerical analyzes were performed by the finite element method through computer modeling with aid of the RFEM®DLUBAL® software educational license. The experimental results of the structural proposal indicate the possibility of optimization by semi-rigid joints, by the partial transfer of resistant moments between the CA-50 steel bars bonded with epoxy adhesive between the structural members of *Pinus spp.* In the global analysis of the system, given the experimental results, the use of the idealized connections in the model of this prototype was noticeable to observe the realistic behavior of the global deformed structure resembling the theoretical model of structural grid. This behavior was even more evident in the comparative analysis of the point deformed values of each node of the structure, obtained in the experimental test results when correlated with the results extracted from the numerical analyzes.

Keywords: Engineering. Structure. Glulam. Connections. Semi-rigid.

1 Introdução

Em geral, as estruturas de madeira lamelada colada em forma de grelha, não se caracterizam efetivamente por um sistema estrutural de modelo de grelha. Isto fica evidente devido a ineficiência de transferência de momentos nas vinculações entre os modelos tradicionais de ligações entre elementos estruturais de madeira.

Quando se dimensiona conectores metálicos em ligações resistentes ao cisalhamento, em geral, é usual admitir-se como vinculação simplesmente apoiada. Ou seja, admitindo-se um tipo de vinculação onde não há a efetiva transferência de momento entre os elementos estruturais de madeira. Entretanto, diante da fundamentação teórica conceitual, uma estrutura global para adquirir comportamento efetivo de grelha, é fundamental que as ligações além de serem resistentes ao cisalhamento devem garantir a continuidade entre os elementos estruturais, ou seja, possuir também a função de ligação momento→resistente. Diante deste conceito, considera-se fundamental a realização de trabalhos com experimentos de um protótipo em escala real, fundamentado pela base conceitual de estudos no comportamento efetivamente mais realístico ao que se enquadraria ao modelo clássico de grelha.

Assim, visando-se um estudo sistêmico de otimização de ligações semirrígidas em análises de estruturas especiais em madeira lamelada colada, este trabalho caracteriza-se pela originalidade na idealização de um protótipo de modelo de grelha, constituída por peças de madeira de *pinus spp.*, vinculadas através da união de barras nervuradas de aço CA50 coladas com adesivo epóxi. Para os posicionamentos das barras de aço coladas na seção transversal das peças foram admitidas as recomendações, dimensões e espaçamentos mínimos, de acordo com os critérios normativos para ligações dispostos na ABNT NBR 7190 e no prEN 1995-2: 2003 Anexo C informativo “*Bonded-in steel rods*” do EUROCODE 5. Para avaliação do comportamento global da estrutura reticulada ortogonalmente em forma de grelha, admitindo-se suas extremidades sobre quatro apoios de canto, foram realizados ensaios experimentais estáticos à flexão no protótipo idealizado, utilizando-se célula de carga central e 15 transdutores de deslocamentos sob os NÓS de ligações intermediários da estrutura acoplados ao DATA SYSTEM 5000®. Para validação dos resultados dos ensaios experimentais foram realizadas análises numéricas pelo