

Capítulo 64

TEOR DE CINZAS E PODER CALORÍFICO SUPERIOR DA CASCA E MADEIRA DE ESPÉCIES DO CERRADO

V. B. SANTOS¹; E. E. P. BARAÚNA²; F. COLEN²; T. BALDIN²; J. G. M. UCELLA FILHO¹; P. C. SILVA²

¹ Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil.

² Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil.

Autor correspondente (e-mail): Vaniele Bento dos Santos (vanielebento@hotmail.com)

Resumo: A biomassa florestal tem se tornado importante insumo para a matriz energética brasileira. Com isso, a busca por novas fontes de material lignocelulósico se faz cada vez mais necessário para suprir esta alta demanda. Desse modo, este trabalho teve por objetivo avaliar a qualidade das madeiras e cascas das espécies de *Astronium fraxinifolium* e *Enterolobium gummiferum*, características do bioma Cerrado, para fins energéticos. Foram utilizados um disco de 5 cm de espessura do DAP (diâmetro a 1,3 m do solo) de três árvores das espécies em estudo, totalizando 6 amostras. Em seguida, foram divididos perpendicularmente em cunhas e retiradas as cascas. Posteriormente, foram moídos e classificados utilizando a fração retida entre as peneiras de 40 e 60 mesh e submetidos as análises do teor de cinzas e poder calorífico superior. Os teores de cinzas da casca foram superiores aos da madeira em ambas as espécies florestais. *A. fraxinifolium* apresentou maior teores de cinzas nas cascas e poder calorífico na madeira, com valor de 9,06 % e 4.202 kcal kg⁻¹, respectivamente. Entretanto, tanto a madeira quanto a casca da *E. gummiferum* apresentaram resultados favoráveis que a potencializam para fins energéticos.

Palavras-chave: Potencial energético; Energia renovável; Espécies nativas.

ASH AND HIGHER CALORIFIC POWER OF BARK AND WOOD FROM CERRADO SPECIES

Abstract: Forest biomass has become an important input for the Brazilian energy matrix. Thus, the search for new sources of lignocellulosic material is increasingly necessary to meet this high demand. Thus, this work aimed to evaluate the quality of wood and bark of *Astronium fraxinifolium* and *Enterolobium gummiferum* species, characteristic of the Cerrado biome, for energy purposes. A 5 cm-thick DBH disc (diameter at 1.3 m from the ground) of three trees of the species under study was used, totaling 6 samples. Then, they were divided perpendicularly into wedges and removed as barks. Afterwards, they were ground and classified using a fraction retained between 40 and 60 mesh sieves and analysis of ash content and higher calorific value. Bark ash contents were higher than wood in both forest species. *A. fraxinifolium* has higher ash content in bark and higher calorific value in wood, with values of 9.06 % and 4.202 kcal kg⁻¹, respectively. However, both the wood and the bark of *E. gummiferum* have favorable results, which enhance it for energy purposes.

Keywords: Energy potential; Renewable energy; Native species.

1. INTRODUÇÃO

A biomassa florestal tem se tornado importante insumo para a matriz energética brasileira, seja pela queima direta da madeira ou pela sua transformação em combustível. Cerca de 46,2 % da energia utilizada no Brasil provém de fontes renováveis, sendo que a lenha e o carvão vegetal representam 8,8 % desta oferta interna de energia, que são utilizados como fonte nos setores industrial, comercial, residencial e agropecuário (BEN, 2020).

Se tratando de materiais energéticos, como é o caso da madeira, o conhecimento do seu potencial para produção de biomassa e do seu poder calorífico, são fatores importantes para a escolha de uma espécie como fonte energética (ELOY *et al.*, 2015). Segundo Araújo *et al.* (2018), espécies nativas adaptadas às condições de restrição hídrica são promissoras para geração de bioenergia e com possibilidades concretas de diversificação da silvicultura brasileira.

No Cerrado há diversas espécies nativas de importância econômica, sendo que algumas destas se destacam pela frequência e produção de biomassa, e pela potencialidade energética (BARCELLOS, 2007). Como a sucupira, caviúna, aroeira-do-sertão, cerejeira e tachi-branco (VALE, DIAS e SANTANA, 2010; SIQUEIRA *et al.*; 2020). A *Astronium fraxinifolium* Schott e a *Enterolobium gummiferum* (Mart.) J.F.Macbr, por exemplo, são nativas e endêmicas do bioma Cerrado, que além de apresentarem potencial para o reflorestamento e manejo de áreas degradadas, apresentam madeira de boa qualidade e valor comercial (PILON e DURIGAN, 2013; CALGARO *et al.*, 2015).

