

Determinação da composição química da madeira de *Dipteryx odorata* para reaproveitamento de resíduos madeireiros

Márcia Laís Ferreira Silva¹; Cynara Nicole dos Anjos Bentes¹; Rafaela Estevão²; Éder John Cordeiro Andrade Filho²; Victor Hugo Pereira Moutinho¹

¹ Laboratório de Tecnologia da Madeira e Bioprodutos (LTM), Instituto de Biodiversidade e Florestas (IBEF), Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), Santarém/PA, Brasil; ² Departamento de Ciências Florestais, Instituto de Biodiversidade e Florestas (IBEF), Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), Santarém/PA, Brasil – marcialais.eng@gmail.com

Resumo: A madeira é amplamente utilizada em diversas indústrias, como na produção de móveis, papel, tecido, combustível e medicamentos. A espécie *Dipteryx odorata* tem diversos usos industriais e culinários, e seus resíduos podem ser aproveitados para produzir painéis aglomerados, reduzindo o impacto ambiental. Este trabalho tem como intuito a determinação da composição química da madeira dessa espécie para reaproveitamento de resíduos com a finalidade de identificar a proporção de cada componente químico, como extrativos, lignina, cinzas, carbono fixo, para direcionar adequadamente seu uso e minimizar desperdícios. Os resultados, somados à literatura existente, indicam que a espécie *Dipteryx odorata* pode ser utilizada para a confecção de óleos essenciais utilizando as suas fragrâncias e seus aromas. Conclui-se a diversidade de se trabalhar com a espécie em questão que com base nos resultados se torna complexa e específica relacionando os dados que se obteve mais as áreas em que os mesmos podem ser utilizados.

Palavras-chave: *Dipteryx odorata*; Madeira; Cumaru; Extrativo; Lignina.

Determining the chemical composition of *Dipteryx odorata* wood for the reuse of wood waste

Abstract: Wood is widely used in various industries, such as in the production of furniture, paper, fabric, fuel, and medicines. The species *Dipteryx odorata* has several industrial and culinary uses, and its waste can be used to produce agglomerated panels, reducing environmental impact. This work aims to determine the chemical composition of the wood of this species for reuse of waste in order to identify the proportion of each chemical component, such as extractives, lignin, ash, fixed carbon, to properly direct its use and minimize waste. The results, added to the existing literature, indicate that the species *Dipteryx odorata* can be used for the confection of essential oils using its fragrances and aromas. It is concluded that the diversity of working with the species in question is concluded, which, based on the results, becomes complex and specific, relating the data obtained plus the areas in which they can be used.

Keywords: *Dipteryx odorata*, Wood, Cumaru, Extractive, Lignin.



1. INTRODUÇÃO

A madeira é um dos recursos naturais mais amplamente utilizados no mundo, com uma variedade de aplicações, incluindo a produção de carvão vegetal, móveis, celulose, papel e plástico. Além desses usos, é empregada na fabricação de tecidos, como fonte de combustível, na produção de medicamentos (Indústria Brasileira de Árvores - IBÁ, 2018).

Esse cenário ressalta a relevância do setor florestal na economia global. Os produtos florestais, tanto primários quanto secundários, são insumos essenciais para várias outras indústrias, incluindo a construção civil e a indústria automobilística (Nunes; Melo; Teixeira, 2012). Em 2022, a cadeia produtiva do setor florestal teve um impacto significativo no PIB do Brasil, com um crescimento de 6,3% na receita bruta (IBÁ, 2022), reforçando a relevância do setor.

No entanto, esse impacto positivo pode ser ainda maior, especialmente na região Amazônica, onde estima-se que existam cerca de 12.655 espécies de árvores. Muitas dessas espécies ainda estão em fase de introdução no mercado, mas o potencial de uso é limitado pelo fato de que menos de 7.600 foram adequadamente catalogadas. Para maximizar o aproveitamento desses recursos e ampliar o impacto econômico do setor, a caracterização e identificação dessas espécies emergentes é uma etapa crucial (Ter Steege et al., 2016).

