

AValiação EXPERIMENTAL E NUMÉRICA DE DESLOCAMENTOS VERTICAIS EM VIGAS DE MADEIRA LAMINADA COLADA COM REFORÇO DE FIBRA SINTÉTICA

**Eng^a. Aléxia Brandão Ribeiro, Universidade Estadual de Campinas (Unicamp),
a.brandao.ribeiro@gmail.com**

Eng. Renato Saldanha, Unicamp, saldanha.rsv@gmail.com

Eng. Ailton Nascimento Alves, Unicamp, ankaton@hotmail.com

Me. Bruno Fazendeiro Donadon, Unicamp, donadon.bf@gmail.com

Prof. Dr. Nilson Tadeu Mascia, Unicamp, nilson@fec.unicamp.br

Resumo

O uso de reforços com fibras sintéticas e naturais vem sendo estudado para a aplicação em vigas de madeira laminada colada decorrente da necessidade cada vez maior de melhorar a segurança das estruturas, transformando o modo de ruptura de frágil (tração) para dúctil (compressão), e também de se obter vigas com melhores propriedades de rigidez e de resistência. O aumento da rigidez deste elemento estrutural representa ganho na condição de serviço, através, principalmente, da redução do deslocamento vertical. Neste contexto, esse trabalho tem como objetivo avaliar experimentalmente e numericamente os deslocamentos verticais de vigas de madeira laminada colada (MLC) composta por laminas de *Pinus elliottii* coladas com adesivo de Emulsão Polimérica de Isocianato (EPI) e reforçadas com fibras de Vectran®. Comparações com viga não reforçada são realizadas por meio de ensaio de flexão em três pontos utilizando transdutores de deslocamentos e software comercial baseado em elementos finitos para a simulação numérica. Os resultados experimentais confirmam um aumento da rigidez das vigas reforçadas em relação a não reforçada, confirmando o estudo analítico e numérico anteriormente feito. Para as vigas avaliadas, com e sem reforço, os deslocamentos observados através dos modelos teórico e numérico são menores que aqueles obtidos na parte experimental, sugerindo que as lâminas não tem perfeita aderência entre si. Conclui-se que a redução dos deslocamentos é um ganho importante e que a aplicação do reforço é válida para essa finalidade.

Palavras-Chave: Madeira Laminada Colada (MLC). Reforço. Adesivo EPI. *Pinus elliottii*. Fibras Vectran.

Abstract

The synthetic and natural fiber reinforcement application has been studied for the application in glued laminated timber due to the increasing need of the structures safety improvement, transforming the mode of rupture from fragile (tension) to ductile (compression), and in order to obtain beams with better rigidity and strength properties. This structural element rigidity increase represents a gain in the service condition, mainly through the reduction of the vertical displacement. In these context, these paper's objective is to evaluate experimentally and numerically the vertical displacements of reinforced glue laminated timer, that is composed of dimensioned lumber *Pinus elliottii* glued together with Isocyanate Polymeric

Emulsion (EPI) adhesive and reinforced with Vectran® fiber. Comparisons with no reinforced beam are made by means of a three-point flexural test using displacement transducers and numerical simulation by a commercial finite element software. The experimental results confirms the stiffness gain of the reinforced beam in comparison to the unreinforced, presumed by the analytical and numerical study. For all beams studied, with and without reinforcement, the displacements observed by the theoretical and numerical models showed are smaller than the experimental ones, which may suggest that the lumber pieces do not have perfect adhesion. It is concluded that the minimization of the central displacement is an important gain and that the application of the reinforcement is valid for this purpose.

Keywords: Glue Laminated Timber. Reinforcement. EPI Adhesive. *Pinus elliotii*. Vectran Fibers.

1 Introdução

O uso de sistemas compósitos vem sendo incrementado na engenharia de estruturas. Em geral, um material compósito é constituído por um conjunto de materiais heterogêneos associados para realizarem uma função que os materiais constituintes isoladamente não poderiam exercer.

Na engenharia civil, particularmente na área de estruturas de madeira, as vigas de madeira laminada colada (MLC) constituem-se num exemplo importante, pois em sua forma natural, a madeira pode apresentar defeitos, tais como nós, que diminuem sua capacidade resistente. A laminação permite a formação de um conjunto estrutural mais eficaz, e é uma das soluções para um melhor aproveitamento da madeira (BODIG e JAYNE, 1982).

Adicionalmente, o uso de reforços com fibras sintéticas e naturais vem sendo estudado para a aplicação em vigas de madeira laminada colada decorrente da necessidade cada vez maior de melhorar a segurança das estruturas, transformando o modo de ruptura de frágil (tração), destas peças fletidas, para dúctil (compressão), e decorrente desta aplicação pode se obter vigas com melhores propriedades de rigidez. O aumento da rigidez deste elemento estrutural representa ganho na condição de serviço, através, principalmente, da redução do deslocamento vertical.

Por se tratar de um material compósito, a madeira laminada colada com o reforço de fibras possui diferentes propriedades do seu material componente fazendo-se necessário um melhor conhecimento sobre seu desempenho mecânico.

Sob esta ótica, esse trabalho tem como objetivo avaliar os deslocamentos de vigas de madeira laminada colada (MLC) compostas por laminas da madeira *Pinus elliotii* coladas com Emulsão Polimérica de Isocianato (EPI) e reforçadas com fibra de Vectran®. Para isto, foram realizados abordagens experimental, por meio de ensaio de flexão em três pontos, analítica via equação da linha elástica e numérica, utilizando-se software comercial baseado em elementos finitos.

2 Revisão de Literatura

Fiorelli e Dias (2011) estudaram a aplicação de reforço de fibras de vidro em vigas de madeira laminada colada e concluíram que os reforços introduzidos na região tracionada da viga melhoraram a resistência e a rigidez deste elemento em função da gramatura de fibra aplicada,