



# VIII CONGRESSO NORDESTINO DE ENGENHARIA FLORESTAL

27 a 30 de agosto de 2025

Maceió, AL

## TEORES DE EXTRATIVOS E LIGNINA DE RESÍDUOS MADEIREIROS DO MANEJO FLORESTAL NA AMAZÔNIA BRASILEIRA

MARTINS, Guilherme Medeiros<sup>1</sup>, SOUZA, Argel Costa<sup>2</sup>, PROTÁSIO, Thiago de Paula<sup>3</sup>, LIMA, Michael Douglas Roque<sup>4</sup>

Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL<sup>1</sup>, guilhermeadm999@gmail.com;

Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL<sup>2</sup>, argelsouza1@gmail.com;

Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL<sup>3</sup>, michael.lima@uemasul.edu.br;

Universidade Federal de Lavras - UFLA<sup>4</sup>, thiagoprotasio@ufla.br

### RESUMO

Este estudo tem como objetivo quantificar os teores de extrativos totais e lignina de resíduos madeireiros do manejo florestal na Amazônia Brasileira visando ao uso energético. O material biológico foi amostrado na Unidade de Manejo Florestal da Fazenda Rio Capim, em Paragominas, Pará. Foram amostradas vinte espécies tropicais exploradas na unidade. A análise química molecular foi realizada para determinar os teores de lignina e extrativos totais. Variações significativas no teor de lignina e extrativos foram verificadas entre as diferentes espécies estudadas. Espécies como *P. rodolphii* (38,1%), *D. excelsa* (37,6%) e *L. canescens* (36,6%) apresentam maior teor de lignina, enquanto *D. excelsa* (17,9%) e *P. altissimum* (12,58%) e *M. elata* (11,86%) apresentam maior teor de extrativos. As espécies com maior teor de lignina e extrativos apresentaram maior potencial para a produção de bioenergia.

*Palavras-chave:* Composição química; Lignina; Extrativos.

### INTRODUÇÃO

O avanço econômico e o progresso da sociedade geraram implicações significativas em relação aos recursos energéticos, especialmente no que diz respeito à disponibilidade, fonte e eficiência. Diante disso, surge a urgência de explorar novas fontes renováveis e de desenvolver tecnologias mais eficientes para a produção de energia, com o objetivo de substituir gradualmente o uso dos combustíveis fósseis (Silva *et al.*, 2020).

A biomassa florestal destinada à geração de energia é originada de diversas fontes, incluindo plantações específicas para esse fim, árvores mortas devido a perturbações naturais, resíduos resultantes da colheita (como cascas, galhos e folhas), práticas de desbaste, podas e sobras do processamento industrial (Ferreira *et al.*, 2018).

A atividade florestal na região Amazônica resulta em consideráveis volumes de resíduos, especialmente durante a fase de colheita (9-18%) e no processo de beneficiamento das toras (45-55%). Estima-se que, em média, para cada tonelada de madeira extraída por meio de Exploração de Impacto Reduzido, são geradas 2,13 toneladas de resíduos, incluindo sapos, restos de troncos e galhos (Numazawa *et al.*, 2017).

Nessa perspectiva, os resíduos provenientes de plano de manejo florestal sustentável (PMFS) representam uma fonte promissora de bioenergia, especialmente nas regiões Norte e Nordeste do Brasil. Vale mencionar, que essa biomassa tem potencial para a geração de energia elétrica em comunidades remotas na Amazônia, além de servir de insumo para produção de carvão vegetal para usos doméstico e industrial (Lima, 2020). Diante disso, o trabalho tem como objetivo quantificar os teores de extrativos totais e lignina de resíduos madeireiros de PMFS na Amazônia Brasileira com vistas ao uso bioenergético.

### MATERIAL E MÉTODOS

#### Local e Amostragem dos resíduos madeireiros



# VIII CONGRESSO NORDESTINO DE ENGENHARIA FLORESTAL

27 a 30 de agosto de 2025

Maceió, AL

Os resíduos de PMFS avaliados nesta pesquisa foram coletados na Unidade de Manejo Florestal da Fazenda Rio Capim (coordenadas: 3° 30' e 3° 45'S - 48° 30' e 48° 45' O), localizada no município de Paragominas, Estado do Pará, Brasil.

Foram amostrados resíduos de vinte espécies exploradas na Unidade de Manejo Florestal da Fazenda Rio Capim. A amostragem foi realizada no galho com o maior diâmetro da copa pertencente a três árvores de cada espécie. Três discos de madeira por galho de árvore foram coletados após três dias do corte para análise laboratorial e apoio à identificação das espécies. A identificação das espécies foi realizada pelo Herbário e Xiloteca da Embrapa Amazônia Oriental. Ao final, foram identificadas 20 espécies, pertencentes a 8 famílias botânicas.

## Análises químicas dos resíduos madeireiros

A caracterização química das madeiras residuais foi realizada por meio da análise química molecular (extrativos totais, lignina solúvel, lignina insolúvel e lignina total).

