III CBCTEM
Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

POTENCIAL ENERGÉTICO DE RESÍDUOS FLORESTAIS DE Tachigali chrysophylla (Poepp.) Zarucchi & Herend.

Randerson Sousa[1]
Aniele Domingas Pimentel silva[2]
Hanna Silva[3]
Mahyanny Lameira[2]
Thaiza Rodrigues[4]
Victor Moutinho[5]

[1] Laboratório de Tecnologia da Madeira - LTM / Instituto de Biodiversidade e Florestas / Universidade Federal do Oeste do Pará-UFOPA
[2] Laboratório de Tecnologia da Madeira - LTM / Instituto de Biodiversidade e Florestas - IBEF / Universidade Federal do Oeste do Pará
[3] Laboratório de Tecnologia da Madeira - LTM / Instituto de Biodiversidade e Florestas - IBEF / (UFOPA) Universidade Federal do Oeste do Pará
[4] Laboratório de Tecnologia da Madeira - LTM / INSTITUTO DE BIODIVERSIDADE E FLORESTAS / Universidade Federal do Oeste do Pará - UFOPA
[5] Laboratório de Tecnologia da Madeira - LTM / UFOPA (Universidade Federal do Oeste do Pará)

POTENCIAL ENERGÉTICO DE RESÍDUOS FLORESTAIS DE *Tachigali chrysophylla* (Poepp.) Zarucchi & Herend.

RESUMO: A busca pela diversificação de fontes energéticas fez com que a biomassa florestal se enquadrasse, cada vez mais, nas perspectivas do ambientalmente adequado. Por isso, este trabalho objetivou avaliar a qualidade do carvão vegetal em três diferentes temperaturas finais de carbonização, por meio da análise imediata das propriedades energéticas dos galhos de *Tachigali chrysophylla*. Para tal, foi coletado em amostragem aleatória, material de galhos de três indivíduos da espécie e as amostras foram carbonizadas em forno elétrico do tipo Mufla a uma taxa de aquecimento de 1,67 ºC min-¹, com a temperatura final de carbonização de 300 °C, 400 °C e 500 °C, compondo os três tratamentos, sendo realizado, posteriormente, o processamento estatístico dos dados obtidos ao final do processo de carbonização. A espécie *Tachigali* apresentou na análise imediata valores semelhantes ou superiores aos do eucalipto e um comportamento adequado para a produção de carvão vegetal, pois na medida em que se aumentou a temperatura final de carbonização o TMV e o RGC, diminuíram, enquanto o TCF aumentou, de modo que o TC e a densidade se mantiveram estatisticamente iguais. Dessa forma, é viável sugerir a espécie *Tachigali chrysophylla* como promissora para o uso energético por evidenciar valores de densidade, TCF e RGC superiores ou semelhantes quando comparados aos do gênero *Eucalyptus*.

Palavras-chave: Amazônia, biomassa, energia, galhos.

ENERGY POTENTIAL OF FOREST RESIDUES OF *Tachigali chrysophylla* (Poepp.) Zarucchi & Herend.

ABSTRACT: The search for diversification of energy sources has made forest biomass more and more framed in the perspective of the environmentally appropriate. Therefore, this work aimed to evaluate the quality of charcoal at three different final carbonization temperatures by means of the immediate analysis of the energy properties of the *Tachigali chrysophylla*. For this purpose, samples of three individuals of the species were randomly sampled and the samples were carbonized in a Mufla type electric oven at a heating rate of 1.67 ºC min -1 with the final carbonization temperature of 300 °C, 400 °C and 500 °C, composing the three treatments, and the statistical processing of the data obtained at the end of the carbonization process was carried out. The *Tachigali* species presented in the immediate analysis values similar or superior to those of eucalyptus and a suitable behavior for the production of charcoal, because as the final carbonization temperature was increased the TMV and the RGC decreased, while the TCF increased, so that TC and density remained statistically the same. Thus, it is feasible to suggest the species *Tachigali chrysophylla* as promising for the energetic use for evidencing values of density, TCF and RGC superior or similar when compared to the genus *Eucalyptus*.

Keywords: Amazon, biomass, energy, branches.