Um exemplo dessas espécies promissoras é a *Dipteryx odorata* (Aublet.) Willd, popularmente conhecida como cumaru, cumaru-ferro, cumaru-verdadeiro, cumaru-da-folha-grande, é encontrada na América Central e nas regiões Norte, Nordeste e Centro Oeste do Brasil, além da Venezuela e as Guianas (Embrapa, 2021). Sua madeira pode apresentar diferentes tonalidades, dependendo do solo em que cresce, geralmente com alburno cinza-amarelo e cerne castanho-avermelhado ou amarelo-rosado. Com alturas variando de 20 a 30 metros e troncos cilíndricos de 50 a 70 cm de diâmetro, a madeira de cumaru tem um grande potencial para diversos segmentos da indústria, incluindo construção civil, assoalhos e mobiliário. Além disso, seus frutos são utilizados na culinária local, como na produção de sorvete artesanal em Santarém, no Pará, e na fabricação de cerveja na Cervejaria Amazon Beer, em Belém do Pará (Nascimento et al., 2022; Neto, 2023; Embrapa, 2021; IPT, 2024).

Durante o beneficiamento da madeira de cumaru, cerca de 60% do material se transforma em resíduos. Esses resíduos são frequentemente utilizados para a

produção de energia, resultando em cinzas e fuligem. No entanto, o descarte inadequado desses resíduos pode causar problemas ambientais (Zau, 2014). Nesse contexto, os resíduos do beneficiamento têm potencial para serem reaproveitados na fabricação de novos produtos, como painéis aglomerados, soluções e produtos cosméticos, podendo contribuir para a bioeconomia e redução do passivo ambiental (Nascimento, 2022).

Dessa forma, o presente estudo visa determinar a composição química dos resíduos da madeira de cumaru (*Dipteryx odorata*), com o intuito de otimizar seu reaproveitamento e garantir uma destinação adequada.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Seleção do material

A madeira utilizada da espécie *Dipteryx odorata*, conhecida pelo nome popular de Cumaru, foi doada pelo Laboratório de Tecnologia da Madeira e Bioprodutos da Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA. Essa madeira é proveniente da Floresta Nacional do Tapajós, localizada na Rodovia BR 163, Km 67.

A espécie foi escolhida por ser nativa, não endêmica do Brasil, porém com distribuição geográfica na região Norte (Acre, Amazonas, Amapá, Pará, Rondônia, Roraima), Nordeste (Maranhão) e Centro-Oeste (Mato Grosso) do país (Flora do Brasil, 2024) (Figura 1). Essa espécie pertence ao gênero *Dipteryx* e à família Fabaceae.

Figura 1: Distribuição geográfica da espécie.



Fonte: Flora do Brasil

2.2 Preparação do material

O material encontrado encontra-se em formato de cunha, e dessa forma, foi necessário utilizar a serra destopadeira para transformá-la em serragem. Após esse processo, a serragem foi peneirada em conjunto de peneiras para obter a fração de 60 mesh,

conforme Figura 2. Em seguida, o material foi alocado em recipientes e levados à sala de aclimatação, com umidade relativa do ar em torno de 65% e temperatura média de 20°C, até atingir massa constante.

Figura 2. Corte do material de *Dipteryx odorata* com a destopadeira e material retido na fração de 60 mesh.



Fonte: (Autores)

2.3 Análise Química Imediata

Após a serragem atingir massa constante, deu-se início a análise química imediata, com o objetivo de definir o teor de materiais voláteis, carbono fixo e cinzas. Esse processo seguiu conforme a norma *American Society for Testing and Materials* – ASTM D7582 (ASTM, 2010).

