



AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL DA RESISTÊNCIA DE LIGAÇÕES EM MADEIRA COM PARAFUSOS PASSANTES EM CORTE DUPLO

¹Josué da Silva Junior (josuejunior@gmail.com), ²Jorge Luís Nunes de Góes (jgoes@utfpr.edu.br)

¹UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

Departamento Acadêmico de Construção Civil

²UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

Departamento Acadêmico de Construção Civil

RESUMO: As estruturas em madeira são uma alternativa importante à crescente demanda por sustentabilidade e diminuição do impacto ambiental por parte da indústria da construção civil. Um dos fatores limitantes de capacidade de carga dessas estruturas são normalmente determinadas pelas resistências das ligações entre os elementos que a compõe, sendo assim necessário o estudo profundo acerca do comportamento estrutural dessas ligações. Este trabalho tem por objetivo estudar diferentes modelos teóricos de cálculo para resistência de ligações por parafuso passante com porca e arruela em madeira, a citar, NBR 7190 e EUROCODE 5. Além disso, foram conduzidos ensaios de resistência de ligação em corpos de prova normatizados, utilizando duas espécies diferentes de madeira, Garapeira (*Apuleia leiocarpa*) e Caixeta (*Tabebuia cassinoides*). Os resultados experimentais obtidos mostram que o modelo da norma europeia é mais adequado que o modelo da norma brasileira, para o cálculo de resistência das ligações parafusadas.

Palavras Chave: Ligações em madeira; Pinos metálicos; Estruturas de madeira; Parafuso passante.

EXPERIMENTAL EVALUATION OF STRENGTH IN DOUBLE SHEAR BOLTED TIMBER JOINTS

ABSTRACT: Wooden structures are an important alternative to growing demand for sustainability and reduced environmental impact from the construction industry. One of the limiting factors of carrying capacity of these structures are usually determined by the resistances of the connections between the elements that are composed, necessary to the deep study on the structural behavior of these connections. This paper presents to study different theoretical models of calculating resistance connections through bolt with nut and washer in timber, quote, NBR 7190 and EUROCODE 5. Also it was conducted bond strength tests on standardized test specimens using two different species of wood, Garapeira (*Apuleia leiocarpa*) and Caixeta (*Tabebuia cassinoides*). The experimental results show that the model of the European standard is more appropriate than the Brazilian standard model for calculating the resistance of bolted connections.

Keywords: Timber connections; Metallic pins; Timber structures; Bolt.

1. INTRODUÇÃO

O uso da madeira em estruturas representa uma das mais promissoras soluções à urgente necessidade por sustentabilidade e diminuição da degradação ambiental pela indústria da construção civil, no entanto, a execução de grandes estruturas de madeira requer peças maciças com dimensões dificilmente encontradas. Para viabilização dessas estruturas, é necessário efetuar uniões compatíveis com as solicitações mecânicas, oferecendo resistência, durabilidade e segurança.

A resistência da estrutura é normalmente determinada pela resistência das ligações, além disso, as dimensões dos elementos estruturais são muitas vezes determinadas pelo número e as características físicas do tipo de conector a ser usado.

As ligações com pinos metálicos são uma das mais utilizadas no Brasil, principalmente devido ao baixo custo e facilidade de execução. As ligações pregadas e parafusadas são exemplos de ligações por pinos metálicos.

O trabalho de maior destaque na área de ligações com pinos metálicos (pregos, parafusos passantes ou parafusos auto-atarraxantes) foi desenvolvido por JOHANSEN (1949). O modelo proposto por Johansen deu origem ao que hoje é conhecido por EYM (European Yield Model), presente em várias normas, entre as quais, a norma europeia (EUROCODE 5) e a brasileira (NBR 7190).

A metodologia especificada pela norma nacional para cálculo de resistência de ligações, apesar de ser baseada na teoria de Johansen, é simplificada e restrita a algumas configurações específicas de peças. Além disso, a norma não contempla alguns efeitos não lineares que possuem influência significativa na resistência final da ligação.

Assim, torna-se providencial um estudo comparativo entre os modelos analíticos de documentos normativos, nacionais e internacionais, bem como de resultados de ensaios experimentais, a fim de avaliar a adequação desses modelos para o dimensionamento de ligações parafusadas. Somando-se a isso, ressalta-se que atualmente a norma brasileira NBR 7190 (1997) “Projeto de Estruturas de Madeira” está em fase de revisão e diversos estudos vêm sendo desenvolvidos no país para subsidiar possíveis revisões no texto.

1.1 Ligações em madeira por pinos metálicos

A atual norma brasileira para projetos de estruturas de madeira, NBR 7190 (1997) “Projeto de Estruturas de Madeira”, aborda as ligações em madeira diferenciando tipos de ligações da seguinte forma: ligações por pinos metálicos (pregos e parafusos), cavilhas, conectores metálicos (anéis e CDE) e por fim as ligações coladas.

De acordo com TIMBER ENGINEERING STEP 1 (1995), para as conexões comumente utilizadas, é feita uma distinção entre as ligações de carpintaria (entalhes ou encaixes) e ligações mecânicas, que podem ser feitas a partir de diversos tipos de conectores. Ainda segundo STEP 1, as ligações mecânicas tradicionais são divididas em dois grupos dependendo de como as forças são transmitidas entre os membros da ligação, são eles:

- *Metal dowel type fasteners*, onde o carregamento é transferido pela ação do elemento metálico de ligação. Neste tipo de ligação, o comportamento é regido pelos modos de falha propostos por Johansen, com pequenas adaptações para os diferentes tipos de conectores. Pregos, parafusos, pinos metálicos e grampos pertencem a esse grupo;
- *Bearing-type connectors*, onde o carregamento é transferido principalmente pela superfície próxima ao conector. Nestes casos a teoria de Johansen não se aplica. Os cálculos são geralmente determinados por tensões de cisalhamento e de compressão na madeira. Chapas de dentes estampados (CDE) e anéis metálicos pertencem a esse grupo.

O modelo teórico desenvolvido por JOHANSEN (1949), que atualmente serve de base para a maioria dos documentos normativos nacionais e internacionais, foi desenvolvida apenas para ligações com pinos metálicos. Os pinos metálicos podem ser classificados em *nails* que são os pregos os *dowels*, que são barras de aço lisas do diâmetro do furo ajustados, os *bolts*,