1. INTRODUÇÃO

O mundo moderno procura diversificar suas formas de energia a fim de substituir aquelas consideradas não renováveis e prejudiciais ao meio ambiente e, frente às novas perspectivas energéticas, a biomassa florestal vem se enquadrando, cada vez mais, nesse contexto (ZANUNCIO et al., 2014). A biomassa, quando convertida em energia, compreende aos biocombustíveis, ao biogás, ao carvão vegetal, ou ainda à produção de energia pela combustão direta dos resíduos vegetais (SILVA e SILVA, 2016).

A biomassa é utilizada há milhares de anos como fonte de energia em forma de lenha pelas civilizações (COELHO, 2012). Segundo Hinrichs et al. (2011) é tão antiga como a humanidade e tão recente quanto o jornal de hoje. Atualmente, no Brasil, as bioenergias correspondem a 28,9% da matriz energética, sendo que os derivados da cana-de-açúcar são responsáveis por 16,9% da matriz, a lenha responde por 8,2% e outras biomassas, como resíduos da agroindústria e florestais participam com 4,1% na geração de energia no país (MME, 2016).

Quanto aos resíduos florestais, cita-se o material deixado *in loco* durante a colheita florestal e que segundo Cortez et al. (2009) são os seguintes elementos: folhas, galhos e material resultante da destoca. Silva e Silva (2016) afirmam que esses resíduos advindos da atividade madeireira, podem ser usados como matéria prima pelas termelétricas de pequeno porte ou transformados em carvão vegetal nos fornos ou reatores pelo processo de pirólise ou carbonização (COELHO, 2012).

Tais resíduos de colheita, conforme Vale et al. (2010), possuem composição química elementar constante, em base seca, de aproximadamente 50% de carbono, 6% de hidrogênio, 44% de oxigênio, sem contar com o nitrogênio e outros componentes e, esses valores independem da espécie, da genética ou da idade da planta. Para Lopes et al. (2016), a madeira usada no país possui em grande parte usos energéticos, tanto por ser considerada uma fonte de energia potencialmente benéfica ao ambiente, quanto substituta promissora dos combustíveis fossilizados.

O Brasil, dentro da perspectiva mercadológica do carvão vegetal é o maior produtor mundial, sendo que 35,4% da madeira oriunda de florestas plantadas é direcionada à fabricação de lenha, carvão vegetal e outros elementos florestais, para abastecer principalmente os setores de aço, ferro-gusa e ferro-liga (NEVES et al., 2011). Vale ressaltar que o carvão vegetal é mais vantajoso em relação ao carvão mineral, sendo menos poluente, renovável e relativamente ausente de enxofre e fósforo, sem contar que sua fabricação junto às tecnologias produtivas já está consolidada no país (ABRAF, 2011).

A produção de energia a partir da biomassa compreende a diversos processos que possuem a função de concentrar a energia no próprio carvão, ou seja, no seu volume disponível e o que produz outros compostos, como: o alcatrão e o pirolenhoso (ABM, 2008). Existem outras técnicas que transformam a matéria prima em energética, sendo que cada processo origina um tipo de derivado, por exemplo, há a combustão direta que atua na geração de calor e ocorre nas caldeiras, outra é a gaseificação que por meio de reações termoquímicas transformam o combustível sólido em gás e, por fim, têm a digestão anaeróbica que decompõe a matéria orgânica e produz o biogás (ANEEL, 2008).

Há muitos estudos analisando a potencialidade energética de florestas plantadas, porém pouco se aborda acerca da capacidade de produção de energia a partir da biomassa de florestas nativas, principalmente quanto ao reaproveitamento da galhada oriunda da colheita florestal. Dessa forma, o objetivo do trabalho foi avaliar o carvão vegetal produzido a partir de três diferentes temperaturas finais de carbonização, por meio da análise imediata (teor de voláteis, cinzas, carbono fixo e umidade) dos galhos de *Tachigali chrysophylla,* espécie nativa da Amazônia brasileira.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção e Processamento do Material

Foi coletado, em amostragem aleatória, material de galhos de três indivíduos de *Tachigali chrysophylla* durante a atividade de colheita florestal na Floresta Nacional do Tapajós. As árvores foram previamente identificadas, por meio de seus caracteres botânicos, por especialistas da Embrapa Amazônia Oriental. Durante o período da colheita florestal, seccionaram-se os galhos das arvores estudadas, a partir da primeira bifurcação,

obtendo-se uma tora de diâmetro e comprimentos mínimos de 50 e 130 centímetros. O material em questão foi transportado para os pátios de toras, onde as peças foram desdobradas em sarrafos de 5 x 5 x 130 cm de largura, espessura e comprimento respectivamente, por meio de uma serraria portátil modelo Lucas Mill.

