

Análise imediata do carvão vegetal de clones de *Eucalyptus* spp.

Arthur Pedro Alves Fernandes¹, Jovita Oliveira Dantas¹, Carlos Eduardo da Silva Barbosa¹, Jhonatan Willian Moreira¹, Macksuel Fernandes da Silva¹, Carlos Roberto Sette Junior¹

¹Escola de Agronomia EA, Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia/GO, Brasil.

Resumo: A determinação dos parâmetros que compõem a análise imediata do carvão vegetal produzido com a madeira de clones de *Eucalyptus* spp. é importante para qualificar o carvão. Foram produzidos carvões vegetais da madeira de cinco clones de *Eucalyptus* spp. e determinados a análise imediata, conforme as normas ASTM E872-82 e ASTM D1102-84. Não houve diferença estatística para a maioria dos parâmetros analisados para os cinco clones de *Eucalyptus* spp.

Palavras-chave: Umidade, Madeira, Qualidade do carvão.

Proximate analysis of charcoal from *Eucalyptus* spp. clones

Abstract: The determination of the parameters that make up the proximate analysis of charcoal produced with wood from *Eucalyptus* spp. clones is important to qualify the charcoal. Charcoals were produced from the wood of five *Eucalyptus* spp. clones and determined the proximate analysis, according to ASTM E872-82 and ASTM D1102-84 standards. There was no statistical difference for most of the parameters analyzed for the five *Eucalyptus* spp. clones.

Keywords: Humidity, Wood, Charcoal quality.

1. INTRODUÇÃO

A produção do carvão vegetal de clones de *Eucalyptus* spp. é relevante para o setor florestal devido à busca por fontes energéticas renováveis. O carvão vegetal é amplamente utilizado no ramo industrial, sendo o principal combustível e redutor do minério de ferro em siderurgias e metalúrgicas (Bustos-Vanegas et al., 2018).

Na análise imediata, os parâmetros de teor de umidade, materiais voláteis, carbono fixo e cinzas determinam a qualidade e o desempenho do carvão vegetal durante a queima. Esta análise pode auxiliar na seleção dos melhores materiais genéticos para a produção do carvão vegetal, levando a um rendimento superior e influenciando a viabilidade econômica durante as operações nos altos fornos industriais.



O uso de clones e híbridos de *Eucalyptus* spp. selecionados e com alta

produtividade pode resultar em maiores rendimentos de carvão vegetal, menor teor de cinzas e maior eficiência de combustão (Rodrigues et al., 2017).

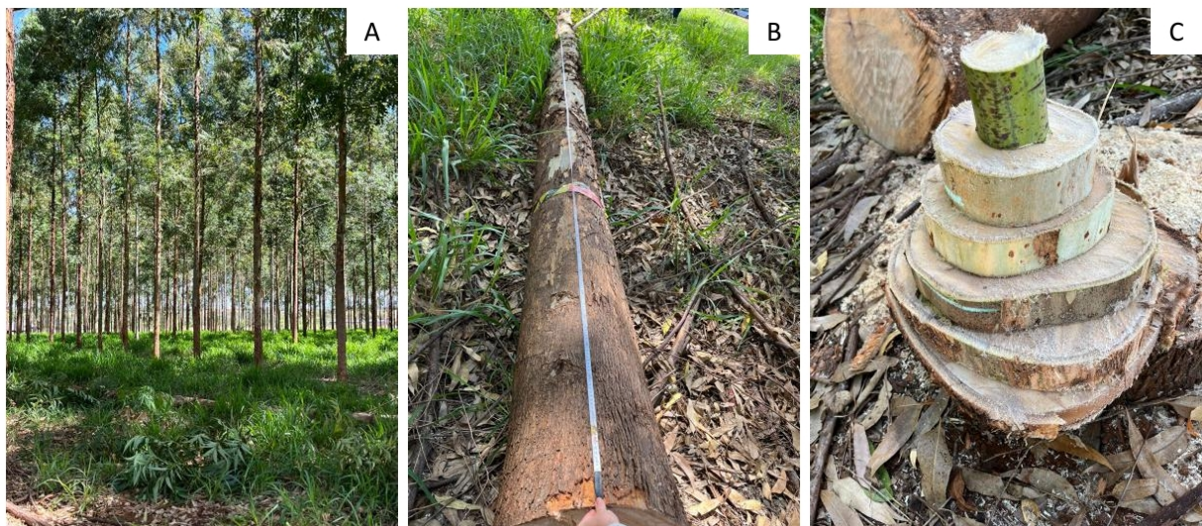
O propósito desta pesquisa foi realizar a análise imediata do carvão vegetal produzido com a madeira de diferentes clones e híbridos de *Eucalyptus* spp., determinando os teores de umidade, materiais voláteis, carbono fixo e cinzas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área do experimento

O material utilizado no estudo foi coletado em um projeto instalado em janeiro de 2018, na cidade de Morrinhos-GO, em uma parceria entre o Instituto Federal Goiano, EMATER-GO, Assistech Ltda, Embrapa, UFG e UFLA (Figura 1A). O experimento foi instalado em uma área de sistema integrado de produção (silvicultura + pecuária + agricultura). O plantio do componente arbóreo foi feito em delineamento experimental de blocos casualizados, com espaçamento de 4x10 m, em linhas simples com 40 tratamentos (clones), 6 repetições e 5 plantas por parcela.

