

## AVALIAÇÃO DA RESPOSTA DE ELEMENTOS DE MLCC SUJEITOS A ENSAIO DE CISALHAMENTO E DE FLEXÃO

Yasmin Cristiny Fernandes Santos, Julio Cesar Molina

Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo

ycristiny@usp.br

### Objetivos

A Madeira Lamelada Colada Cruzada (MLCC) é um elemento industrializado de madeira, confeccionado no formato de painéis, compostos por lamelas coladas de forma ortogonal entre si. É utilizada na construção civil como elemento de parede ou piso. Sua utilização tem sido intensificada devido às vantagens do material, como sua eficácia estrutural e característica sustentável.

Vale mencionar ainda que a literatura nacional sobre o assunto ainda encontra-se em fase de desenvolvimento no Brasil. A ABNT NBR 7190-7 (2022) propõe alguns ensaios para determinação das propriedades de resistência e de rigidez para painéis MLCC com camadas de mesma espessura. Também propõe a equação (1) para painéis de 5 camadas de mesma espessura:

$$(GA)_{mlcc} = b \cdot t_{total} \cdot (3G_0 + 3G_{vt}) \quad (1)$$

onde  $b$  é a largura do painel,  $t_{total}$  é a espessura total  $G_0$  é o módulo de cisalhamento paralelo às fibras e  $G_{vt}$  é o módulo de cisalhamento transversal (*rolling shear*).

Este trabalho objetivou a avaliação experimental dos parâmetros de rigidez  $G_{vt}$  e de resistência  $f_{vt}$  ao *rolling shear*, a partir de ensaios de cisalhamento direto em corpos de prova, e em elementos na flexão, para a avaliação dos parâmetros relativos ao efeito *rolling shear*.

### Métodos e Procedimentos

A ABNT NBR 7190-7 (2022) não apresenta informações acerca da utilização da equação de rigidez ao cisalhamento ( $GA$ ) para painéis de 3 camadas com diferentes espessuras. Desse modo, foi desenvolvida uma equação para painel de três camadas com espessuras diferentes com base no trabalho de Criado (2023) para posterior comparação com os resultados de  $G_{vt}$  obtido para os corpos de prova. A equação desenvolvida foi a seguinte:

$$(GA)_{mlcc} = b \cdot t_{total} \cdot (0,643G_0 + 0,357G_{vt}) \quad (2)$$

Na primeira etapa do projeto, foram determinadas experimentalmente as seguintes propriedades: módulo de elasticidade transversal ao *rolling shear* ( $G_{vt}$ ) e resistência ao *rolling shear* ( $f_{vt}$ ) de forma direta em corpos de prova.

Na segunda etapa, o parâmetro ( $G_{vt}$ ) foi obtido de forma indireta através da equação 2 proposta, associada a ensaios de flexão de painéis MLCC, a fim de verificar a resposta da expressão desenvolvida com relação a equação (1).

### Resultados

Nas Tabelas 1 e 2 estão apresentados os resultados obtidos nos ensaios de cisalhamento em corpos de prova e flexão em painéis, respectivamente.

Ensaio	$f_{vt}$ (MPa)	Gvt (MPa)
1	-	-
2	2,47	332,02
3	3,20	320,80
4	2,02	198,99
5	3,03	171,92
6	2,55	168,25
7	2,82	220,55
8	2,98	192,00
9	2,93	152,55
10	2,41	174,24
Média	2,74	190,13

Tabela 1 - Resultados obtidos nos ensaios de cisalhamento

Ensaio	$f_{vt}$ (MPa)	Gvt  Eq (2) (MPa)	Gvt  (MPa) - ABNT NBR 7190-1
1	4,32	1.321,63	1.151,31
2	4,52	1.318,64	1.150,78
3	5,19	1.326,33	1.152,15
4	5,30	1.331,17	1.153,01
5	5,36	1.329,66	1.152,74
6	5,18	1.329,34	1.152,69

Tabela 2 - Resultados obtidos nos ensaios de flexão em painéis

Os resultados obtidos, para as propriedades, foram maiores que os resultados da literatura. Na Europa, o  $G_{vt}$  é adotado igual a 50 MPa. Quanto à resistência  $f_{vt}$ , assume-se 0,7 MPa ou 1,4 MPa conforme características geométricas e de resistência.

Os valores de resistência ao cisalhamento *rolling shear*, obtidos no ensaio de flexão nos painéis, foram maiores quando comparados aos resultados encontrados no ensaio de cisalhamento dos corpos de prova. Além disso, quando comparados os valores recomendados

de resistência ao cisalhamento *rolling shear*, segundo a ANSI 320 (2019), contidos no intervalo entre 2,38 MPa a 3,90 MPa, percebe-se que os resultados encontrados para o ensaio de cisalhamento foram mais precisos.

## Conclusões

A melhor maneira de se obter o valor das propriedades de resistência  $f_{vt}$  e de rigidez Gvt ao *rolling shear* a partir do documento ABNT NBR 7190-7 (2022) é através do ensaio de corpos de prova de cisalhamento.

## Agradecimentos

Ao Programa Unificado de Bolsas da Pró-Reitoria de Inclusão e Pertencimento da USP.

## Referências

AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE. ANSI 320: **Standard for performance rated cross-laminated timber**. Nova Iorque, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190-1: Projeto de estruturas de madeira- Parte 1: Critérios de dimensionamento**. 1 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2022. 81 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190-7: Projeto de estruturas de madeira- Parte 7: Métodos de ensaio para caracterização de madeira lamelada colada cruzada estrutural**. 1 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2022. 27 p.

CRIADO, T. C. (2023) - **Estudo da resistência e da rigidez ao cisalhamento transversal (rolling shear) em elementos Madeira Lamelada Colada Cruzada**. Tese de Doutorado, EESC/USP.