Para realizar o experimento, os recipientes foram inicialmente calcinados, e sua massa foi registrada como "CADINHO" para possibilitar a taragem da balança analítica. Foram feitas três repetições, utilizando-se 3 gramas de amostra em cada repetição, e a massa seca do material foi registrada na tabela como "AMOSTRA".

Para a determinação do material volátil, as amostras, com suas respectivas tampas, foram colocadas em uma mufla programada para atingir 950°C. Após essa etapa, os cadinhos foram levados novamente à mufla, desta vez sem as tampas, a uma temperatura de 750°C e com uma taxa de aquecimento de 1.6°C/min por 6 horas. Esses resultados foram registrados na tabela como "PÓS MUFLA".

Com os dados obtidos, foi possível calcular a porcentagem de materiais voláteis ("M. VOLÁTEIS"), carbono fixo ("C. FIXO") e cinzas ("CINZAS") (Tabela 1).

2.4 Determinação de Extrativo e Lignina

Os teores de extrativos e lignina foram analisados conforme as normas da *Technical Association of the Pulp and Paper Industry* (TAPPI, 1994). Para a determinação dos extrativos, foram utilizadas 2 gramas de amostra por cadinho,

com 6 repetições. No caso da lignina, utilizou-se 0,3 gramas por cadinho, com 4 repetições.

A remoção dos extrativos em álcool-tolueno foi realizada utilizando cadinhos tarados, que foram colocados em um extrator Soxhlet, com 200 ml de álcool-tolueno em um balão acoplado ao sistema. A extração durou 6 horas, seguida de uma nova extração com 200 ml de etanol por 4 a 5 horas. Ao término do processo, a serragem foi lavada, e os extrativos foram quantificados após secagem em estufa, a 50°C por 12 horas, e a 105°C por mais 4 horas, até atingir massa constante.

Na análise da lignina insolúvel, as amostras previamente extraídas foram submetidas à determinação da umidade e do teor seco. Em seguida, o ácido sulfúrico foi resfriado e adicionado às amostras, que foram aquecidas em banho-maria e transferidas para frascos lacrados. Estes foram, então, cozidos em autoclave (Figura 3). Após o cozimento, o conteúdo foi filtrado em cadinhos, retendo o líquido para a análise da lignina solúvel. As amostras nos cadinhos foram secas e pesadas para o cálculo da lignina insolúvel.

Os dados coletados foram organizados em tabelas no software Microsoft Excel, onde foram realizados os cálculos necessários.

Figura 3. Material preparado para ir para autoclave no processo de lignina



Fonte: (Autores)

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os resultados da análise imediata das amostras, com as variáveis de interesse sendo o carbono fixo (CF), materiais voláteis (MV) e cinzas (CZ).

Tabela 1: Resultado da análise imediata

Variáveis CÓD.	Unidade	Dados	Dados	
			1.2	1.3
CADINHO	(g)	34,4542	29,4892	32,0791
AMOSTRA	(g)	3,0048	3,0099	3,0008

PÓS MUFLA	(g)	35,1486	30,1768	32,7500
CF+CZ	(g)	0,6944	0,6876	0,6709
CF	(g)	0,6825	0,6765	0,6594
MV	(g)	2,3104	2,3223	2,3299
CZ	(g)	0,0119	0,0111	0,0115
PÓS MUFLA CZ	(g)	34,4661	29,5003	32,0906
M. VOLÁTEIS	(%)	76,8903	77,1554	77,6426
C. FIXO	(%)	22,7137	22,4758	21,9741
CINZAS	(%)	0,3960	0,3688	0,3832

Legenda: CÓD= código das variáveis; CF= carbono fixo; CZ= cinzas; MV= materiais voláteis; Fonte: (Autores)

Os resultados indicam que a média dos materiais voláteis foi de 77,16%, enquanto o carbono fixo representou 22,39%. O teor de cinzas foi de 0,38%, confirmando a baixa presença de resíduos inorgânicos.