A *A. fraxinifolium*, conhecida popularmente como gonçalo-alves, pertence à família Anacardiaceae, com ocorrência no Brasil e outros países da América do Sul. Sua árvore é caracterizada por madeira pesada e durável, e a sua casca é bem característica, sendo utilizada para fins medicinais. A *E. gummiferum*, conhecida popularmente como timburi-do-cerrado, é espécie arbórea pertencente à família Fabaceae, sendo encontrada em áreas de mata, cerradão distrófico e cerrado sentido restrito, com ocorrência em diferentes regiões do Brasil. Possui madeira moderadamente pesada e resistente, e sua casca além de ser destinada para curtume, é amplamente utilizada na medicina popular (ALMEIDA *et al.*, 1998; LORENZI, 1992; 1998; 2009).

Uma vez que a qualidade do produto destinado ao setor energético está diretamente relacionada à sua matéria-prima, é necessário que a biomassa florestal como um todo, madeira e casca, apresentem características específicas para tais fins. Assim, é desejável que tenham menores teores de umidade, holoceluloses e cinzas, e maiores valores de densidade básica, poder calorífico superior, lignina e fração de parede alta das fibras (COUTO *et al.*, 2004; PAULA, 2005; PEREIRA *et al.*, 2012).

Neste contexto, tendo em vista a importância de caracterizar a biomassa florestal para fins energéticos, o presente estudo teve como objetivo quantificar o teor de cinzas e o poder calorífico superior das espécies de *Astronium fraxinifolium* e *Enterolobium gummiferum* nativas do Cerrado.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foi utilizado um disco de 5 cm de espessura do DAP (diâmetro a 1,3 m do solo) de três árvores de *Astronium fraxinifolium* (gonçalo-Alves), coletadas no município de Montes Claros, MG, Brasil (16° 41' 04"W, 43° 50' 50"S), e três árvores de *Enterolobium gummiferum* (timburi-do-cerrado), coletadas no

município de Carbonita, MG, Brasil (43° 8' 21''W, 17° 32' 23''S). O material utilizado foi proveniente de área de vegetação remanescente do bioma Cerrado.

De acordo com a classificação de Köppen e Geiger, o clima dos municípios de Montes Claros e Carbonita são do tipo tropical Aw, sendo que Montes Claros possui temperatura média anual de 23,1°C e pluviosidade média anual de 869 mm, e Carbonita apresenta temperatura média anual de 21,9°C, com totais pluviométricos anuais de 855 mm (ALVERES *et al.*, 2014; CLIMATE-DATA.ORG, 2021).

Os discos de cada árvore foram divididos perpendicularmente em cunhas e retiradas as cascas dos mesmos (FIGURA 1). Em seguida, pequenos fragmentos dos materiais foram moídos em moinho do tipo Willey e classificados utilizando a fração retida entre as peneiras de 40 e 60 mesh.

Figura 1 – Casca e madeira das espécies *Astronium fraxinifolium* (A, B) e *Enterolobium gummiferum* (C, D).



Fonte: Autores, 2021.

O teor de cinzas da madeira e da casca foram determinados de acordo com a TAPPI 211 om-93 (TAPPI, 1997). Em cadinhos devidamente calcinados, utilizou-se 2 g de amostra absolutamente seca e realizou a quantificação de cinzas por incineração, em forno mufla, a temperatura de $525 \pm 25^\circ\text{C}$ por 3 horas. O percentual de cinzas foi obtido através da Eq. 1.

$$T.C. (\%) = \frac{P_c}{P} * 100 \quad (1)$$

Em que:

P_c = Peso de cinzas;

P_2 = Peso absolutamente seco da madeira.

O poder calorífico superior, tanto da madeira quanto da casca, foi determinado utilizando bomba calorimétrica adiabática de acordo com a NBR 8633 (ABNT, 1984).

