

## QUALIDADE ENERGÉTICA DO CARVÃO VEGETAL DO FUSTE E GALHO DE *Eucalyptus urophylla*

Guilherme de Miranda Fernandes Reis<sup>1</sup>; Renata Carvalho da Silva<sup>2</sup>; Wagner Ferreira Coelho de Oliveira<sup>1</sup>; Thatiele Pereira Eufrazio de Moraes<sup>1</sup>; Cristiano Bueno de Moraes<sup>1</sup>; Raquel Marchesan<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Tocantins (UFT), Curso de Engenharia Florestal, Laboratório de Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais, Gurupi, Tocantins, Brasil.

<sup>2</sup> Universidade Federal do Paraná, Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, Curitiba, Paraná, Brasil

\* e-mail do autor correspondente: guilherme25@mail.uft.edu.br

**Resumo:** Este trabalho teve como objetivo determinar as propriedades energéticas do carvão vegetal produzido com a madeira do fuste e do galho de *Eucalyptus urophylla* aos seis anos de idade. Para tal, foram selecionadas cinco árvores, das quais foram coletados discos da base, DAP e topo do fuste e os galhos que também foram transformados em discos. Da madeira do fuste e galho foram determinadas a densidade básica, teor de extrativos totais, lignina e holocelulose. Para a obtenção do carvão vegetal, a madeira passou pelo processo de pirólise com temperatura final de 500°C e taxa de aquecimento de 5C°/min. Após a produção do carvão vegetal foram analisadas as propriedades energéticas por parâmetros como densidade a granel, análise química imediata (matérias voláteis, carbono fixo e cinzas), poder calorífico, densidade energética e estoque de carbono fixo. Por meio da análise dos resultados foi possível concluir que a madeira do fuste dá origem a um carvão vegetal de melhor qualidade, visto que apresentou maior teor de lignina, maior teor de carbono fixo e conseqüentemente maior poder calorífico. Porém, por mais que o galho tenha apresentado valores médios menores para as propriedades energéticas do carvão vegetal, o mesmo ainda pode ser considerado uma biomassa com bom potencial para a produção de energia.

**Palavras-chave:** Energia da biomassa, carbono fixo, densidade energética.

### **Abstract:**

Energy quality of charcoal from the stem and branch of *Eucalyptus urophylla*. This work aimed to determine the energetic properties of charcoal produced with the wood of the stem and branch of *Eucalyptus urophylla* at six years of age. To this end, five trees were selected, from which discs were collected from the base, DBH and top of the trunk and branches, that were also transformed into discs. The basic density, content of total extractives, lignin and holocellulose were determined from the wood of the stem and branch. To obtain the charcoal, the wood went through the pyrolysis process with a final temperature of 500°C and a heating rate of 5C°/min. After charcoal production,

the energy properties were analyzed by parameters such as bulk density, immediate chemical analysis (volatile matter, fixed carbon and ash), calorific value, energy density and fixed carbon stock. Through the analysis of the results, it was possible to conclude that the wood of the stem gives rise to a better quality charcoal, since it presented higher lignin content, higher fixed carbon content and consequently higher calorific value. However, even though the branch has presented lower average values for the energetic properties of charcoal, it can still be considered a biomass with good potential for energy production.

**Keywords:** Biomass energy, fixed carbon, energy density.

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil atualmente é líder mundial no setor de carvão vegetal, representando cerca de 12% da produção, as floretas plantadas mantêm constância e registra 5,1 milhões de toneladas consumidas, apenas 0,3 milhões de toneladas são de florestas nativas, crescimento de 3,7% no total em relação ao ano de 2019 [1]. Os principais polos consumidores no Brasil estão na região sudeste, centro-oeste e nordeste, das 180 unidades produtora de aço, ferro-gusa e ferro liga utilizam o carvão vegetal em seus fornos para o processo de produção [1].

