



CAVILHAS DE MADEIRA COMO ALTERNATIVA PARA ESTRUTURAS MISTAS DE MADEIRA E CONCRETO

Filipe Luigi Dantas Lima Santos^{1*}, Heloise Ferreira Santos²; Lucas Lima Costa¹; Vinícius de Sousa Lima¹; Rita Dione Araújo Cunha¹ e Sandro Fábio César¹

*Autor de contato: filipelugi.s@gmail.com

¹ Laboratório de Madeiras (LABMAD), Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil (PPEC), Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador-BA, Brasil

² Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador-BA, Brasil

RESUMO

Nos últimos anos, estudos sobre estruturas mistas de madeira e concreto têm concentrado seu foco no comportamento mecânico de conectores metálicos. No entanto, argumenta-se que a presença de elementos metálicos pode comprometer a sustentabilidade desses sistemas, além de torná-los suscetíveis à corrosão tanto na madeira quanto no concreto. Este trabalho tem como objetivo a proposta a aplicação de cavilhas de madeira como uma alternativa mais sustentável em comparação aos conectores metálicos em estruturas mistas de madeira e concreto. Para atingir esse objetivo, foram confeccionadas 24 cavilhas de maçaranduba (*Manilkara spp.*) com diâmetros nominais de 16 mm e 20 mm, inseridas em madeira serrada de eucalipto (*Eucalyptus cloeziana*) e ensaiadas de acordo com o *push-out test*. As cavilhas foram inseridas em peças de eucalipto em duas configurações distintas: perpendicularmente (90° em relação às fibras da madeira) e inclinadas (45° em relação às fibras da madeira). Os resultados indicaram que a força máxima foi superior quando as cavilhas foram inseridas de forma perpendicular. No entanto, a rigidez foi maior quando as cavilhas foram instaladas de forma inclinada. Além disso, o estudo demonstrou que o diâmetro das cavilhas não influenciou nos resultados de rigidez.

Palavras-chave: compósitos estruturais; push-out test; módulo de deslizamento.

ABSTRACT

In recent years, research on timber-concrete composite (TCC) structures has focused on the mechanical performance of steel connectors. However, concerns have been raised regarding the environmental impact of these components and their susceptibility to corrosion in both timber and concrete, questioning the use of steel in TCC structures. This study investigates the use of wooden dowels as a novel and sustainable alternative to steel connectors in TCC systems. Twenty-four maçaranduba (*Manilkara spp.*) dowels, with nominal diameters of 16 mm and 20 mm, were manufactured, embedded in sawn timber, and evaluated using push-out tests. The dowels were installed in eucalyptus wood (*Eucalyptus cloeziana*) in two configurations: perpendicular (90° to the wood grain) and inclined (45° to the wood grain). The results showed that the load-carrying capacity was higher for dowels inserted perpendicularly, while inclined dowels demonstrated superior slip modulus values. Additionally, dowel diameter was found to have no significant influence on the slip modulus of the connection.

Keywords: composite structures; push-out test; slip modulus.

1. INTRODUÇÃO

A escassez de aço durante o período das guerras impulsionou a busca por materiais alternativos para a reconstrução das regiões em conflito, dando origem às primeiras técnicas de estruturas mistas de madeira e concreto (Rodrigues *et al.*, 2013). No Brasil, destacou-se o “Programa Emergencial de Pontes para o Estado de São Paulo”, coordenado pelo Laboratório de Madeiras da Universidade de São Paulo (São Carlos), que construiu cinco pontes com o sistema misto de madeira e concreto ao longo dos anos 2000 (Calil Junior; Molina, 2011). Atualmente, o sistema tem atraído a atenção dos projetistas por apresentar vantagens em comparação aos materiais utilizados separadamente.

Entre as vantagens das estruturas mistas, destacam-se a capacidade de aumentar o amortecimento de vibrações, a contribuição para o isolamento termoacústico e o melhor aproveitamento das características mecânicas de cada material, resultando em uma estrutura mais sustentável (Rodrigues *et al.*, 2016). Essas vantagens justificam o crescente interesse internacional pelos sistemas mistos de madeira e concreto na primeira década dos anos 2000 (Dias *et al.*, 2015).

Os sistemas mistos de madeira e concreto têm como premissa básica que os dois materiais funcionem da forma mais monolítica possível. Dessa forma, a distribuição de tensões ocorre de maneira que o concreto seja solicitado predominantemente a esforços de compressão, enquanto a madeira resista aos esforços de tração e compressão (Dias, 2005; Yeoh, 2010). Para alcançar esse nível de monolitismo, é necessário um sistema de conexões com rigidez suficiente para transferir os esforços entre os materiais. Dentre os sistemas de conexão disponíveis, aqueles compostos por conectores metálicos têm ganhado espaço no mercado e na comunidade acadêmica ao longo da última década.

O desempenho mecânico de conectores metálicos utilizados em construções mistas de madeira e concreto é amplamente investigado na literatura devido a benefícios que incluem desde a característica dúctil dos metais até a possibilidade de soluções construtivas mais simplificadas (Marchi *et al.*, 2017; Du *et al.*, 2019; Gan *et al.*, 2023; Sebastian; Cao, 2024). Por outro lado, alguns autores argumentam que o uso de conectores metálicos em estruturas de madeira pode representar entre 15% e 25% da quantidade de energia e carbono incorporados em toda a edificação (Hens *et al.*, 2021; Lukic *et al.*, 2021). Isso evidencia uma lacuna na busca por materiais alternativos que promovam maior sustentabilidade nas construções mistas.

Nos últimos anos, alguns estudos têm demonstrado o potencial das cavilhas de madeira como alternativa aos conectores metálicos em estruturas de madeira. A literatura aponta para a diversidade de aplicações das cavilhas em produtos madeireiros, como conectores em vigas e painéis cruzados de madeira lamelada cavilhada (DLT) e como reforço em painéis de madeira lamelada colada cruzada (CLT) em áreas submetidas a esforços de compressão perpendicular às fibras da madeira (Dourado *et al.*, 2019; Pereira *et al.*, 2021; Moerman *et al.*, 2021). Este trabalho propõe a aplicação de cavilhas de madeira em estruturas mistas de madeira e concreto como uma alternativa mais sustentável em comparação aos conectores metálicos.