Os dados foram submetidos aos testes de Shapiro-Wilk e de Levene, a 5 % de significância, para testar a normalidade dos resíduos e a homogeneidade entre as variâncias. Como as variáveis não apresentaram normalidade, aplicou-se o teste de Kruskal-Wallis a 5 % de significância. As análises foram realizadas com o auxílio do software R Core Team (2019).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As espécies florestais apresentaram diferenças estatísticas entre os parâmetros avaliados (TABELA 1). Os teores de cinzas da casca foram superiores aos da madeira, isto porque, a casca tende a apresentar maiores teores de extrativos e compostos inorgânicos, que têm como função a proteção do vegetal (BRAND, 2010). De acordo Andrade *et al.* (2011), o teor de cinzas na casca de diversas madeiras é superior a 10 %, ou seja, cerca de 10 vezes mais elevado que na madeira. O mesmo fenômeno foi observado por Eloy *et al.* (2015) e Oliveira *et al.* (2019) com espécies nativas.

Tabela 1 – Valores médios do teor de cinzas e do poder calorífico superior da madeira e casca de *Astronium fraxinifolium* e *Enterolobium gummiferum*.

Espécie	Teor de Cinzas (%)		Poder calorífico superior (kcal kg ⁻¹)	
	Madeira	Casca	Madeira	Casca
<i>Astronium fraxinifolium</i>	1,54 a	9,06 a	4.202 a	3.570 b
<i>Enterolobium gummiferum</i>	0,61 b	0,95 b	4.110 b	4.849 a
H (p)	(0,0463)	(0,0339)	(0,0334)	(0,0254)

Legenda: H = *p-value* do teste de Kruskal-Wallis. Médias seguidas por uma mesma letra em uma mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Kruskal-Wallis a 5 % de significância.

A *Enterolobium gummiferum* apresentou os menores teores de cinzas, tanto para madeira (0,61 %) quanto casca (0,95 %), sendo assim favorável para produção energética. Resultados similares deste

composto foram obtidos por Vale, Brasil e Leão (2002), com 0,14 % para a madeira e 0,75 % para a casca de *E. gummiferum*.

Já os valores obtidos para a casca de *Astronium fraxinifolium* (9,06 %) foram superiores aos da madeira (1,54 %) e aqueles descritos na literatura para as espécies do Cerrado, que variam entre 0,26 e 3,55 % (VALE, BRASIL e LEÃO, 2002; OLIVEIRA, *et al.*, 2019), evidenciando assim diferenças na proporção de minerais na casca e na madeira. As cinzas são a composição inorgânica do material lignocelulósico (DIAS JUNIOR *et al.*, 2020), portanto, este valor elevado pode estar associado a disponibilidade de nutrientes presentes no solo e que foram absorvidos e alocados pelas plantas (JONES, HEINEMAN e DALLING, 2019; MEDEIROS *et al.*, 2020). De acordo com Souza *et al.* (2020), cascas de árvores que apresentam altas concentrações de cinzas podem ser indicadas para utilização como fertilizantes do solo para o estabelecimento de plantações agrícolas e florestais.

Valores relativamente altos do teor de cinzas das cascas também foram obtidos por Juízo, Lima e Silva (2017) para espécies de eucalipto, *E. globulus* (7,47 %), *E. viminalis* (8,05 %) e *E. deanei* (14,06 %). Resultados semelhantes ao teor de cinzas da madeira de *A. fraxinifolium* foram obtidos por Faria (2016) para a mesma espécie (1,8 %), valor este relativamente baixo e favorável para fins energéticos.

Em relação ao poder calorífico superior, o maior potencial energético foi observado para a casca de *E. gummiferum* (TABELA 1). Contudo, os valores para as madeiras foram ligeiramente inferiores aos relatados na literatura para espécies do Cerrado, dentre elas a *E. gummiferum* (4.737 kcal kg⁻¹), que variam entre 4.327 e 4.989,60 kcal kg⁻¹ (VALE, BRASIL e LEÃO, 2002; OLIVEIRA *et al.*, 2019). E também quando comparados ao *Eucalyptus*, gênero mais utilizado no setor energético, que variam entre 4.468,33 e 4.913 kcal kg⁻¹ (OLIVEIRA *et al.*, 2012; JUIZO, LIMA e SILVA, 2017). Estes valores podem estar associados à composição química dos materiais, já que, altos teores de lignina significa maior quantidade de carbono no fixo, e conseqüentemente, maior poder calorífico (COUTO *et al.*, 2004).

