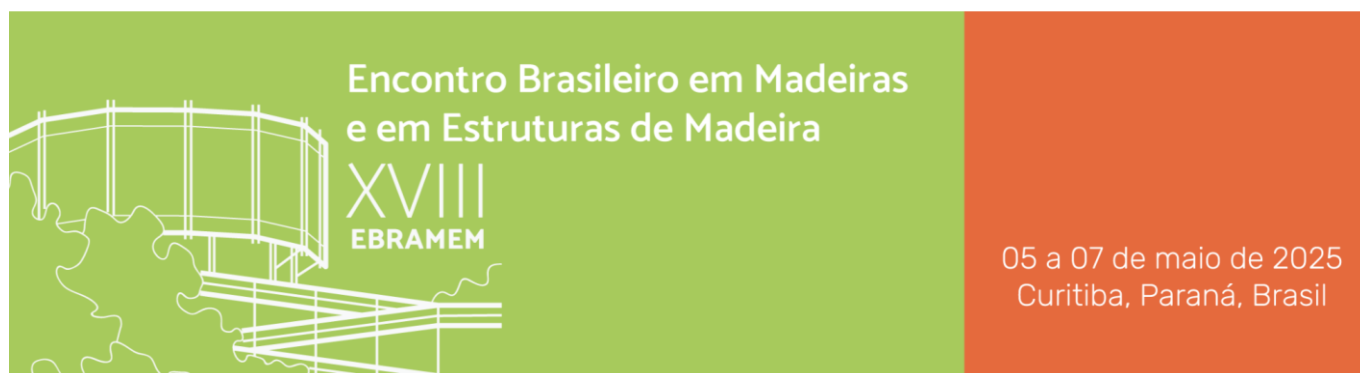




ROLLING SHEAR EM MADEIRA LAMELADA COLADA CRUZADA (CLT): UMA REVISÃO SISTEMÁTICA.

Otávio Augusto Sartor Bodanese^{1*}, Gustavo Savaris²

*Autor de contato: otavioaugustosartor@hotmail.com

¹ Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA), Foz do Iguaçu, Brasil.

² Departamento de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Toledo, Brasil.

RESUMO

A madeira lamelada colada cruzada é um produto estrutural muito recente e promissor, desenvolvido na década de 1980 na Europa. Entretanto, devido ao seu desenvolvimento recente, há uma lacuna significativa de conhecimento sobre o seu comportamento e dimensionamento. Quando o CLT é submetido a esforços de flexão, um dos modos de falha ocorre por cisalhamento das lamelas transversais, fenômeno denominado de *Rolling Shear*, e, faltam dados de referência dessa propriedade para espécies comerciais Brasileiras, o que motivou este estudo, que realizou uma revisão sistemática de literatura. Foram buscados dados experimentais de resistência, suas variáveis de influência, configurações de ensaio e adesivos mais utilizados. Analisou-se mais de 700 publicações encontradas nas bases de pesquisa Periódicos Capes, Web of Science e Scopus, que foram filtrados 15 artigos de relevância para o tema. Encontrou-se que as coníferas possuem grande variação na sua resistência ao *Rolling Shear*, e melhor desempenho do gênero *Eucalyptus*, com menor variação. Os principais compostos dos adesivos são a base de poliuretano e fenóis, e os ensaios mais comuns são: ensaio de *Planar Shear*, Flexão de 3 e 4 pontos. Apenas 1 dos 15 artigos selecionados é de origem brasileira, evidenciando a necessidade de estudos sobre o tema.

Palavras-chave: Cisalhamento; CLT; Resistência mecânica; Revisão sistemática; Rolling Shear.

ABSTRACT

Cross-laminated timber (CLT) is a recent and promising structural product developed in Europe during the 1980s. Due to its recent development, there is a significant knowledge gap regarding its behavior and design. When subjected to bending forces, one failure mode occurs due to shear in the transverse layers, a phenomenon known as *Rolling Shear*. However, a lack of references on this property for Brazilian commercial species, is the factor which motivated this study. A systematic literature review was conducted to gather information on experimental data on *Rolling Shear* resistance, influencing variables, test configurations, and commonly used adhesives. Over 700 publications from databases such as Periódicos Capes, Web of Science and Scopus were analyzed, and 15 relevant articles were found. Results showed that conifers exhibit high variation in *Rolling Shear* resistance, while the *Eucalyptus* genus performed better with lower variation. Adhesives were mainly polyurethane or phenol-based, and the most common tests were *Planar Shear*, 3- and 4-point bending. Only one of the 15 selected articles originated from Brazil, highlighting the need for national studies on CLT.