Figura 1. Área experimental do plantio de clones de *Eucalyptus* spp. em sistema integrado de produção (A); árvore cortada e marcação das posições longitudinais no tronco (B); discos de madeira cortados por posição longitudinal da base ao topo (C).



Fonte: Autor

Durante o desenvolvimento do experimento foram realizados tratamentos silviculturais usuais na cultura do eucalipto, assim como avaliações de diâmetro à altura do peito, altura da árvore e dados qualitativos do fuste.

2.2 Seleção e coleta do material

Do total de clones do experimento, foram selecionados cinco (Tabela 1) que apresentaram os maiores incrementos médios anuais (IMA). Foram selecionadas e cortadas (Figura 1B) cinco árvores de cada clone, totalizando 25 árvores amostradas, com 5 anos de idade.

Tabela 1: Código de identificação e espécies/híbridos selecionados para produção do carvão vegetal.

Código do clone	Espécie/híbrido
T	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>
W	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>
X	<i>E. urophylla</i>
Y	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>
Z	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>

As árvores selecionadas foram cortadas e retirados discos de madeira com 5 cm de espessura (Figura 1C) em diferentes posições longitudinais no tronco, sendo: base (0% da altura), diâmetro à altura do peito (DAP), 25%, 50%, 75% e topo (100% da altura comercial, equivalente a 6cm de diâmetro).

2.3 Carbonização

Dos discos de madeira coletados, foram seccionadas cunhas, secas em estufa e após colocadas em forno mufla, para a produção de carvão vegetal, com taxa de aquecimento de 1,67 °C por minuto, até que o mesmo atingisse a temperatura final de 450 °C, permanecendo nesta temperatura por 30 minutos até a fixação do carbono (Silva et al., 2018). Com o forno desligado foi esperado 24 horas

para o resfriamento do carvão, em seguida foram feitas as análises descritas no item 2.4.

O carvão vegetal foi triturado e colocado em um agitador de peneiras, em que a porção de 60 mesh foi separada para a realização da análise imediata e determinados os teores de cinzas, de materiais voláteis e de carbono fixo.

2.4 Análises

A umidade foi determinada pela diferença de peso antes e após secagem em estufa a 105 °C. Os materiais voláteis foram determinados conforme a norma ASTM E872-82 e as cinzas de acordo com a norma ASTM D1102-84. O carbono fixo foi calculado indiretamente a partir dos teores de cinzas e materiais voláteis. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software Sisvar versão 5.7., visando detectar as diferenças nos parâmetros avaliados para os cinco clones de *Eucalyptus spp.*

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise estatística não indicou diferença significativa para a umidade (Tabela 2). As médias variaram 11,26% a 13,55%, sendo esses dos clones X e T, respectivamente.

Tabela 2: Teor de umidade encontrado no carvão vegetal após a carbonização de todos os tratamentos.

Clone	Umidade (%)
T	13,55 a
W	11,70 a
X	11,26 a
Y	13,32 a
Z	13,02 a

O teor de umidade encontrado no carvão vegetal (Tabela 2) apresentou

valores altos. Esses altos valores podem ser explicados por fatores interligados. A umidade do ambiente onde o carvão ficou armazenado é um fator que pode explicar esse resultado. O processo de carbonização inadequado, com temperaturas insuficientes ou tempo menor do que o necessário, o manuseio após esse processo também pode influenciar a umidade.

A umidade no carvão causa a redução do poder calorífico e essa umidade residual pode influenciar de forma negativa a energia liberada durante a combustão (Oliveira et al. 2014). Da mesma forma, o carvão vegetal tende a ficar mais friável e quebradiço o que dificulta o seu transporte. A geração de fumaça e emissões tende a aumentar, além da corrosão e deterioração dos equipamentos.

Os teores de materiais voláteis encontrados variaram de 38,56% a 42,44% (Figura 2), não apresentando diferença estatística entre si.

Figura 2: Média dos teores de materiais voláteis, cinzas e carbono fixo encontrados no carvão vegetal dos clones de *Eucalyptus* spp.

Legenda: MV: materiais voláteis; CF: carbono fixo; CZ: cinzas

O teor de materiais voláteis traz uma menor eficiência para o uso do carvão vegetal como redutor de minério de ferro (Fialho et al., 2019). Estudos com diferentes espécies de eucalipto encontraram valores variando na faixa de 25% (Oliveira et al. 2023).

