



Análises físicas, químicas e energéticas de cavacos da biomassa residual de *Tectona grandis* e *Calophyllum brasiliense* Cambess.

Natalia Lais Felizardo Vieira Arruda^{1,1}
Pâmela Bianca de Oliveira^{2,1}
Letícia da Cunha Maldonado^{3,1}
Emanuel Rangel Spadim^{4,1}
Humberto de Jesus Eufraide Junior^{5,1}
Saulo Philipe Sebastião Guerra^{6,1}

¹Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

¹n.arruda@unesp.br; ²pamela.bianca@unesp.br; ³l.maldonado@unesp.br; ⁴emanuel.spadim@unesp.br;
⁵h.eufraide@unesp.br; ⁶saulo.guerra@unesp.br

RESUMO: *Espécies como Tectona grandis e Calophyllum brasiliense Cambess são cultivadas no Brasil e além de apresentarem grande potencial madeireiro é possível utilizar os resíduos de colheita destas operações para a geração de energia. Diante da grande geração de resíduos oriundos dos processos de beneficiamento da madeira, este estudo tem por objetivo realizar análises físicas, químicas e energéticas dos cavacos de Guanandi (Calophyllum brasiliense Cambess) e Teca (Tectona grandis), com a finalidade de avaliar o desempenho energético de ambas. Foram realizadas análises físicas, químicas e energéticas das amostras de teca e guanandi, tais como umidade base seca, teor de cinzas, teor de materiais voláteis, carbono fixo e poder calorífico superior. Com os dados obtidos das análises foi realizado o teste de Bartlett, e também o de normalidade através do teste de Shapiro-Wilk. Conclui-se que as biomassas possuem potencial para serem utilizadas como fonte de energia, já que apresentam valores significativos de poder calorífico superior. Ademais, nota-se que o teor de cinzas de ambas as espécies apresentou valores baixos, sendo este um indicador de maior geração de energia.*

Palavras-chave: biomassa, poder calorífico superior, energia, resíduos

Introdução

A busca por fontes alternativas de energia limpa e renovável vem resultando no aumento da demanda de biomassa florestal, uma vez que as árvores têm o potencial de capturar e armazenar em sua biomassa o carbono existente na atmosfera (Silva et al., 2015). Pode-se dizer que o uso de espécies vegetais não se restringe ao carvão vegetal, lenha e bagaço de cana – que são os mais tradicionais. É preciso evidenciar outras formas de biomassas, de alto valor energético, como as espécies florestais. Existe um enorme potencial territorial e de abundância de matérias-primas a serem exploradas para o desenvolvimento de biocombustíveis gerados a partir da biomassa florestal, principalmente da madeira.

Durante o processo produtivo das florestas plantadas, uma quantidade significativa de resíduos é gerada, podendo ser equivalente a mais da metade de madeira bruta produzida, além de que em florestas nativas isso pode ser ainda maior (Dias et al., 2012). Nesse contexto, se faz necessário a busca por soluções que busquem utilizar tais resíduos, como por exemplo a geração de



energia através destes. O reaproveitamento de resíduos de madeira como fonte de energia, permite a queima eficiente com redução significativa na emissão de gases na atmosfera. Essa prática é considerada limpa, já que as emissões líquidas de gases de efeito estufa são praticamente inexistentes, uma vez que o CO₂ emitido na queima da madeira é praticamente equivalente ao CO₂ absorvido durante o crescimento da árvore (Garcia et al, 2022).

Mediante o exposto, espécies como *Tectona grandis* e *Calophyllum brasiliense* Cambess são cultivados no Brasil e além de apresentar grande potencial madeireiro é possível utilizar os resíduos de colheita destas operações para a geração de energia. *Tectona grandis*, é originária do sudoeste asiático e possui um alto teor de celulose, hemicelulose e lignina em sua composição. É cultivada em diversos países para obtenção de madeira de ótima qualidade (Behling, 2009). *Calophyllum brasiliense* Cambess é uma espécie nativa incidente no Cerrado, importante para o desenvolvimento de sistemas florestais (Souza et al, 2019). Vale ressaltar que a utilização destas espécies como fonte energética deve ser realizada de forma sustentável, com manejos adequados das florestas e respeito aos aspectos ambientais, sociais e econômicos envolvidos na produção de biomassa florestal.

