

# CARACTERIZAÇÃO ENERGÉTICA DE *Eucalyptus* sp. PROVENIENTES DE DOIS TRATAMENTOS DO SOLO EM ALAGOAS

Maurício Leodino de Barros<sup>1</sup>; Renata Guilherme Cândido da Silva<sup>1</sup>; Maria Carolina dos Santos Padilha<sup>2</sup>; Vânia Aparecida de Sá<sup>3</sup>

- (1) Graduando em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Alagoas, Centro de Ciências Agrárias, Rio Largo, AL, Brasil
- (2) Técnica de laboratório, Universidade Federal de Alagoas, Centro de Ciências Agrárias, Rio Largo, AL, Brasil.
- (3) Professora doutora, Universidade Federal de Alagoas, Centro de Ciências Agrárias, Rio Largo, AL, Brasil.  
[Mauricioleodino13@gmail.com](mailto:Mauricioleodino13@gmail.com) [mcppadilha@hotmail.com](mailto:mcppadilha@hotmail.com) [vania\\_desa@yahoo.com.br](mailto:vania_desa@yahoo.com.br)

**Identificação do evento:** Submetido no IV Congresso Brasileiro de Eucalipto – 7 e 8 de agosto de 2019 – Salvador/BA

**RESUMO:** A madeira é o combustível mais antigo empregado para gerar energia e, além da ampla utilização, tem como vantagens o baixo custo e os menores impactos ambientais. O gênero *Eucalyptus* possui destaque por apresentar produtividade e características que o tornam uma das melhores alternativas para a produção de biomassa destinada à geração de energia. A qualidade dessa biomassa pode ser alterada de acordo com fatores externos, podendo ser prejudicial para suas características energéticas. O tratamento do solo é de grande importância para o estabelecimento de mudas e desenvolvimento de raízes, condicionando melhor a absorção de nutrientes e de água. O presente trabalho teve por objetivo avaliar a caracterização energética de madeiras de *Eucalyptus* sp. submetidas à dois tipos de preparo do solo: motocoveamento e subsolagem. Foram coletadas 6 árvores de um clone comercial, aos 4 anos de idade. Foram obtidos discos de 5 cm de espessura na altura do DAP. O potencial calorífico superior foi obtido pelo método descrito na norma 8633 da ABNT. A densidade básica foi determinada pelo método descrito na norma NBR 11941. A densidade energética foi calculada a partir dos valores do PCS e densidade básica. Os dados foram submetidos à análise de variância. A densidade básica, o poder calorífico superior e a densidade energética não apresentaram variações significativas para o motocoveamento e subsolagem, respectivamente.

**Palavras-chave:** energia da biomassa, poder calorífico, densidade energética.

## INTRODUÇÃO

O aumento do consumo mundial de energia baseada em combustíveis fósseis direcionou a humanidade a uma matriz energética insegura, cara e prejudicial ao meio ambiente. Esse fato tem levado vários países a intensificarem o aproveitamento de outras fontes energéticas, principalmente as renováveis, como a madeira (BRITO, 2007). A madeira é o combustível mais antigo empregado para gerar energia e, entre suas vantagens, está o baixo custo e os menores impactos ambientais, quando comparados aos combustíveis não-renováveis (NASCIMENTO; BIAGGIONI, 2010).

O gênero *Eucalyptus* sp. tem sido apontado como uma das melhores opções para a produção de energia, devido, principalmente, ao grande número de espécies, o que possibilita ampla distribuição ecológica, favorecendo a sua introdução em várias regiões com diferentes condições edafoclimáticas. Por outro lado, essa grande dimensão do gênero possibilita o seu uso para os mais variados fins, como madeira serrada, postes, laminação, fabricação de laminados e compensados e de chapas de fibra e de aglomerados, lenha, carvão vegetal, celulose e óleos essenciais. Do mesmo modo, a sua produtividade e as características de sua madeira tornaram o gênero *Eucalyptus* uma das melhores alternativas para a produção de biomassa destinada à geração de energia (SANTOS et al., 2013).

De acordo com a Indústria Brasileira de Árvores (IBA, 2018), em 2017 o Brasil possuía uma área plantada de 7,84 milhões de hectares, onde 13% deste valor era destinada para o segmento de siderurgia e carvão vegetal. Ademais, 4,5 milhões de toneladas de carvão vegetal foram para o consumo interno, onde destaca-se a liderança mundial do país na expressiva produção de aço a partir do carvão vegetal.

O uso da madeira para geração de energia não é restritivo, ou seja, não há espécies que não possam ser utilizadas. Entretanto, algumas características intrínsecas, como a massa específica, podem indicar espécies mais adequadas para esta finalidade. A massa específica é um dos índices de qualidade mais representativos, estando diretamente ligado à produção de matéria seca. A análise do poder calorífico e densidade energética são parâmetros de grande importância para uso energético. O poder calorífico expressa a quantidade de calor liberado na queima completa de uma unidade de massa do combustível, sendo que, na madeira sofre influência positiva pelos teores de extrativos e lignina (SANTOS et al., 2011).