Esses resultados estão de acordo com a literatura, que aponta que a temperatura de carbonização, a taxa de aquecimento e a composição química da madeira são fatores críticos que influenciam os teores de materiais voláteis e carbono fixo no carvão (CARMO, 1988). A temperatura, em particular, é o principal fator regulador desses parâmetros. A análise revelou que o teor de cinzas da madeira de *Dipteryx odorata* está alinhado com o estudo de Silva et al. (2009), que encontrou um teor de cinzas de 0,3% usando a Norma ASTM 1102-56, corroborando a similaridade dos resultados.

Na Tabela 2, os resultados da análise química imediata, bem como os teores de extrativos e lignina, são apresentados.

Tabela 2: Médias dos componentes químicos da madeira de *Dipteryx odorata*

Variáveis	Unidade	Média
Materiais voláteis	(%)	77,16
Carbono fixo	(%)	22,39
Cinzas	(%)	0,38
Extrativo	(%)	19,41
Lignina	(%)	27,81

Fonte: (Autores)

O teor médio de extrativos foi de 19,41%. Um valor elevado para a espécie, comparado aos resultados de Duarte (2020) e Mota (2011), que obtiveram 12,72% e 4,66%, respectivamente, usando metodologias semelhantes. Entretanto, o valor

encontrado por ZAU et al. (2014) foi mais próximo (18,32%), embora com uma metodologia diferente (T204 cm-97). Essas variações podem ser atribuídas a características específicas do indivíduo da espécie analisado e ao ambiente em que se desenvolveu.

Quanto à lignina, o teor médio encontrado neste trabalho foi de 27,81%, ligeiramente inferior ao resultado obtido por Mota (2011), que registrou 32,74% usando a mesma espécie e metodologia semelhante. Essa diferença pode estar relacionada a variações naturais na composição química da madeira ou às condições ambientais durante o crescimento da árvore.

4. CONCLUSÃO

- Somados os resultados obtidos a partir das análises, adjunto as bibliografias encontradas, os resíduos da espécie *Dipteryx odorata* podem ser utilizados para a confecção de óleos essenciais utilizando as suas fragrâncias e seus aromas.
- As cinzas feitas do cumaru podem ser utilizadas tanto na produção vegetal sendo aplicadas no substrato com o intuito de adubagem, quanto na área de da engenharia civil sendo aplicada em cimentos e tijolos e, na área de estética estando presente em esfoliantes e cremes.
- Por possuir alto teor de lignina tem aplicações principalmente utilizada como combustível.
- A diversidade de se trabalhar com a espécie em questão, que com base nos resultados, se torna complexa e específica relacionando os dados que se obteve mais as áreas em que os mesmos podem ser utilizados.

5. REFERÊNCIAS

- BARBOSA, Ana Paula et al. **Efeito tóxico de componentes químicos de madeiras da Amazônia com relação a térmitas**. In: Congresso Florestal Brasileiro. 2003.
- BIZZO, Humberto R.; HOVELL, Ana Maria C.; REZENDE, Claudia M. Óleos essenciais no Brasil: aspectos gerais, desenvolvimento e perspectivas. **Química nova**, v. 32, p. 588-594, 2009.
- CARMO, J.S. **Propriedades Físicas e Químicas do Carvão Vegetal Destinado à Siderurgia e Metalurgia**. Viçosa - Minas Gerais, Brasil. 1988.
- DUARTE, Bárbara Branquinho; LAHR, Francisco Antônio Rocco; CURVELO, Antonio Aprigio da Silva. **Caracterização física-mecânica e composição química**

da madeira de Cumaru (*Dipteryx odorata*). Engenharia industrial madeireira: tecnologia, pesquisa e tendências, 2020.

EMBRAPA. **Cumaru-Portal** Embrapa. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agrossilvipastoril/sitio-tecnologico/trilha-ecologica/especies/cumaru>> Acesso em: 18 de maio de 2024.