2.2 Preparo e Confecção dos Corpos de Prova

Os sarrafos foram desdobrados posteriormente em corpos de provas visando à realização de diferentes ensaios para estudos. Para a caracterização energética, foram retirados nove corpos de prova por indivíduo, nas dimensões 2 x 2 x 4 cm de largura, espessura e altura respectivamente. Posteriormente, o material foi levado ao Laboratório de Tecnologia da Madeira da Universidade Federal do Oeste do Pará (LTM/UFOPA), onde permaneceu em estufa a 100 ± 3°C até atingir massa constante para a realização dos ensaios.

Para tal, trabalhou-se com três tratamentos diferentes, a citar as temperaturas finais de carbonização de 300 °C, 400 °C e 500 °C. Assim, as amostras foram carbonizadas em forno elétrico do tipo Mufla, a uma taxa de aquecimento de 1,67ºC min^{-1}, permanecendo por trinta minutos na temperatura máxima, inerente ao tratamento, após atingir a mesma. Posteriormente, obtiveram-se os valores dos rendimentos gravimétricos em carvão vegetal, em gases condensáveis e em gases não condensáveis.

A análise imediata foi realizada conforme as normas seguintes: D3173 (ASTM, 2008) para obtenção de umidade, D3174 (ASTM, 2010) para cinzas e D3175 (ASTM, 2007) para o material volátil. O carbono fixo foi calculado pela soma dos percentuais de cinza e material volátil subtraído de 100. Após a carbonização, determinou-se a densidade do carvão que consistiu em obter o volume, dividindo a diferença do peso das amostras imersas em mercúrio, pela densidade do mercúrio (VITAL, 1984).

Os dados foram submetidos ao teste de Bartlett para verificar a homogeneidade dos tratamentos e ao teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov. Cumprindo os requisitos, realizou-se a ANOVA e o teste Tukey para comparação de médias, todos a 5% de probabilidade. Quando os dados não apresentaram significância, aplicou-se o teste de Kruskal-Wallis a 5% para testar a hipótese nula.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificaram-se nas médias do rendimento gravimétrico do carvão (RGC) diferenças estatísticas significativas para os três diferentes tratamentos, sendo que na menor temperatura houve o maior rendimento e, na temperatura final de 500°C, houve o menor RGC (Tabela 1).

Tabela 1. Valores médios do rendimento gravimétrico do carvão e valores da análise química imediata

Tratamento	RGC (%)	TC (%)	TMV (%)	TCF (%)	DENSIDADE (g/cm^{-3})
300°C	46,38 *a*	0,7606 *a*	40,28 *a*	58,96 *a*	0,4755 *a*
400°C	38,95 *b*	0,7679 *a*	30,54 *b*	68,69 *b*	0,4874 *a*
500°C	33,58 *c*	0,7508 *a*	20,33 *c*	78,92 *c*	0,4920 *a*

RGC = rendimento gravimétrico do carvão; TC = teor de cinzas; TMV = teor de materiais voláteis; TCF = teor de carbono fixo.

Trugilho e Silva (2001), em um estudo sobre a influência da temperatura final de carbonização nas características físicas e químicas do carvão vegetal de jatobá, afirmaram

que, de 300 °C a 900 ºC, o RGC diminuiu com a elevação da temperatura, visto que o material tendeu a se estabilizar nas temperaturas mais altas. Essa tendência observada por eles corrobora com a dinâmica obtida neste estudo.

Em relação à densidade do carvão vegetal de *Tachigali chrysophylla*, não se observou diferenças estatísticas nos três tratamentos. Cardoso et al. (2016) ao analisarem o efeito da temperatura final de carbonização na densidade e no rendimento gravimétrico de carvão de clones de eucalipto, concluíram, também, que não houve influência da temperatura final de carbonização na densidade dos carvões. Contudo, os valores da densidade de *Tachigali chrysophylla* foram superiores aos encontrados por Trugilho et al. (2001) e Frederico (2009) ao estudarem o gênero *Eucalyptus*.

