

DESEMPENHO DE VIGAS DE MADEIRA LAMINADA COLADA DE *Maquira sclerophylla* UTILIZANDO DOIS TIPOS DE ADESIVOS

Peter Wimmer¹ *; Maria Eduarda Santos de Oliveira² *; Divino Eterno Teixeira¹

¹ Laboratório de Produtos Florestais (LPF), Serviço Florestal Brasileiro (SFB), Brasília/DF, Brasil.

² Universidade de Brasília (UNB), Brasília/DF, Brasil.

* e-mail do autor correspondente: peterwimmer1983@gmail.com

Resumo: *Maquira sclerophylla* (Ducke) C.C. Berg, espécie arbórea conhecida popularmente por muiratinga, pertence à família Moraceae e é comumente encontrada no estado do Pará. A madeira desta espécie é atualmente utilizada para construções civis leves, construção naval e assoalramento, possuindo um baixo valor comercial. Por outro lado, a densidade básica média da madeira sugere que seja possível utilizar esta espécie no desenvolvimento de produtos engenheirados para a construção civil, que envolvem o uso de adesivos. Entre os produtos em destaque atualmente estão as vigas de madeira laminada colada (MLC). Também conhecidas por “glulam”, as vigas são compostas de lamelas de madeiras dispostas paralelamente, unidas entre si pelo uso de adesivos duráveis e resistentes à umidade, sendo um material arquitetônico extremamente versátil, uma vez que permite uma grande variedade de formas. Esse trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho de vigas de MLC de *Maquira sclerophylla* confeccionadas com dois tipos de adesivos: poliuretano (PUR) e poli(acetato de polivinila) crosslink (PVAc). As vigas compostas de cinco lâminas e dimensões finais de 5 x 10 x 210 cm foram testadas pelo ensaio destrutivo de flexão estática em quatro pontos, de acordo com a norma ASTM D-198/02. Os módulos de elasticidade obtidos nos ensaios das vigas foram superiores aos da madeira sólida, indicando o potencial da espécie e dos adesivos. O adesivo PVAc gerou vigas mais rígidas e resistentes que o PUR.

Palavras-chave: Muiratinga; Amazônia; Produtos engenheirados de madeira.

PERFORMANCE OF GLUED LAMINATED TIMBER BEAMS UTILISING *Maquira sclerophylla* WOOD AND TWO TYPES OF ADHESIVES

Abstract: *Maquira sclerophylla* (Ducke) C.C. Berg, is a tree species popularly known as muiratinga, it belongs to the Moraceae family and is commonly found in Pará state. The wood of this species is currently used for light civil constructions, naval construction and flooring, having a low commercial value. On the other hand, the average basic density of its wood suggests that it is possible to use this species in the development of engineered products for the construction industry, which involves the use of adhesives. Featured products currently include glued laminated timber

(GLULAM) beams. The beams are made up of parallel-arranged wood boards joined together by the use of durable, moisture-resistant adhesives, making it an extremely versatile architectural material as it allows for a wide variety of shapes. This study aimed to evaluate the performance of *Maquira sclerophylla* MLC beams made with two types of adhesives: polyurethane (PUR) and poly (polyvinyl acetate) crosslink (PVAc). The beams composed of five blades and final dimensions of 5 x 10 x 210 cm were tested by the destructive four point static bending test according to ASTM D-198/02 (2015). The values of modulus of elasticity obtained for the beams are superior than values obtained testing solid wood, indicating the potential of the species and the adhesives. PVAc adhesive generated stiffer and stronger beams than PUR.

Keywords: Muiratinga; Amazon; Engineered wood products

1. INTRODUÇÃO

A madeira é um dos recursos naturais renováveis com propriedades estruturais e um dos materiais mais resistentes por unidade de peso, o que torna o seu uso na construção civil altamente promissor [1]. Além disso, é um material fácil de trabalhar e altamente versátil, o que reduz o tempo de construção. Seu beneficiamento tem um consumo baixo de energia e gera poucos resíduos no canteiro de obras que, por serem biodegradáveis, podem ser totalmente aproveitados.

Apesar de sua grande versatilidade e atributos, existem alguns entraves em se conseguir madeira de qualidade para o uso em construções. Essa situação se torna ainda mais grave quando existe a necessidade de peças de grandes dimensões. As madeiras de espécies nativas, que em geral são oriundas da floresta amazônica, têm se tornado cada vez mais escassas, e por serem transportadas por milhares de quilômetros, chegam ao consumidor final por preços muito elevados. Por outro lado, o ciclo de corte aplicado às florestas plantadas não permite a colheita de árvores de grandes dimensões, impossibilitando a obtenção de vigas e pilares de grandes extensões.