A densidade energética demonstra a quantidade de calor em um volume definido na biomassa, estimando o desempenho do material como combustível e avaliando o rendimento da madeira para processos siderúrgicos ou para queima. É altamente influenciado por propriedades físico-químicas da madeira, como a densidade básica, teor de lignina, extrativos e cinzas.

Além disso, a qualidade da biomassa pode ser alterada de acordo com fatores externos, podendo ser prejudicial para as propriedades mencionadas e, portanto, interferindo nas características energéticas da mesma. O tratamento do solo é de grande importância para o estabelecimento de mudas e desenvolvimento de raízes, condicionando melhor a

absorção de nutrientes e de água. O tipo de plantio pode ocorrer de forma mecanizada, semi-mecanizada ou manual, onde neste estudo foram abordados dois primeiros: a subsolagem em encosta (mecanizada) e o motocoveamento (semi-mecanizada).

O presente trabalho teve por objetivo comparar as propriedades energéticas das madeiras de *Eucalyptus* sp. submetidas à dois tipos de preparo do solo: motocoveamento e subsolagem.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Obtenção do material de estudo

Foram coletadas madeiras de clones de *Eucalyptus* sp. com as mesmas características genéticas, aos 4 anos de idade, provenientes de povoamentos comerciais da CAETEX Florestal S.A., localizado no município de Maceió, Alagoas.

O estudo do povoamento foi feito sob dois tipos de preparo do solo, a subsolagem e o motocoveamento, ambos instalados em áreas de relevo acidentado (encosta). Foram lançadas parcelas de 15 x 15 m (225 m<sup>2</sup>) em talhões com espaçamento de 3,0m x 2,5m, em seguida, realizou-se a mensuração dos diâmetros à 1,30 m do solo (DAP) (no sentido declive da encosta – aclive da encosta) das 30 árvores contidas dentro desta área amostral. Após a obtenção das medidas de DAPs, calculou-se o valor médio do local amostrado (árvore média).

Após marcação das árvores médias, foram abatidas três árvores para cada tipo de preparo do solo, somando seis indivíduos. De cada árvore abatida, foram retirados discos de 5 cm da altura do DAP considerando o diâmetro mínimo de 4 cm.

### Preparo do material

Foram utilizados os discos do DAP, onde estes foram subdivididos em quatro cunhas, onde duas seções opostas foram destinadas para obtenção da densidade básica e as outras para análise do poder calorífico.

O material para poder calorífico foi submetido à trituração em moinho tipo Willey para obtenção da serragem que, em seguida, foi classificada em conjunto de peneiras de 40 e 60 mesh, cujo ensaio utilizou a porção retida na peneira de 60 mesh.

### Determinação da Densidade Básica (DB)

O ensaio de densidade básica foi obtido pelo método hidrostático, descrito na norma NBR 11941, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT, 2003).

### Determinação do Poder Calorífico Superior (PCS)

O poder calorífico superior foi determinado em bomba calorimétrica, conforme determinado na norma 8633 da ABNT (ABNT, 1984). A análise foi feita em amostras pastilhadas e secas em estufa a 103 ± 2 °C até massa constante.

### Densidade Energética

O cálculo da densidade energética foi realizado sob os dados do PCS e densidade básica, como expresso na Equação 1:

$$DE = PCS \times DB \quad \text{(Equação 1)}$$

Onde: DE = Densidade Energética (cal/cm<sup>3</sup>); DB = densidade básica (kg/cm<sup>3</sup>); PCS = poder calorífico superior (cal/g)

### Análise de dados

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente ao acaso e os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os valores médios de densidade básica, poder calorífico superior e densidade energética das madeiras de *Eucalyptus* sp. para os dois tipos de preparo do solo.

Tabela 3. Médias para cada forma de preparo do solo dos parâmetros estudados.

Tratamento	Parâmetros		
	DB	PCS	DE
	g/cm <sup>3</sup>	Cal/g	Cal/cm <sup>3</sup>
Motocoveamento	0,358 a	4618,17 a	1652,94 a
Subsolagem	0,348 a	4599,83 a	1600,35 a

DB: Densidade Básica; PCS: Poder Calorífico Superior; PCI: Poder Calorífico Inferior; DE: Densidade Energética  
Médias seguidas da mesma letra para cada fator não diferem entre si a um nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste de Tukey.

A partir da análise de variância, pode-se constatar que não houve diferenças significativas entre os tratamentos para os diferentes parâmetros estudados.

Os valores da densidade básica foram baixos em comparação com o da literatura, como o de Carneiro et al (2014), que encontrou uma variação de 0,450 g/cm<sup>3</sup> a 0,560 g/cm<sup>3</sup> para essa variável. Alguns autores afirmam que a densidade da madeira vai aumentando de acordo com a idade, podendo apresentar diversos padrões de variação ao longo da árvore. Meneses et al. (2015) relata que essa variável geralmente é maior com o aumento da idade, logo, a utilização de madeira juvenil pode ter influenciado o ensaio. Com relação ao rendimento volumétrico, as madeiras devem possuir alta densidade básica para aumentar a quantidade de matéria seca colocada no forno de carbonização (Brito e Barrichelo, 1977), logo, o material usado para esse ensaio não é indicado.