Quanto às médias do Teor de Materiais Voláteis (TMV), de *Tachigali chrysophylla*, essas foram estatisticamente diferentes, sendo que o maior teor, o equivalente a 40,28%, ocorreu na menor temperatura e o menor TMV, aproximadamente 20,33%, aconteceu na temperatura final de 500 ºC. Conforme afirmam Trugilho e Silva (2001) e Brito (1992) quanto maior a temperatura, menor será o TMV, maior será o Teor de Carbono Fixo (TCF) e menor será o Teor de Cinzas (TC). E esses parâmetros constatados por eles, foram observados somente na temperatura final de carbonização de 500 ºC, onde as variáveis do carvão vegetal das três árvores analisadas apesentaram essa dinâmica no seu rendimento.

Ainda nessa perspectiva, Machado et al. (2014), propõem que a proporção entre o TMV e o TCF presentes no material, influencia na queima do combustível, uma vez que os voláteis quando aquecidos são liberados do material e queimam rapidamente na forma de gases, em contrapartida, o carbono fixo possui uma queima lenta durante a fase sólida do carvão vegetal. Além do mais, segundo Neves et al. (2011), quantidades elevadas de carbono fixo no carvão vegetal propiciam alto poder energético e estabilidade térmica.

No que diz respeito ao teor de cinzas, observou-se que não houve diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos, mas os teores observados neste trabalho estão de acordo com o que estabelece Santos (2016), que ao estudar o TC de eucalipto adequado para o uso siderúrgico, propõe um teor de cinzas inferior a 1%.

Nesse sentido, Oliveira et al. (2010), avaliando os parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de *Eucalyptus pellita* F. Muell., evidenciaram que o teor de cinzas não foi significativamente afetado pelas temperaturas finais de carbonização, havendo uma diminuição de materiais voláteis e um aumento de carbono fixo a medida em que se aumentava a temperatura.

Embora a matéria-prima mais utilizada para a produção de carvão vegetal no Brasil seja as espécies vegetais do gênero *Eucalyptus*, verificou-se que a espécie *Tachigali chrysophylla* apresentou valores de RGC superiores aos encontrados por Chaves et al. (2013) e Brito e Barrichelo (1977). Já os valores de TCF foram inferiores aos constatados por Oliveira et al. (2010) e superiores aos verificados por Trugilho et al. (2005), o que evidencia o potencial energético desta espécie, uma vez que a mesma advém de floresta nativa, sob condições extrema de competição e, naturalmente, sem perpassar pelos anos de melhoramento genético, tal como ocorreu com o Eucalipto.

4. CONCLUSÃO

Devido à escassez de estudos fitoenergéticos de *Tachigali chrysophylla*, este trabalhou disponibilizou informações essenciais para pesquisas posteriores sobre esta espécie. Deste modo, de acordo com os dados apresentados, a espécie apresentou potencial energético por evidenciar valores de densidade, TCF e RGC superiores ou semelhantes quando comparados aos do gênero *Eucalyptus*.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Atlas de energia elétrica do Brasil. Ed.3º. Brasília. 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE METALURGIA E MATERIAS (ABM). Estudo Prospectivo do Setor Siderúrgico. Brasília. 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS (ABRAF). Anuário estatístico 2011. Ano base 2010. Brasília, p. 130, 2011.

BRITO, J. O.; BARRICHELO, L. E. G. Correlações entre características físicas e químicas da madeira e a produção de carvão vegetal: I. Densidade e teor de lignina da madeira de Eucalipto. IPEF, n.14, p.9-20, 1977.

BRITO, J.O. Estudo das influências da temperatura, taxa de aquecimento e densidade da madeira de *Eucalyptus maculata* e *Eucalyptus oitriodora* sobre os resíduos sólidos da pirólise. Tese de doutorado. Piracicaba - SP, 1992.

CARDOSO, L. J.; CHAVIER, E. S.; PAULA, N. F.; PAULA R. C. Efeito da temperatura na densidade e no rendimento gravimétrico de carvão de clones de Eucalipto. CIÊNCIA & TECNOLOGIA. Jaboticabal, v. 8, 2016.

CHAVES, A. M. B.; VALE, A. T.; MELIDO, R. C. N.; ZOCH, V. P. Características energéticas da madeira e carvão vegetal de clones de *Eucalyptus* spp. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, v.9, n. 17, p. 533-542, 2013.

