

COMPARAÇÃO ENTRE VALORES EXPERIMENTAIS E TEÓRICOS DA RESISTÊNCIA AO EMBUTIMENTO DA MADEIRA

Felipe Penazzo Johanns¹ (felipepj@usp.br); **Antonio Alves Dias²** (dias@sc.usp.br)

^{1,2} Universidade de São Paulo - Escola de Engenharia de São Carlos, São Paulo

Resumo

A revisão da ABNT NBR 7190 – Projeto de estruturas de madeira encontra-se em fase de conclusão, e o critério de dimensionamento de ligações realizadas por meio de parafusos passantes foi baseado no modelo de cálculo utilizado pelo Eurocode 5. Contudo, a resistência ao embutimento da madeira é calculada pela norma europeia por meio de equações advindas de análises experimentais, e diversas espécies de madeiras existentes no Brasil possuem propriedades físicas e mecânicas muito diferentes das espécies europeias. Neste trabalho foram avaliadas as resistências ao embutimento na direção paralela às fibras de nove espécies de madeiras folhosas brasileiras, cujas densidades variavam entre baixa a alta. Para tal, foram utilizados parafusos com diâmetros nominais de 10 mm, 12,5 mm e 16mm, e seis corpos de prova para cada espécie e cada diâmetro de parafuso. De modo geral, observou-se uma boa concordância entre as resistências ao embutimento estimadas pelo critério da revisão da norma brasileira e seus valores experimentais.

Palavras-chave: Ligações parafusadas. Resistência ao embutimento.

Abstract

The revision of ABNT NBR 7190 – Projeto de estruturas de madeira is in phase of completion, and the design criteria of bolted joints was based on EUROCODE 5. However, embedment strength is calculated by EUROCODE 5 through equations derived from experimental analyses, and many timber species in Brazil have physical and mechanical properties that are very different from European species. In this paper, parallel to the grain embedment strength of nine Brazilian hardwood species were evaluated, whose densities varied between low and high. To that end, bolts with nominal diameters of 10 mm, 12,5 mm e 16 mm were used, and six specimens of each specie and each bolt diameter were tested. In general, a good agreement between embedment strengths estimated by Brazilian standard revision criteria and its experimental values was observed.

Keywords: Bolted connections. Embedment strength.

1 Introdução

O texto da ABNT NBR 7190:1997 encontra-se em processo de revisão, e os critérios de dimensionamento de ligações parafusadas adotados foram baseados no EUROCODE 5:2004.

No que diz respeito à resistência ao embutimento na direção paralela às fibras da madeira, o EUROCODE 5:2004 calcula seu valor por meio de uma equação advinda de experimentos realizados com espécies de madeira europeias (WHALE e SMITH, 1986), e que, no caso das espécies brasileiras, pode não estimar de forma adequada o valor da propriedade em questão.

Nesse contexto, estudos direcionados à determinação experimental da resistência ao embutimento de espécies de madeira empregadas no Brasil tornam-se relevante, sobretudo para madeiras folhosas de alta densidade.

2 Revisão de literatura

No modelo de dimensionamento de ligações parafusadas proposto pelo projeto de revisão da ABNT NBR 7190:1997, o qual foi baseado no EUROCODE 5:2004, a resistência da ligação é calculada em função da espessura das peças de madeira ligadas, do diâmetro e da resistência à tração última do parafuso e da resistência ao embutimento na direção em que a madeira é solicitada.

Dentre as propriedades citadas, a resistência ao embutimento na direção paralela às fibras da madeira pode, segundo a norma brasileira vigente, ser estimada em função do valor de cálculo da resistência à compressão paralela às fibras.

No projeto de revisão da norma brasileira, a determinação teórica da resistência ao embutimento foi alterada, e pode, para parafusos com diâmetro igual ou inferior a 30 mm, ser realizada por meio da Equação 1.

$$f_{h0,k} = 0,082 (1 - 0,01 d) \rho_k \quad (1)$$

Em que:

- $f_{h0,k}$: valor característico da resistência ao embutimento na direção paralela às fibras da madeira em MPa;
- d : diâmetro do parafuso em mm;
- ρ_k : valor característico da densidade da madeira em kg/m³.

Essa equação é advinda do estudo experimental realizado por Whale e Smith (1986). Em seu trabalho, os autores ensaiaram quatro espécies de madeira coníferas e duas espécies de madeira folhosas, e empregaram parafusos com diâmetros que variavam entre 8 e 20 mm.

No entanto, autores como Hettiarachchi e Nawagamuwa (2005) e Sandhaas et al. (2010) observaram que, para espécies de madeira de maior densidade, os resultados experimentais de resistência ao embutimento tendem a ser superiores aos valores estimados pela norma europeia e, quanto maior é a densidade da madeira, maior é a diferença entre os resultados teórico e experimental, conforme ilustrado na Figura 1.