

CONFIABILIDADE ESTRUTURAL NO DIMENSIONAMENTO DE VIGAS DE MADEIRA LAMELADA COLADA REFORÇADAS COM FIBRA SINTÉTICA

Ramon Vilela¹ (ramonvilela@outlook.com); **Bruno Fazendeiro Donadon²** (donadon.bf@gmail.com); **Nilson Tadeu Mascia³** (ntm@unicamp.br).

^{1,2}Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, FEC/ Unicamp – Campus de Campinas/SP, Brasil. ³Departamento de Estruturas, FEC/ Unicamp – Campus de Campinas/SP, Brasil.

Resumo

Vigas de Madeira Lamelada Colada têm sido amplamente empregadas em estruturas na qual a arquitetura exige o uso de vãos e formas não convencionais, demandando um dimensionamento mais refinado através de métodos numéricos. Em alguns casos podem ser requeridos elementos estruturais com maior resistência e/ou rigidez, sendo então necessário o uso de reforço estrutural para que os elementos atendam aos requisitos de projeto. Entretanto, as normas brasileiras não contemplam um método para análise e dimensionamento de elementos de madeira reforçados por fibra. Neste sentido, este trabalho visa avaliar a confiabilidade estrutural do dimensionamento de vigas de madeira lamelada colada reforçadas com fibras via método dos elementos finitos. Para isso, simulações numéricas foram realizadas através do software ANSYS®, tendo como parâmetros de resistência e rigidez para a viga aqueles estabelecidos pela norma brasileira vigente de estruturas de madeira e a teoria dos volumes para estimar os parâmetros físico-mecânicos para reforço com fibras. A probabilidade de falha do dimensionamento foi avaliada pela simulação de Monte Carlo, considerando-se a variação das propriedades mecânicas da madeira, adesivo e fibra de Vectran®. Assim, constatou-se que a aplicação do reforço melhorou as capacidades de resistência nos estados limites últimos e de serviço. Além do mais, os carregamentos médios limites produzidos pelos vários modelos normativos demonstraram-se mais conservadores, de modo geral, comparado e o método de probabilístico.

Palavras-chave: Madeira. MLC. Reforço estrutural. Elementos finitos. Confiabilidade estrutural.

Abstract

Glued Laminated Timber beams have been widely used in structures where architecture requires the use of unconventional spans and shapes, requiring more refined design through numerical methods. In some cases, structural elements with higher strength and/or stiffness may be needed and then structural reinforcement is required to meet the design requirements. However, Brazilian standards do not include a method for analyzing and sizing fiber-reinforced timber elements. In this sense, this work aims to evaluate the structural reliability of the design of fiber reinforced glued laminated timber beams via the finite element method. For this, numerical simulations were performed using ANSYS software, having as strength and stiffness parameters for the beam those established by

the current Brazilian standard of wood structures and volume theory to estimate the physical-mechanical parameters for fiber reinforcement. The probability of design failure was evaluated by Monte Carlo simulation considering the variation of the mechanical properties of timber, adhesive and Vectran[®] fiber. Thus, the reinforcement application improves the strength in the ultimate and service limit states. Besides, the averages of limit loads by the various normative methods shown to be more conservative in general compared and the probabilistic method.

Keywords: Timber. Glulam. Structural reinforcement. Finite elements. Structural reliability.

1 Introdução

Peças de Madeira Laminada Colada (MLC) são considerados a evolução de elementos estruturais de madeira serrada. Esta constatação é possível levando em consideração: seu processo produtivo com um controle de qualidade mais rigoroso; aumento de sua rigidez e capacidade de resistência médias proporcionados pelo classificação da matéria prima; bem como pela redução da variabilidade de propriedades físicas e geométricas (FIORELLI; DIAS, 2011). Vigas de MLC têm sido amplamente empregadas em estruturas na qual a arquitetura exige o uso de vãos e formas não convencionais, o que acaba demandando um dimensionamento mais refinado através de métodos numéricos, como por exemplo, por elementos finitos (MASCIA *et al.*, 2018).

A associação de materiais como reforço estrutural em vigas de MLC é uma técnica que vem sendo estudada a fim de compreender o desempenho mecânico do MLC reforçado (VILELA; MASCIA; DONADON, 2019). Esta técnica demonstrou grande eficiência quando aplicada em vigas de MLC produzidas com madeira de espécies de baixas resistência e rigidez como forma de melhorar essas propriedades (HERNANDEZ *et al.*, 1997). Além disso, o reforço pode contribuir para o aumento da resistência à flexão, mudando o modo de ruptura de frágil para uma ruptura mais dúctil conforme Bertoline *et al* (2016). Tais reforços são usualmente realizados por compósitos produzidos por materiais metálicos, como fibra de carbono ou fibrosos, como as sintéticas de vidro, poliméricas ou naturais tendo adesivo estrutural como matriz aglomerante (JACOB; BARRAGÁN, 2007; RAFTERY; HARTE, 2011; SOLAROV; GLISIC, 2014; GLIŠOVIĆ *et al.*, 2017).

De modo similar a diversas normas estrangeiras, as normas brasileiras utilizam os Estados Limites para garantir a segurança da estrutura. Este, por sua vez, consiste em um método semiprobabilístico, baseado na estimativa de propriedades e carregamentos característicos modificados para se tornarem propriedades e carregamentos de projeto (ALMEIDA, 2008). Entretanto, a análise e dimensionamento de elementos de MLC reforçados ainda não são previstos pelas normas brasileiras vigentes. Este fato inibe o uso da técnica de reforço estrutural, que, em muitos dos casos, permitiria a redução de seção transversal, aumento de rigidez, capacidade de resistência ou mesmo um incremento na carga de utilização do projeto.