O teor de extrativos totais foi determinado de acordo com a NBR 14853 (ABNT, 2010a). Foram utilizados aproximadamente 2 g (base massa úmida) de madeira moída por galho amostrado. Três etapas foram seguidas: uma extração em etanol: tolueno (2:1 v/v) por 6 h, uma extração com etanol por 5 h em extrator soxhlet e, finalmente, uma extração em água destilada quente por 2 h. As amostras livres de extrativos foram levadas à estufa previamente calibrada a  $103 \pm 2$  °C para obtenção da massa seca.

O teor de lignina insolúvel foi quantificado de acordo com a NBR 7989 pelo método de hidrólise ácida (ABNT, 2010b). Primeiro, 0,3 g de serragem sem extrativos foram tratadas com ácido sulfúrico (72% - 3 mL por amostra) durante 2 h em banho-maria à temperatura ambiente ( $\pm 28$  °C). Em seguida, as amostras foram fervidas em condição pressurizada por 4 h e filtradas em cadinhos com óxido de alumínio. Finalmente, os cadinhos com lignina insolúvel foram secos em estufa com circulação de ar forçada a  $103 \pm 2$  °C. A lignina solúvel foi determinada por espectroscopia UV de acordo com Goldschimid (1971). A lignina total foi obtida pela soma de lignina insolúvel e solúvel.

## Análise estatística

Os dados foram submetidos aos testes de Shapiro-Wilk ( $p \leq 0,05$ ) e de Bartlett ( $p \leq 0,05$ ) para testar a normalidade dos resíduos e a homocedestividade das variâncias, respectivamente. Em seguida, os resultados foram submetidos à análise de variância considerando um delineamento inteiramente casualizado (DIC) visando verificar o efeito de espécie nas propriedades da madeira. Existindo diferença significativa, foi aplicado o teste de Scott-Knott para verificação da similaridade das espécies, em nível de significância de 5%.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados para a análise de variância em relação à lignina e aos extrativos totais podem ser observados na Tabela 1. Efeito significativo de espécie sobre a lignina total e extrativos totais foi confirmado.

FV	GL	Quadrado médio	
		Lignina total	Extrativos totais
Espécie	19	12,451*	45,81*
Resíduos	40	3,976	2,46
CVe		5,9503	21,3011

**Tabela 1.** Análise de variância para Lignina total e Extrativos totais. Diferença significativa ao nível de 5% pelo teste f. FV = fonte de variação, GL = graus de liberdade, CVe = coeficiente de variação.

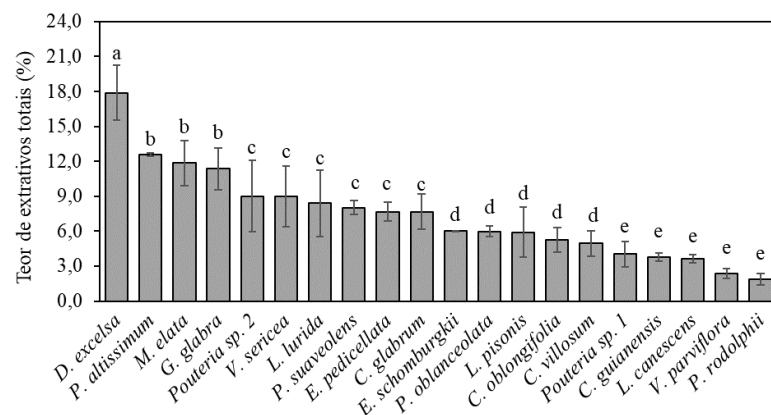
Os resultados da média dos valores dos constituintes químicos não estruturais (extrativos) da parede celular são apresentados na figura 1.



# VIII CONGRESSO NORDESTINO DE ENGENHARIA FLORESTAL

27 a 30 de agosto de 2025

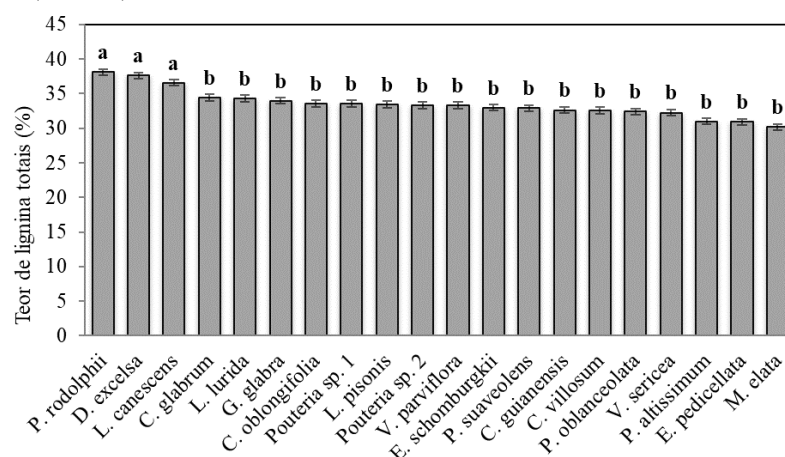
Maceió, AL



**Figura 1.** Extrativos totais (%) de resíduos madeireiros de espécies tropicais exploradas em um plano de manejo florestal sustentável na Amazônia Legal, Pará, Brasil. Letras minúsculas iguais representam os grupos de médias formados pelo teste Scott-Knott test ( $p \leq 0,05$ ) e as barras de erros, os desvios padrões.