EMBRAPA. **Características arbóreas brasileiras-** Portal Embrapa. Conteúdo migrado na íntegra em: 22/12/2021. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/especies-arboreas-brasileiras/fabaceae/faboideae-papilionoideae-/dipteryx/cumaru-ferro-dipteryx-odorata-/caracteristicas-da-madeira>> Acesso em: 18 de maio de 2024.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Sumário executivo 2018**. Dados do Relatório Ibá 2018 – Ano-base 2017. São Paulo: Ibá, 2017. Disponível em: <<https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/digital-sumarioexecutivo-2018.pdf>>. Acesso em: 16 de maio de 2024.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Sumário executivo 2023**. Dados do Relatório Ibá 2018 – Ano-base 2017. São Paulo: Ibá, 2022. Disponível em: <<https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-anual-iba2023-r.pdf>>. Acesso em: 16 de maio de 2024.

IPT- Informações sobre madeiras. **Cumaru**. Disponível em: <<https://madeiras.ipt.br/cumaru/>>. Acesso em: 18 de maio de 2024.

KOMURA, Rodrigo Kenji. **Investigação dos métodos de separação, uso e aplicação da Lignina proveniente da biomassa lignocelulósica**. 2015

SILVA, G. A. C.; VAREJÃO, M. J. C.; Nascimento, C. C. Estudos tecnológicos de alternativas de uso de resíduos madeireiros, *in*: Anais do 61ª Reunião Anual da SBPC, Manaus-AM, 2009, p.5356.

LEACINA, Danilo da Silva. **Estabilização de solos argilosos com cinza pesada em obras rodoviárias**. 2016.

MARTINS, Michele Damiana Mota. **Aplicação de lignina em polímeros termoplásticos: um estudo de revisão da literatura**. 2020.

MOTA, André da Rocha. Avaliação da Qualidade Madeira de *Dipteryx Odorata* (aulbl.) Willd Proveniente de Plantio (Embrapa da Amazônia Ocidental). **XX Jornada de Iniciação Científica PIBIC INPA-CNPq/FAPEAM**, 2011.

NASCIMENTO, L. D.; CASCAES, M. M.; CRUZ, E. D.; ANDRADE, E. H. A. *Dipteryx odorata* Cumaru. **Capítulo 5 - Aromáticas**, p. 615- 627.

NETO, P. A. S.; SILVA, J. B.; GOMES, L. F. M. Cumaru (*Dipteryx odorata*): prospecção científica e tecnológica. **Cadernos de Prospecção**. Salvador, v. 16, n. 1, janeiro a março de 2023, p. 295-311.

Norma ABCTP (Associação Brasileira Tecnológica de Celulose e Papel). **Normas Técnicas**. São Paulo: ABCTP, 1974.

Norma ASTM (American Society for Testing and Materials). ASTM D7582 - 10: **Standard Test Methods for Proximate Analysis of Coal and Coke by Macro Thermogravimetric Analysis**. West Conshohocken, PA: ASTM International, 2010.

NUNES, P. A.; MELO, C. O.; TEIXEIRA, D. A Participação Do Setor Madeireiro Na Economia Das Microrregiões Geográficas Do Paraná. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.2, n.1., p.8-20, julho, 2012.

TORRES, N. H.; AMÉRICO, J. H. P.; ROMANHO, O. F. L. F.; RIBEIRO, G. A. C.; HARDER, M. N. C. Aproveitamento sustentável dos subprodutos da madeira e das folhas para extração de óleos essenciais. **Bioenergia em revista: diálogos**, ano 4, n. 1, p. 10-22, jan./jun. 2014.

ZAU, M.D.L.; VASCONCELOS, R.P.; GIACON, V.M.; LAHR, F.A.R. Avaliação das propriedades química, física e mecânica de painéis aglomerados produzidos com resíduo de madeira da Amazônia - Cumaru (*Dipteryx odorata*) e resina poliuretana à base de óleo de mamona. **Polímeros**, 24, 6, 726-732, 2014.