

## **PAINÉIS ESTRUTURAIS EM MADEIRA LAMINADA COLADA CRUZADA<sup>1</sup>**

Jônathas Dalle Mulle Santos<sup>2</sup>, Rodrigo Figueiredo Terezo<sup>3</sup>, Alexsandro Bayestorff<sup>4</sup>, Talitha Oliveira Rosa<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Vinculado ao projeto “Painéis Estruturais em Madeira Laminada Colada Cruzada”

<sup>2</sup> Acadêmico do Curso de Engenharia Florestal – CAV – Bolsista PROBITI/UDESC

<sup>3</sup> Orientador, Departamento de Engenharia Florestal – CAV – rodrigo.terezo@udesc.br

<sup>4</sup> Co-Orientador, Departamento de Engenharia Florestal – CAV

<sup>5</sup> Colaboradora, Doutora em Engenharia Florestal - UFPR

A Madeira Laminada Colada Cruzada (MLCC) é um material de construção altamente valorizado, composto por camadas finas de madeira coladas em ângulos retos. Este material utilizado na indústria da construção e na fabricação de móveis devido sua resistência e durabilidade. Desempenha um papel importante na promoção da sustentabilidade na construção, oferecendo isolamento térmico e acústico.

Neste estudo, foram utilizadas toras de *Pinus taeda* doadas por uma serraria em Capão Alto, Santa Catarina, Brasil, provenientes de florestas plantadas localizadas em Campo Belo do Sul, Santa Catarina, Brasil. A área de origem possui coordenadas de latitude 27° 53' 55" S e longitude 50° 45' 26" W, com classificação climática de Köppen Cfb e precipitação anual média de 1406 mm. Para produzir tábuas com dimensões comerciais padrão de 24 × 150 × 3060 mm e 24 × 100 × 3060 mm (espessura, largura, comprimento), foram aplicados dois sistemas de desdobramento de toras. No primeiro sistema, objetivou-se maximizar a obtenção de tábuas provenientes de lenhos mais antigos. No segundo sistema, a ênfase estava na otimização do rendimento total. Ambos os sistemas utilizaram uma combinação de uma serra fita vertical, duas serras fitas horizontais e um refilador. Cada tábua resultante foi identificada de acordo com a tora de origem e posteriormente submetida a uma estufa de secagem, até atingir um teor de umidade final de 12%.

A densidade aparente das tábuas foi determinada com auxílio de uma balança digital, é importante notar que a norma europeia EN 384 (EN, 2004) orienta que o cálculo da densidade aparente deve seguir a metodologia da ISO 13061-2, aplicável a qualquer peça com formato geométrico diferente de um prisma, desde que as dimensões possam ser medidas com precisão. Com base nos cálculos da densidade aparente média e da densidade aparente característica, foram atribuídas a cada categoria de tábuas classes de resistência correspondentes, conforme definido pela norma EN 338 (EN, 2016a). Além disso, a classe de resistência média com base na densidade aparente foi determinada de acordo com a ABNT NBR 7190 (ABNT, 2022). Também foram calculados os percentuais de tábuas classificadas em cada classe com base nas normas EN 338 (EN, 2016) e ABNT NBR 7190 (ABNT, 2022).

A classificação dos nós nas tábuas seguiu a metodologia estabelecida na norma ASTM D 245 (ASTM, 2019), de acordo com o método proposto por Carreira e Dias (2005). Essa escolha se deveu à sua aplicação em pesquisas realizadas no contexto brasileiro e à capacidade de especificar os resultados com base na área da seção transversal da madeira, conforme definido nos critérios estabelecidos pela norma EN 14081-1 (EN, 2016b). As tábuas passaram por uma classificação visual de madeira serrada, seguindo o Anexo G do projeto de norma PNBR-7190 (2006), durante esse processo foram categorizadas em quatro classes, identificadas como classe

estrutural Especial (SE), classe estrutural Nº 1 (S1), classe estrutural Nº 2 (S2) e classe estrutural Nº 3 (S3).

Após a classificação visual, foram conduzidos ensaios de flexão a três pontos para determinar o Módulo de Elasticidade (MOE) e classificadas de acordo com a norma EN 338:2016. O Tratamento 1 (T1) consistiu em todas as três camadas compostas aleatoriamente por tábuas do grupo NS1 (sem classe estrutural). No Tratamento 2 (T2), as camadas externas foram formadas por tábuas do grupo  $\geq$  C24, enquanto a camada interna consistiu em uma mistura de tábuas dos grupos C16 e  $\geq$  C18. O Tratamento 3 (T3) apresentou camadas externas compostas por uma mistura de tábuas dos grupos C16 e  $\geq$  C18, e a camada interna consistiu em uma mistura de tábuas dos grupos C14 e C16. O Tratamento 4 (T4) envolveu camadas externas formadas por uma mistura de tábuas dos grupos C14 e C16, enquanto a camada interna consistiu em tábuas do grupo NS2.

Após a classificação das lamelas, estas foram submetidas a um processo de aplainamento, garantindo que os poros da madeira estejam abertos, permitindo uma melhor penetração da cola. A cola estrutural utilizada na montagem dos painéis foi à base de poliuretano monocomponente, fornecida pela empresa Kleiberit. As laterais dos painéis foram prensadas usando cintas de amarração tensionadas com catracas. O tempo de prensagem foi de 24 horas, superior ao recomendado pelo fabricante. Os coeficientes de variação dos tratamentos foram baixos, com T1 registrando 4,5%, T2 com 3,2%, T3 com 2,1% e T4 com 4,7%. Isso ocorreu devido à configuração dos painéis, que priorizou a seleção de camadas com valores de MOE dentro de um intervalo estreito.

Foi observado pouca discrepância nas propriedades entre as tábuas das camadas externas e internas dos painéis. Os baixos coeficientes de variação refletem essa uniformidade na distribuição do MOE nos tratamentos. No caso do T2, o MOE resultante permitiu que os painéis fossem classificados na classe de resistência C30. Algumas tábuas utilizadas apresentavam MOE elevados, das classes C40 e C45, o que contribuiu para elevar o MOE geral do painel. Por outro lado, nos tratamentos T3 e T4, as tábuas das camadas externas compensaram o menor MOE das tábuas da camada interna. Como resultado, o MOE dos painéis ficou próximo aos valores das camadas externas. Uma segunda forma de determinar os valores de referência para os painéis MLCC, a fim de obter a certificação ETA, foi por meio de ensaios em tamanho estrutural para calcular o MOE médio dos painéis, obtido por meio de testes de flexão não destrutivos realizados com quatro pontos de apoio.

Os resultados mostram que o T1 apresentou as médias mais baixas de MOE, todas abaixo dos valores estabelecidos pelas normas NBR 7190-2 e EN 338 para o uso da madeira em produtos estruturais. Por outro lado, os tratamentos T3 e T4 apresentaram resultados semelhantes entre si, embora tenham diferido estatisticamente dos demais tratamentos. Comparando as médias com os valores tabelados na norma EN 338, observa-se que, em termos de MOE, o T3 pode ser considerado como classe C20 e o T4 como classe C16. O tratamento T2 se destacou estatisticamente dos outros tratamentos, registrando as maiores médias sendo classificado como C30 de acordo com a norma europeia EN 338.

**Palavras-chave:** Madeiras estruturais. Construção em Laminado de Madeira. Módulo de Elasticidade. Classificação de Lamelas.