O teor de cinzas apresentou diferença estatística entre os valores, variando de 0,6% a 0,9%, sendo os clones X e Y, respectivamente (Figura 2). O teor de cinzas é um parâmetro importante para a seleção do clone para a produção do carvão vegetal. Altos teores no carvão vegetal podem causar problemas nos equipamentos e fornos siderúrgicos, em função da característica abrasiva das cinzas (parte inorgânica da biomassa).

Em um estudo com o *E. urophylla* com 3 anos de idade, foi encontrado o valor de 0,57% de teor de cinzas para o carvão vegetal (Sette Jr. et al. 2020). Em outro estudo que levou em consideração o tipo de solo, o teor de cinzas no carvão vegetal produzido de um híbrido de *E. urophylla* x *E. grandis* variou entre 0,73% e 0,85% (Silva et al., 2022).

A medida indireta de carbono fixo apresentou valores que não tiveram diferenças significativas entre os clones (Figura 2). O teor de carbono fixo para o uso em siderurgia deve variar entre 75 e 80% (Santos, 2008). Os resultados obtidos neste estudo estão abaixo do ideal para fins siderúrgicos.

4. CONCLUSÃO

Em síntese, os resultados encontrados mostraram que, apesar de estarem sendo analisados diferentes clones, não houve um clone que se destacasse em todos os parâmetros.

O clone Y apresentou um maior teor de carbono fixo e menor teor de materiais voláteis, porém o alto teor de cinzas torna o seu uso dificultado devido à alta necessidade de manutenção em fornos industriais.

O clone X apresentou o menor teor de cinzas, porém, o carbono fixo apresentou o valor mais baixo entre as amostras já os materiais voláteis foi o maior valor encontrado.

Assim, apenas a análise imediata não é suficiente para determinar qual clone é melhor para produção de carvão vegetal, sendo necessário a realização de mais análises, como poder calorífico, densidade, rendimento gravimétrico etc.

5. REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM E872-82** - Standard Test Method for Volatile Matter in the Analysis of Particulate Wood Fuels. West Conshohocken, PA: ASTM, 2006.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D1102-84** - Standard Test Method for Ash in Wood. West Conshohocken, PA: ASTM, 2013.

BUSTOS-VANEGAS, J. D.; MARTINS, M. A.; CARNEIRO, A. C. O. et al. **Thermal inertia effects of the structural elements in heat losses during the charcoal production in brick kilns.** Fuel, v. 226, p. 508-515, 2018.

FIALHO, L. F. et al. **Application of thermogravimetric analysis as a pre-selection tool for Eucalyptus spp.** Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v. 14, n. 3, p. 1-9, 2019. Disponível em: link.

OLIVEIRA, J. B.; GOMES, P. A.; ALMEIDA, M. R. **Correlações entre as propriedades da madeira e do carvão vegetal de híbridos de eucalipto.** Scientia Forestalis, v. 42, n. 101, p. 15-22, 2014.

OLIVEIRA, L. P. DE. et al. **Wood and charcoal quality in the selection of Eucalyptus spp. clones and Corymbia torelliana x Corymbia citriodora for steel industry.** Revista Árvore, v. 47, p. e4722, 2023.

RODRIGUES, J. G.; ANDRADE, A. M.; PEREIRA, B. L. C. et al. **Qualidade do carvão vegetal de clones de Eucalyptus spp. para uso siderúrgico.** Revista Árvore, v. 41, n. 5, e410508, 2017.

SANTOS, M. A. S. **Quality parameters of charcoal for use in blast furnaces.** Proceedings of the National Forum on Charcoal, vol. 1, UFMG, Belo Horizonte, Brazil, 2008.

SETTE JUNIOR, C. R., CUNHA, T.Q.G., CONEGLIAN, A., et al. Does the presence of bark in the wood of fast-growing forest species significantly change the energy potential? BioEnergy Research, v. 13, p. 222-228, 2020.

SILVA, Macksuel Fernandes da. **Potencial energético de clones de Eucalyptus spp. provenientes de testes clonais em dois diferentes tipos de solo.** 2022. 66 f., il. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) — Universidade de Brasília, Brasília, 2022.

SILVA, M. F.; FORTES, M. M.; SETTE JUNIOR, C. R. **Characteristics of wood and charcoal from Eucalyptus clones.** Floresta e Ambiente, v. 25, n.

3, e20160350, 2018. DOI 10.1590/2179-8087.035016. Disponível em:
<https://doi.org/10.1590/2179-8087.035016>. Acesso em: 2 de jun de 2024.



Engenharia
Industrial
Madeireira



SOCIEDADE BRASILEIRA
DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DA MADEIRA