Entre as tecnologias desenvolvidas para superar estes entraves, pode-se destacar as vigas de madeira laminada colada (MLC). Também conhecidas por “glulam”, as vigas são compostas de lamelas de madeiras dispostas paralelamente, unidas entre si pelo uso de adesivos duráveis e resistentes a umidade [2]. É um material arquitetônico extremamente versátil, uma vez que permite uma grande variedade de formas, assim como estruturas com grandes vãos, que de outra forma não seriam possíveis de se executar. Os usos mais frequentes são em elementos estruturais de pontes, edifícios, embarcações, equipamentos decorativos e móveis. Segundo [3], essas inúmeras utilidades devem-se ao fato da MLC apresentar alta resistência mecânica em relação ao seu peso baixo. Considerando peso por peso, as vigas de MLC são mais resistentes que o aço permitindo a

construção de grandes vãos sem a necessidade de apoios intermediários [4]. Apesar da tecnologia das vigas de MLC estar se difundindo no país, os estudos tecnológicos existentes e desenvolvidos com espécies de madeiras tropicais da floresta amazônica são poucos, necessitando-se de mais estudos com vigas de madeiras nativas [5].

Este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho de vigas de MLC confeccionadas com a madeira da espécie *Maquira sclerophylla* (Ducke) C.C. Berg utilizando dois tipos de adesivos: poliuretano (PUR) e poli(acetato de polivinila) crosslink (PVAc).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A madeira utilizada neste estudo foi obtida na Floresta Nacional do Tapajós. O desdobro, beneficiamento, confecção das vigas de MLC, assim como os ensaios de resistência mecânica foram realizados na Área de Engenharia e Física da Madeira do Laboratório de Produtos Florestais (LPF) do Serviço Florestal Brasileiro (SFB).

Densidade da madeira: com o objetivo de gerar dados que possam auxiliar o entendimento dos resultados, determinou-se a densidade básica da madeira da espécie. O volume das amostras saturadas foi aferido pelo método de imersão em água e as massas foram registradas, após secagem em estufa, com auxílio de uma balança digital de duas casas decimais.

Preparação das lamelas: as vigas de *Maquira sclerophylla* foram levadas à carpintaria do LPF onde foram desdobradas dando origem às lamelas com medidas de 2 x 6 x 220 cm. As lamelas foram inspecionadas, descartando-se aquelas que apresentavam defeitos como rachaduras, perfurações de insetos e empenos. A seguir, foram submetidas a um ensaio não destrutivo para a determinação do módulo de elasticidade dinâmico (MOEd). Com base nos valores do MOEd, as lamelas foram classificadas em três grupos distintos. O ordenamento das lamelas para a confecção das vigas se deu de forma sistemática, sendo que as lamelas de maior MOEd foram aplicadas nas camadas externas, as lamelas de menor MOEd no centro e as medianas completando a viga entre as lamelas de maior e menor MOEd, totalizando 5 lamelas por viga. Todas as lamelas utilizadas foram inteiriças, sem qualquer tipo de emenda.

Colagem: para a colagem foram utilizados dois adesivos, sendo um à base de PVAc da marca Titebond II e outro à base de poliuretano da marca Tek Bond. Conforme a orientação de ambos os fabricantes, a gramatura utilizada foi de 200 g/m². A aplicação do adesivo na lamela ocorreu em uma balança de precisão de duas casas decimais e depois foi espalhado com auxílio de uma espátula. Após a aplicação do adesivo, as lamelas foram prensadas por meio de travessas metálicas e barras de rosca, utilizando um torquímetro digital, modelo TECH3 FR250, para regular

a pressão. O tempo de prensagem para os dois adesivos foi de 3 horas. Após a consolidação dos adesivos, as vigas retornaram à carpintaria onde foram aplainadas e seccionadas até a dimensão final de 5 x 10 x 210 cm.

Ensaio de Flexão estática: para a avaliação das vigas, foi realizado o ensaio de flexão estática em quatro pontos, de acordo com [6], utilizando-se a máquina Martins Campelo USM – 600, capacidade de 600 kN equipada com célula de carga de 10 toneladas. O vão livre foi ajustado para 1800 mm e utilizou-se a velocidade de deslocamento do travessão de carga de três mm/min. A partir do ensaio de seis vigas, sendo três confeccionadas com cada adesivo, foram determinados o módulo de elasticidade (MOE) e o módulo de ruptura à flexão (MOR).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O valor médio encontrado para a densidade básica de *Maquira sclerophylla* foi de 0,57 g/cm³, valor correspondente ao encontrado por [7]. Dessa forma, a espécie pode ter sua madeira classificada como de média densidade.