Pelo teste Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ) foram identificados 5 grupos estatisticamente distintos (Figura 1). A espécie que apresentou o maior teor de extrativos totais foi a *D. excelsa* (17,9%), esse valor está em consonância com outros estudos, onde apresentam teores próximos aos de 16,95% (Paula, 2016). Adicionalmente, as espécies *P. altissimum* (12,58%) e *M. elata* (11,86%) exibiram valores de extrativos consideráveis. Nota-se também que as cinco espécies que apresentaram menores teores de extrativos foram *Pouteria sp. 1* (4,0%), *C. guianensis* (3,8%), *L. canescens* (3,6%), *V. parviflora* (2,4%) e *Parinari rodolphii* (1,9%).

Com relação ao teor de lignina total, verificou-se as médias variando entre 30,2 a 38,1% (Figura 3). Resultados semelhantes para o teor de lignina total foram verificados no estudo de Moulin *et al.* (2017) ao avaliarem o resíduo do processamento mecânico de *Apuleia leiocarpa* (29,50%), *Manilkara huberi* (34,68%) e *Tabebuia serratifolia* (33,47%).



**Figura 2.** Lignina total de resíduos madeireiros de espécies tropicais exploradas em um plano de manejo florestal sustentável na Amazônia Legal, Pará, Brasil. Letras minúsculas iguais representam os grupos de médias formados pelo teste Scott-Knott test ( $p \leq 0,05$ ) e as barras de erros, os desvios padrões.

Com relação ao teor de lignina total, verificou-se as médias variando entre 30,2 a 38,1% (Figura 2). Resultados semelhantes para o teor de lignina total foram verificados no estudo de Moulin *et al.* (2017) ao avaliarem o resíduo do processamento mecânico de *Apuleia leiocarpa* (29,50%), *Manilkara huberi* (34,68%) e *Tabebuia serratifolia* (33,47%).



# VIII CONGRESSO NORDESTINO DE ENGENHARIA FLORESTAL

27 a 30 de agosto de 2025

Maceió, AL

As espécies que apresentaram maiores teores de lignina total foram *P. rodolphii* (38,1%), *D. excelsa* (37,6%) e *L. canescens* (36,6%). Moriana e Vilaplana (2015) afirmam que espécies que possuem alto teor de lignina influenciam positivamente o rendimento gravimétrico em carvão vegetal e em carbono fixo. Além disso, é notado que a maioria das espécies segundo o resultado obtido pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ) apresentaram semelhança estatística (Figura 2).

## CONCLUSÕES

Efeito de espécie foi reportado sobre os teores de lignina e extrativos dos resíduos lenhosos de 20 espécies tropicais amazônicas.

A espécie *D. excelsa* se mostrou com elevado potencial para geração de energia, devido aos elevados valores médios para lignina e extrativos totais.

## REFERÊNCIAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14853**: Madeira - determinação do material solúvel em etanol-tolueno e em diclorometano e em acetona, Rio de Janeiro, 2010a.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7989**: Pasta celulósica e madeira - determinação de lignina insolúvel em ácido, Rio de Janeiro, 2010b.

FERREIRA, L. R. A. *et al.* Review of the energy potential of the residual biomass for the distributed generation in Brazil. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**, v. 94, p. 440-455, 2018.

GOLDSCHMID, O. **Ultraviolet spectra**. In: SARKANEN, K.V.; LUDWIG, C.H. (Eds). Lignins: occurrence, formation, structure and reactions. New York, Wiley-Interscience, p. 241-266, 1971.

LIMA, M. D. R.. **A segregação de resíduos do manejo florestal sustentável para otimização da produção bioenergética na Amazônia brasileira**. Tese de Doutorado. UFRA/Campus Belém (PA), 2020.

MORIANA R.; VILAPLANA F. Forest residues as renewable resources for biobased polymeric materials and bioenergy: chemical composition, structure and thermal properties, **Cellulose**, p. 3409–3423, 2015.

MOULIN J.C.; NOBRE J.R.C.; CASTRO J.P.; TRUGILHO P.F.; ARANTES M.D.C.; Effect of extractives and carbonization temperature on energy characteristics of wood waste in Amazon Rainforest, **Cerne**, p. 209–218, 2017.

NUMAZAWA, C. T. D. *et al.* Logging residues and CO<sub>2</sub> of Brazilian Amazon timber: two case studies of forest harvesting. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 122, p. 280–285, 2017.

PAULA, M. H. **Efeito do tratamento térmico em propriedades tecnológicas das madeiras de Angelim vermelho (*Dinizia excelsa* Ducke) e sapucaia (*Lecythis pisonis* Cambess)**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, DF, 2016.

SILVA, L. F. F. *et al.* Seleção de espécie, temperatura e tempo de carbonização na produção de carvão vegetal com resíduos madeireiros da Amazônia. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 40, 2020.