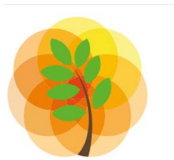
Diante da geração de resíduos oriundos dos processos de beneficiamento da madeira, este estudo tem por objetivo realizar análises físicas, químicas e energéticas dos cavacos de Guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess) e Teca (*Tectona Grandis*), com a finalidade de avaliar o desempenho energético de ambas.

Material e métodos

Foram realizadas análises físicas, químicas e energéticas das amostras de teca e guanandi, tais como umidade base seca, teor de cinzas, teor de materiais voláteis, carbono fixo e poder calorífico superior. Para cada tratamento, foram realizadas três repetições. Os equipamentos utilizados para a realização das análises foram disponibilizados pelo Laboratório Agroflorestal de Biomassa e Bioenergia / Instituto de Pesquisa em Bioenergia (LABB/IPBEN), FCA/UNESP, Botucatu-SP. As normas técnicas dos ensaios laboratoriais estão indicadas na Tabela 1.

Tabela 1. Normas técnicas utilizadas para determinação da qualidade energética dos cavacos.

Propriedade	Sigla	Normas
Umidade base seca	UBS	ASTM E871-82 (2006)
Cinzas	CZ	ASTM D1102-84 (2007)
Materiais voláteis	MV	ASTM E872-82 (2006)
Carbono fixo	CF	ASTM E870-82 (2006)
Poder calorífico superior	PCS	NBR 8633 (ABNT, 1984)



Para a análise estatística, foi realizado o teste de Bartlett, e também o de normalidade através do teste de Shapiro-Wilk, ambos a 5% de significância, para verificar a homogeneidade de variância e a normalidade.

Resultados e discussão

Os valores de umidade, cinzas, carbono fixo, materiais voláteis e poder calorífico superior obtidos, foram considerados normais de acordo com o teste de normalidade de Shapiro-Wilk com uma significância de 5%. Além disso, o teste de Bartlett, realizado com uma significância de 5%, indicou homogeneidade de variâncias para todos os resíduos. Isso significa que o modelo utilizado apresentou um bom ajuste aos dados analisados.

Na Tabela 2, é possível verificar os valores médios do teor de umidade base seca, teor de cinzas, teor de materiais voláteis, carbono fixo e poder calorífico superior das espécies estudadas.

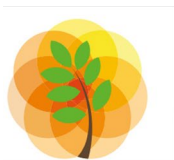
Tabela 2. Valores médios das propriedades físico-químicas do cavaco de guanandi e teca

Biomass a	UBS %	CZ %	MV %	CF %	PCS kcal kg ⁻¹
Guanandi	60,99 (3,32)	2,74 (0,15)	77,71 (2,44)	19,55 (2,59)	4311 (18,25)
Teca	78,64 (2,27)	3,51 (0,36)	84,30 (2,86)	12,19 (3,11)	4526,12 (45,26)

Em que: UBS - umidade base seca (%); CZ - teor de cinzas (%); MV - teor de materiais voláteis (%); CF - carbono fixo (%); PCS - poder calorífico superior. Valores obtidos pela média de três amostras. Desvio padrão em parênteses.

Os resultados mostram que a teca apresentou teores mais elevados de cinzas e poder calorífico superior em comparação com o guanandi. Em contrapartida, o guanandi apresentou menor teor de materiais voláteis e de umidade base seca, e alto teor de carbono fixo. Esses resultados podem ser úteis para avaliar a viabilidade do uso dessas biomassas como fonte de energia.

Diante disso, nota-se que as biomassas de guanandi e teca possuem potencial para serem utilizadas como fonte de energia, já que apresentam valores significativos de poder calorífico superior, se equiparando a trabalhos realizados com espécies de eucalipto. No trabalho realizado por Carneiro et al., (2014), os autores obtiveram valores médios de 4538,07 kcal kg⁻¹ para clones híbridos de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, enquanto que, Habitzreiter et al., (2020), apresentaram valores médios de 4.503,5 kcal kg⁻¹ para clones de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*, se assemelhando aos resultados obtidos no presente estudo. Ademais, a biomassa de guanandi apresenta



valores elevados de carbono fixo, sendo esse um parâmetro importante para avaliar o potencial combustível da biomassa.

Vale destacar que os resultados do teor de cinzas de ambas as espécies apresentaram valores baixos e na prática isso procede em menor necessidade de remoção destes resíduos do sistema de queima, portanto garantindo que ocorra menor perda de calor e consequentemente contribua para maior geração de energia.