O potencial energético da casca de *A. fraxinifolium* (3.570 kcal kg⁻¹) também foi inferior aos descritos na literatura para espécies do Cerrado, que variam entre 4.323,2 e 5.576,8 kcal kg⁻¹ (VALE, BRASIL e LEÃO, 2002). De acordo com Dias Junior *et al.* (2021), quanto maior o teor de cinzas menor é o potencial energético do material lignocelulósico, se assemelhando ao resultado encontrado nesta pesquisa. Já a casca de *E. gummiferum* apresentou alto poder calorífico superior (4.849 kcal kg⁻¹), que juntamente com seu baixo teor de cinzas, a potencializam para fins energéticos.

4. CONCLUSÃO

Constatou-se que em ambas as espécies florestais a casca possui mais teores de cinzas do que a madeira. Sendo que, os materiais lignocelulosicos da *Enterolobium gummiferum* apresentaram valores que a potencializam para fins energéticos, enquanto a casca da *Astronium fraxinifolium* apresentou teores de cinzas favoráveis para utilização como fertilizante do solo.

Para elucidar esse ponto, os autores indicam a caracterização completa das propriedades energéticas e químicas das espécies em estudo. E ressaltam que para o uso de espécies nativas da região do Cerrado para fins energético se faz necessário o emprego adequado do manejo sustentável.

5. AGRADECIMENTOS

A toda equipe técnica, discentes e docentes do Instituto de Ciências Agrárias da UFMG, a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e ao Grupo de Estudos em Tecnologia da Madeira (GETEM) pelo apoio na pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8633: Carvão vegetal: Determinação do poder calorífico**. Rio de Janeiro, 1984.
- ALMDEIDA, M. R.; REZENDE, M. E. A. O processo de carbonização continua da madeira. In: Produção e Utilização do carvão vegetal. **Anais...** Belo Horizonte, MG. Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC, 393p. 1982.
- ALVARES, CA; STAPE, JL; SENTELHAS, PC; GONÇALVES, JLM; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711-728, 2014.
- ANDRADE, M. C. N.; MINHONI, M. T. A.; SANSÍGOLO, C. A.; ZIED, D. C.; SALES-CAMPOS, C. Estudo comparativo da constituição nutricional da madeira e casca de espécies e clones de eucalipto visando o cultivo de shiitake em toras. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.35, n.2, p.183-192, 2011.
- ARAÚJO, A. C. C.; COSTA, L. J.; BRAGA, P. P. C.; GUIMARÃES NETO, R. M.; ROCHA, M. F. V.; TRUGILHO, P. F. Propriedades energéticas da madeira e do carvão vegetal de *Cenostigma macrophyllum*: subsídios ao uso sustentável. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 38, p. 1-9, 2018.
- BARCELLOS, D. C. **Caracterização do carvão vegetal através do uso de espectroscopia no infravermelho próximo**. 2007. 163 f. Tese (Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.
- BEN - BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL. **Relatório Síntese – Ano base 2019**. Empresa de Pesquisa Energética, EPE, Rio de Janeiro, 2020.
- COUTO, L. C; COUTO, L; WATZLAWICK, L. F; CÂMARA, D. Vias de valorização energética da biomassa. **Biomassa e Energia**, v.1, n.1, p. 71-92. 2004.
- BRAND, M. A. **Energia de biomassa florestal**. Rio de Janeiro: Interciência, 2010.
- CALGARO, H. F.; BUZZETTI, S.; SILVA, L. R.; STEFANINI, L.; MIRANDA, L. P. M.; MORAES, M. A.; MORAES, M. L. T. Distribuição natural de espécies arbóreas em áreas com diferentes níveis de antropização e relação com os atributos químicos do solo. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 39, n. 2, p. 233-243, 2015.
- CLIMATE-DATA.ORG. **Dados climáticos para cidades mundiais**. 2021. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/>> Acesso em: 30 de julho de 2021.
- DIAS JÚNIOR, A. F.; ESTEVES, R. P.; DA SILVA, A. M.; SOUSA JÚNIOR, A. D.; OLIVEIRA, M. P.; BRITO, J. O.; NAPOLI, A.; BRAGA, B. M. Investigating the pyrolysis temperature to define the use of charcoal. **European Journal of Wood and Wood Products**, 2020.
- DIAS JÚNIOR, A. F.; SUUCHI, M. A.; NETO, S. A.; DA SILVA, J. G. M.; DA SILVA, A. M.; DE SOUZA, N. D.; PROTÁSIO, T. P.; OTÁVIO, J. Blends of charcoal fines and wood improve the combustibility and quality of the solid biofuels. **BioEnergy Research**, 2021.
- ELOY, E.; SILVA, D. A.; CARON, B. O.; SOUZA, V. Q. Capacidade energética da madeira e da casca de acácia-negra em diferentes espaçamentos. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 35, n. 82, p. 163-167, abr./jun. 2015.
- JONES, M. J.; HEINEMAN, K. D.; DALLING, J. W. Soil and species effects on bark nutrient storage

in a premontane tropical forest. **Plant and Soil**, 2019.