A partir dos dados gerados no ensaio destrutivo de flexão estática foram calculados o MOE e o MOR para as vigas compostas com cada tipo de adesivo (Tabela 1.). Os valores de MOE encontrados para as vigas de *Maquira sclerophylla*, utilizando ambos adesivos, foram superiores ao valor citado para flexão estática com madeira sólida da mesma espécie (11.277 MPa) [8], indicando que a colagem das lamelas não interferiu na rigidez final.

Tabela 1: Valores dos módulos de elasticidade e módulos de ruptura das vigas da espécie *Maquira sclerophylla*, coladas com os adesivos PUR e PVAc, calculados a partir do ensaio de flexão estática.

	PUR		PVAc	
	MOE	MOR	MOE	MOR
Média (MPa)	14.082,14	53,90	16.243,53	96,99
Coefficiente de Variância (%)	4,39	6,53	3,56	3,95

PUR: adesivo de poliuretano; PVAc: adesivo de poli(acetato de polivinila); MOE: módulo de elasticidade; MOR: módulo de ruptura.

Os valores de MOE e MOR também foram superiores aos dados de literatura a respeito de vigas laminadas confeccionadas a partir da madeira de *Tectona grandis*, *Pinus taeda* e *Eucalyptus grandis* [9], podendo ser considerados satisfatórios. As vigas coladas com o adesivo PVAc obtiveram melhores resultados de MOE e MOR quando comparadas às vigas confeccionadas com PUR. Após a realização de uma análise de variância (ANOVA), foi constatado que existe diferença

estatisticamente significativa dos valores de MOE e MOR entre os tratamentos. O rompimento das vigas confeccionadas com o adesivo PVAc foi majoritariamente na madeira, sendo um excelente resultado pois indica que a colagem foi mais resistente do que a madeira. O rompimento das vigas confeccionadas com o adesivo PUR se deu em grande parte na linha de cola, o que indica uma colagem deficiente.

4. CONCLUSÕES

Os ensaios com as vigas de madeira laminada colada apresentaram resultados satisfatórios, com valores superiores aos encontrados na bibliografia para as espécies *Tectona grandis*, *Pinus taeda* e *Eucalyptus grandis*. As vigas confeccionadas com o adesivo PVAc foram mais eficientes, apresentando maior rigidez e resistência do que as vigas confeccionadas com adesivo PUR. O uso da espécie *Maquira sclerophylla* para confecção de vigas de madeira laminada colada é promissor.

Referências Bibliográficas

- [1] Melo, J. E. Madeira, características e aplicações. Brasília: LPF, 2002.
- [2] American National Standards Institute - ANSI/APA. Standard for Performance-Rated Cross-Laminated Timber. 2018.
- [3] Zangiágo, A.L. Emprego de Espécies Tropicais Alternativas na Produção de Elemento Estruturais de Madeira Laminada Colada. 2003. Dissertação - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.
- [4] APA – The Engineered Wood Association, Engineered Wood Construction Guide. 2017. 92p.
- [5] Dias, A. P. Estudo de madeira amazônica para compor vigas laminadas. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2014.
- [6] American Society for Testing and Materials - ASTM. ASTM D198: Static tests of timbers in structural sizes. Philadelphia, 2015.
- [7] Fedalto, L. C.; Mendes, I. C. A.; Coradin, V. T. R. Madeiras da Amazônia: Descrição do lenho de 40 espécies ocorrentes na floresta nacional do Tapajós. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 1989. 156 p.
- [8] LPF – Laboratório de Produtos Florestais. Madeiras do Brasil, Banco de dados. Disponível em: <<http://sistemas.florestal.gov.br/madeirasdobrasil/caracteristicas.php?ID=210&caracteristica=151>>. Acesso em: 05 de dezembro de 2019.
- [9] Iwakiri, S.; Matos, J.; Prata, J. G., Trianoski, R.; Parchen, C. F., Castro, V. G., & Iwakiri, V. T. Características de vigas laminadas coladas confeccionadas com madeira de teca (*Tectona grandis*).

Floresta e Ambiente. 2014; v. 21, n. 2: 269-275.