COELHO, S. Biomassa como fonte de energia. Serie energia e sustentabilidade: energias renováveis. Ed.1º. São Paulo. Bucher. 2012, p. 23-32.

CORTEZ, L. B.; LORA, E. E. S.; GÓMES, E. O.. Biomassa para energia. Edição 2ª. Campinas, SP. 2009.

FREDERICO, P. G. U. Influência da densidade e composição química da madeira sobre a qualidade do carvão de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden e de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake. 2009. 75 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

HINRICHS, R. A.; KLEINBACH, M.; REIS, L. B. Energia e meio ambiente. Ed. 4º. São Paulo. Cengage Learning. 2011, p. 623-652.

LIMA, H. C. de 2015. Tachigali In Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB106797 Acesso: 10 de maio de 2017.

LOPES, G. A.; BRITO, J. O.; MOURA, L. F. Uso energético de resíduos madeireiros na produção de cerâmicas no estado de São Paulo. CIÊNCIA FLORESTAL. v. 26, n. 2, p. 679-686, 2016.

MACHADO, G.O. VOGEL, F. SILVA, M.M. Influência da temperatura final de carbonização nas características físicas, químicas e energéticas do carvão de cinamomo (*melia azedarach* L.). REVISTA AMBIÊNCIA, Guarapuava – PR, vol. 10, nº 01, p.83 – 96, ISSN 1808 – 0251, DOI 10.5935/ Ambiência. 2014. 0107, 2014.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). Resenha Energética Brasileira. Brasília. 2016.

NEVES, T. A.; PROTÁSIO, T. P.; COUTO, A. M.; TRUGILHO, P. F.; SILVA, V. O.; VIEIRA, C. M. M. Avaliação de clones de *Eucalyptus* em diferentes locais visando à produção de carvão vegetal. Pesquisa Florestal Brasileira, Colombo, v. 31, n. 68, p. 319-330, 2011.

OLIVEIRA, A. C.; CARNEIRO, A. C. O.; VITAL, B. R.; ALMEIDA, W.; PEREIRA, B. L. C.; E CARDOSO, M. T. Parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de *Eucalyptus pellita* F. Muell. Scientia Forestalis. Piracicaba, v. 38, n. 87, p. 431-439, 2010.

SANTOS, R. C.; CARNEIRO, A. C. O.; VITAL, B. R.; CASTRO, R. V. O. VIDAURRE, G. B.; TRUGILHO, P. F.; CASTRO, A. F. N. M. Influência das propriedades químicas e da relação siringil/guaiacil da madeira de Eucalipto na produção de carvão vegetal. CIÊNCIA FLORESTAL. Santa Maria, v. 26, n. 2, p. 657-669, 2016.

SILVA, R. L.; SILVA, A. M. P. Bioenergia da Biomassa Residual: Potencial Energético da Combustão da Casca de Arroz em Dourados-MS e Região. Revista Brasileira de Energias Renováveis. v. 5, p. 91-105, 2016.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MORI, F. A.; LINO, A. L. Avaliação de clones de Eucalyptus para produção de carvão vegetal. CERNE, Lavras, v. 7, n. 2, p. 104-114, 2001.

TRUGILHO, P. F.; SILVA, D. A. Influência da temperatura final de carbonização nas características físicas e químicas do carvão vegetal de Jatobá (*Himenea courbaril* L.). Scientia Agrária, Curitiba, v. 2, n. 1-2, p. 45-53, 2001.

TRUGILHO, P. F.; SILVA, J. R. M.; MORI, F. A.; LIMA, K. C.; MENDES, L. M.; MENDES, L. F. B. Rendimentos e características do carvão vegetal em função da posição radial em clones de Eucalyptus. CERNE. Lavras. v. 11. n. 2. p. 178-186, 2005.

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. v. 20, n. 1, p. 137-145, 2010.

VITAL, B. R. Métodos de determinação de densidade da madeira. Viçosa: SIF, 1984. 21 p. (Boletim técnico, 1).

ZANUNCIO, A. J. V.; LIMA, J. T.; MONTEIRO, T. C.; TRUGILHO, P. F.; LIMA, F. S. Secagem ao Ar Livre da Madeira para Produção de Carvão Vegetal. FLORAM. p.1-8, 2014.