O poder calorífico superior dos tratamentos de solo variou de 4599,83 cal/g a 4618,17 cal/g, entretanto, estes não apresentaram diferença significativa. Os resultados obtidos foram coerentes com os apresentados na literatura. Jesus et al (2017) encontrou valores semelhantes para 5 espécies de eucaliptos, com uma variação de 4538 kcal/kg a 4669 kcal/kg. Silva et al (2015) em um estudo de *Eucalyptus benthamii* para a produção de energia, o PCS foi de 4679,7 kcal/kg.

A densidade energética calculada apresentou variação de 1652,94 para o motocoveamento e 1600,35 para a subsolagem. Em uma caracterização energética do *Eucalyptus benthamii* aos 6 anos de idade, realizada por Lima et al (2011), a densidade energética média foi de 2.222 kcal/m<sup>3</sup>, sendo superior ao do presente estudo. Jesus et al (2017) também destaca que a variação da densidade básica influenciou a densidade energética. Isso ocorre devido a densidade básica ser diretamente relacionada com a produção de energia da madeira, sendo de grande importância a escolha de madeiras mais densas para maior densidade energética.

A utilização da madeira estudada não teve bom rendimento energético, entretanto, a utilização de madeira juvenil pode ter sido um fator que interferiu nas avaliações, não descartando o uso para energia no futuro. Além disso, é sugerido que a madeira possa ter outra utilização, como para serraria, celulose, chapas, entre outras aplicações

## CONCLUSÃO

O poder calorífico superior e a densidade energética não diferiram estatisticamente em função dos tratamentos do solo. Indica-se a análise de teor de voláteis e carbono fixo para complementação da caracterização energética, além de ensaios para quantificação de lignina presente na madeira. Além disso, é indicado que existam novos estudos do tipo de tratamento do solo para árvores adultas, para analisar a variação da caracterização energética para as duas idades.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 8633: Carvão vegetal: Determinação do poder calorífico**. Rio de Janeiro: ABNT, 1984. 13 p.

ASTM (American Society for Testing and Materials). **D 4442-92** Standard test methods for direct moisture content measurements of wood and wood-based materials. In Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia, US, ASTM. Vol. 04.10., 2003.

BRITO, J. O. O uso energético da madeira. **Estudos avançados**, São Paulo, v. 21, n. 59, p. 185-193, 2007.

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

CARNEIRO, A.C. O.; CASTRO, A. F. N. M.; CASTRO, R. V. O.; SANTOS, R. C.; FERREIRA, L. P.; DAMÁSIO R. A. P.; VITAL, B. R. Potencial energético da madeira de *Eucalyptus* sp. em função da idade e de diferentes materiais genéticos. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 38, n.2, 2014.

IBA, Indústria Brasileira de Árvores. **Dados do Relatório 2018: Ano base 2017**. Brasília: IBÁ, 2018. Disponível em: <[www.iba.org](http://www.iba.org)>. Acesso em: 28 de junho de 2019.

JESUS, M. S.; COSTA, L. J.; FERREIRA, J. C.; FREITAS, F. P.; SANTOS, L. C.; ROCHA, M. F. V. Caracterização energética de diferentes espécies de *Eucalyptus*. **FLORESTA**, Curitiba, PR, v. 47, n. 1, p. 11 - 16, 2017.

LIMA, E. A.; SILVA, H. D.; LAVORANTI, O. J. Caracterização dendroenergética de árvores de *Eucalyptus benthamii*. **Pesq. Flor. Bras.**, Colombo, v.31, n. 65, p. 09-17, 2011.

MENESES, V. A.; TRUGILHO, P. F.; CALEGARIO, N.; LEITE, H. G. Efeito da idade e do sítio na densidade básica e produção de massa seca de madeira em um clone do *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 43, n. 105, p. 101-116, mar. 2015.

NASCIMENTO, M. D.; BIAGGIONI, M. A. M. Avaliação energética do uso de lenha e cavaco de madeira para a produção de energia em agroindústria Seropédica. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 25, n. 3, p. 104-117, 2010.

SANTOS, F.; COLODETTE, J.; QUEIROZ, J. H. **Bioenergia e biorrefinaria**. Viçosa, MG: Os Editores, 2013.

SANTOS, R. C.; CARNEIRO, A. C. O.; CASTRO, A. F. M.; CASTRO, R. V. O.; BIANCHE, J. J.; CARDOSO, M. T. Correlações entre os parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de clones de eucalipto. **Scientia Florestalis**, 39 (89), p. 221-230, 2011.

SILVA, D. A.; MÜLER, B. V.; KUIASKI, E. C.; ELOU, E.; BEHLING, A.; COLAÇO, C. M. Propriedades da madeira de *Eucalyptus benthamii* para produção de energia. **Pesq. flor. bras.**, Colombo, v. 35, n. 84, p. 481-485, 2015.