Keywords: CLT; Mechanical strength, Rolling shear; Shear; Systematic review.

1. INTRODUÇÃO

Devido a busca de mitigar os impactos ambientais causados pela indústria da construção, observou-se a ascensão de pesquisas relacionadas ao uso de madeira na construção civil, isso levou a criação e aperfeiçoamento de técnicas de construção em madeira, dentre elas destaca-se o *Cross Laminated Timber* (CLT) ou Madeira lamelada colada cruzada (MLCC). O CLT é um dos produtos mais interessantes e inovadores de engenharia no que se diz a propriedades mecânicas, potencial de pré-fabricação, versatilidade e sustentabilidade (DANIELSSON; JELEČ, 2022).

O produto engenheirado de madeira é resultado da colagem de lamelas de madeira com orientação ortogonal umas às outras (PASSARELI, 2013), podendo ser produzido nas mais diversas dimensões e configurações, sendo usual o uso de um número ímpar de lamelas variando entre 3, 5 ou 7 (JELEČ; VAREVAC; RAJČIĆ, 2018). A configuração em múltiplas lamelas proporciona capacidades resistivas tanto para cargas atuantes dentro e fora do plano dos painéis, o que possibilita a construção de elementos de placas, como pisos e paredes (BRANDNER et al., 2016; JELEČ; VAREVAC; RAJČIĆ, 2018).

Devido a orientação ortogonal das lamelas, e da intrínseca anisotropia da madeira, o comportamento mecânico de elementos CLT é complexo, havendo por parte dos pesquisadores, projetistas e fabricantes ainda algumas incertezas sobre o dimensionamento de peças de CLT. Diversas teorias e métodos analíticos já foram criados para elementos de CLT sujeitos a esforços normais ao seu plano, tais métodos são baseados na determinação da rigidez à flexão e a resistência ao cisalhamento do painel (AMORIM; MANTILLA; CARRASCO, 2017).

Dentre os limitantes no dimensionamento de elementos CLT, o efeito do *Rolling Shear* destaca-se na resistência de peças coladas sujeitas a carregamentos normais ao plano. A deformação por *Rolling Shear* consiste na tendência da rolagem das fibras da madeira umas sobre as outras quando há tensões tangenciais ao seu redor (EHRHART; BRANDNER, 2018; VILELA; TADEU MASCIA, 2020).

A resistência de *Rolling Shear* é dependente de diversos fatores, como: a espessura das lamelas, a densidade e espécie da madeira, o grau de umidade, a geometria dos anéis de madeira, da geometria das lamelas e da seção transversal da peça (BARROS; MASCIA; VILELA, 2022; EHRHART; BRANDNER, 2018; KARACABEYLI; GAGNON, 2019), sendo avaliada pelo módulo de cisalhamento transversal (G_{vt90}), que é considerado como sendo 1/10 do módulo de cisalhamento paralelo às fibras (G_{vt0}) (KARACABEYLI; GAGNON, 2019).

Apesar de existirem diversos estudos acerca do efeito de *Rolling Shear* ainda há dúvidas em relação a sua influência em diversas espécies de madeira, como também, da conformidade entre valores de norma e dados experimentais (BARROS; MASCIA; VILELA, 2022). Ressalta-se que a baixa precisão dos ensaios utilizados para determinar a resistência da madeira ao *Rolling Shear* é outro fator que agrava a lacuna existente de dados (ABNT, 2022).

Portanto, o presente artigo busca realizar uma revisão sistemática de literatura acerca do assunto de *Rolling Shear*, verificando nas bases de pesquisa selecionadas, quais espécies já possuem dados experimentais, comparando os resultados das pesquisas brasileiras às internacionais, como também, avaliar a variabilidade da resistência de *Rolling Shear* dentre as espécies encontradas, os principais métodos de ensaio, e as variáveis de maior influência e interesse dos pesquisadores.