JUIZO, C. G. F.; LIMA, M. R.; SILVA, D. A. Qualidade da casca e da madeira de nove espécies de Eucalipto para produção de carvão vegetal. Agrária - **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. Recife, PE. v.12, n.3, p.386-390, 2017.

LORENZI, H. Árvores Brasileiras – Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Vol. 02, 3ª ed. Instituto Plantarum, 2009.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 1992.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 2 ed. Nova Odessa: Plantarum. 1998.

MEDEIROS, P. L.; PIMENTA, A. S.; DA SILVA, G. G. C.; DE OLIVEIRA, E. M. M.; DA SILVA JÚNIOR, D. N.; DE SOUZA, G. L. F. Efficiency of micronutrients and sodium use of a *Eucalyptus* clone as a function of planting density in short-rotation cropping. **Australian Forestry**, 2021.

OLIVEIRA, A. C.; ROCHA, M. F. V.; PEREIRA, B. L. C.; CARNEIRO, A. C. O.; CARVALHO, A. M. M. L.; VITAL, B. R. Avaliação de diferentes níveis de desbaste nas propriedades da madeira e do carvão vegetal de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 42, n. 1, p. 59 - 68, jan./mar. 2012.

OLIVEIRA, H. G. B.; SOUSA, M. V. C.; SILVA, L. S.; FERRAZ FILHO, A. C.; RIBEIRO, A. Propriedades energéticas da madeira e casca de *Dalbergia cearensis* Ducke. **Agropecuária Científica no Semiárido**. Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Patos-PB, v.15, n.3, p. 232-237. Edição Especial VI CONEFLO, 2019.

PAULA, J. E. Característica anatômica da madeira de espécies nativas do cerrado, visando sua utilização na produção de energia. **Cerne**, Lavras, v.11, n.1, p.90-100, 2005.

PEREIRA, B. L. C.; OLIVEIRA, A. C.; CARVALHO, A. M. M. L.; CARNEIRO, A. C. O.; SANTOS, L. C.; VITAL, B. R. Quality of Wood and Charcoal from *Eucalyptus* Clones for Ironmaster Use. **International Journal of Forestry Research**, 2012.

PILON, N. A. L.; DURIGAN, G. Critérios para indicação de espécies prioritárias para a restauração da vegetação de cerrado. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 41, n. 99, p. 389-399, set. 2013.

R CORE TEAM (2019). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2019.

SIQUEIRA, H. F.; PATRÍCIO, E. P. S.; LIMA, M. D. R.; GUIMARÃES JÚNIOR, J. B.; CARNEIRO, A. C. O.; TRUGILHO, P. F.; PROTÁSIO, T. P. Avaliação de três madeiras nativas do cerrado goiano visando à utilização energética. **Nativa**, Sinop, v. 8, n. 5, p.

SOUSA, T. B.; MOTA, G. S.; ARAUJO, E. S.; CARRÉRA, J. C.; SILVA, E. P.; SOUZA, S. G.; LORENÇO, M. S.; MORI, F. A. Chemical and structural characterization of *Myracrodruon urundeuva* barks aiming at their potential use and elaboration of a sustainable management plan. **Biomass Conversion And Biorefinery**, v. 1, p. 1-11, 2020.

TAPPI - TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY. **T 211 om-93: Ash in Wood, Pulp, Paper and Paperboard: Combustion at 525°C**. Atlanta: TAPPI Press, 1997.

VALE, A. T.; BRASIL, M. A. M.; LEÃO, A. L. Quantificação e caracterização energética da madeira e casca de espécies do cerrado. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 1, p. 71-80. 2002.

VALE, A. T.; DIAS, I. S.; SANTANA, M. A. E. Relações entre propriedades químicas, físicas e energéticas da madeira de cinco espécies de cerrado. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 1, p. 137-145. 2010.