A viabilidade do uso dessas biomassas como fonte de energia depende de diversos fatores, como a disponibilidade da biomassa, a tecnologia utilizada para a conversão da biomassa em energia, os custos envolvidos no processo, entre outros. No entanto, os resultados apresentados indicam que ambas as biomassas possuem potencial para serem utilizadas como fonte de energia, uma vez que apresentam valores significativos de poder calorífico superior, carbono fixo e teor de cinzas.

Conclusão

Conclui-se, portanto que as biomassas de guanandi e teca possuem potencial para serem utilizadas como fonte de energia, já que apresentam valores significativos de poder calorífico superior e o teor de cinzas de ambas as espécies apresentaram valores baixos, o que na prática consiste em menor necessidade de remoção destes resíduos do sistema de queima, contribuindo para geração de energia limpa e sustentável.

Agradecimentos

Ao Laboratório Agroflorestral de Biomassa e Bioenergia / Instituto de Pesquisa em Bioenergia (LABB/IPBEN) e a Fach Industrial e Comercio de Equipamentos Ltda.

Referências bibliográficas

- BEHLING, M. Nutrição, partição de biomassa e crescimento de povoamentos de teca em Tangará da Serra – MT. 2009. 176p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- CARNEIRO, A. DE C. O., CASTRO, A. F. N. M., CASTRO, R. V. O., SANTOS, R. C. DOS, FERREIRA, L. P., DAMÁSIO, R. A. P., & VITAL, B. R. (2014). Potencial energético da madeira de *Eucalyptus* sp. em função da idade e de diferentes materiais genéticos. *Revista Árvore*, 38(Rev. Árvore, 2014 38(2)), 375–381.
- CARVALHO, A.M.M.L.; PEREIRA, B.L.C. & SOUZA, M.M. (2013) – Produção de pellets da madeira. In: SANTOS, F.; COLODETTE, J. & QUEIROZ, J. H. (Eds.) – Bioenergia & Biorrefinaria : cana-de-açúcar e espécies florestais. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, p. 380-400.
- BIOENERGIA E BIORREFINARIA: cana-de-açúcar e espécies florestais. Viçosa, MG, 2013. p. 298-319
- DIAS, J. M. C.; DE SOUSA, D. T.; BRAGA, M.; ONOYAMA, M. M.; MIRANDA, C. H. B.; BARBOSA, P. F. D.;



ROCHA, J. D. Produção de briquetes e peletes a partir de resíduos agrícolas agroindustriais e florestais. EMBRAPA – AGROENERGIA. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2012.

GARCIA, D. R.; CASTRO, J. A. DE.; BASTOS, P. K. X. Estudo de emissões de gases do efeito estufa com uso de biomassa florestal como combustível para aquecimento de água residencial no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 19., 2022. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. 1–10. DOI: 10.46421/entac.v19i1.2178.

HABITZREITER, T. L.; ADAMI, P. F.; BRUN, E. J.; BATISTA, V. V.; FERREIRA, M. L.; GIACOMEL, C. L. Poder calorífico e análise econômica do uso total ou parcial da biomassa de eucaliptos. Scientia Agraria Paranaensis, [S. l.], v. 18, n. 3, p. 282–288, 2020.

OLIVEIRA, A. C. et al. Otimização da produção do carvão vegetal por meio do controle de temperaturas de carbonização. Revista Árvore, v. 37, n. 3, p. 557–566, jun. 2013.

OLIVEIRA, L. H. et al. Aproveitamento de resíduos madeireiros de *Pinus* sp. com diferentes granulometrias para a produção de briquetes. Revista de Ciências Agrárias, v. 40, n. 3, p. 683–691, set. 2017.

SILVA, D. A.; MULLER, B. V.; KUIASKI, E. C.; ELOY, E.; BEHLNG, A.; & COLAÇO, C. M. Propriedades da madeira de *Eucalyptus benthamii* para produção de energia. Pesquisa Florestal Brasileira, 35(84), 481-485. 2015

SOUZA, B. R., BALDOTTO, L. E. B., PAULA, A. M., CAMPOS, F. S., SILVEIRA, K. C.; MARINHO, P. V., SODRE, F. F., BUSATO, JADER GALBA. Screening of beneficial bacteria associated with *Calophyllum brasiliense* Cambess so as to develop microbial inoculants for agriculture. Plant Omics Journal, v.12-02, p. 93-101, 2019. doi: 10.21475/POJ.12.02.19