O incentivo da implantação de florestas comerciais é extremamente importante, pois reduz o desmatamento para obtenção da matéria prima de forma ilegal, como é a situação do bioma Cerrado, sendo o segundo bioma que mais sofreu alterações em suas fitofisionomias naturais, ficando atrás da Mata Atlântica, no qual vem se degradando por expansão agrícola, pastagens e exploração do material lenhoso para produção de carvão vegetal e outros fins [2].

Desta forma, este trabalho teve como objetivo determinar as propriedades energéticas do carvão vegetal produzido com a madeira do fuste e do galho de *Eucalyptus urophylla* aos seis anos de idade obtido de plantio experimental implantado no sul do Tocantins.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada na Universidade Federal do Tocantins, situada no município de Gurupi, na região sul do estado do Tocantins. A madeira do fuste e dos galhos do *Eucalyptus Urophylla* foi coletada de um plantio experimental com seis anos de idade implantado na fazenda da Universidade. O material foi acondicionado, preparado e analisado no Laboratório de Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais, UFT. Para o estudo foram selecionadas cinco árvores de forma

aleatória e das mesmas coletados discos do fuste (base, DAP e topo) e dos galhos. Os mesmos foram transformados em cavacos, palitos e partículas para a determinação das propriedades da madeira, produção e caracterização do carvão vegetal.

A densidade básica da madeira foi determinada pela norma [3] e o teor de extrativos totais, teor de lignina e teor de holocelulose foram determinados conforme metodologia descrita por [4].

A produção do carvão vegetal ocorreu pelo processo de pirólise da madeira em um forno tipo mufla com taxa de aquecimento de 5°C/min e temperatura final de 500°C. Após a produção do carvão vegetal foi determinada a densidade a granel, a composição química imediata [5, 6] e por fim estimados o poder calorífico superior [7], densidade energética [8] e estoque de carbono fixo [9].

Utilizou-se para o trabalho um delineamento inteiramente casualizado em que foi realizado primeiramente o teste de normalidade e análise de variância (ANOVA) e por fim aplicado o teste de Tukey para a comparação das médias a nível de 5% de probabilidade, no programa estatístico Sisvar.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, estão apresentados os valores médios de densidade básica e das propriedades químicas da madeira do fuste e do galho de *E. urophylla*.

Tabela 1: Valores médios das propriedades físicas e químicas da madeira do fuste e do galho de *E. urophylla*.

<b>Madeira de <i>Eucalytus urophylla</i></b>				
<b>Parâmetros</b>	<b>Fuste</b>	<b>Galho</b>	<b>CV (%)</b>	<b>Pr&gt;F<sub>c</sub></b>
Db (g/cm <sup>3</sup> )	480,42 a	460,99 b	1,04	*
Extrativos totais (%)	4,67 a	3,54 b	3,26	*
Lignina total (%)	27,89 a	25,57 b	2,11	*
Holocelulose (%)	67,43 b	70,89 b	0,96	*

Nota: Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV (%): Coeficiente de variação.

Conforme a Tabela 1, é possível observar que houve diferença estatística significativa entre a madeira do fuste e do galho, em que os valores médios de densidade básica, teor de extrativos totais e lignina da madeira do fuste de *E. urophylla* aos seis anos de idade são superiores em relação à madeira do galho, com exceção aos valores de holocelulose. Essas características são desejáveis para a produção de carvão vegetal de boa qualidade, principalmente a densidade básica e o teor de lignina total, que influenciam diretamente no poder calorífico e na densidade energética.

Na Tabela 2 estão apresentados os valores médios para as propriedades energéticas do

carvão vegetal, em que ocorre a diferença significativa entre os carvões produzidos com a madeira do fuste e do galho de *Eucalyptus urophylla*.

Tabela 2: Valores médios das propriedades energéticas do carvão vegetal da madeira do fuste e galho do clone *E. urophylla*.

Carvão vegetal <i>Eucalyptus urophylla</i>				
Parâmetros	Fuste	Galho	CV (%)	Pr>Fc da interação
Dgranel (g/cm <sup>3</sup> )	0,28	0,22	-	-
MV (%)	21,85 b	24,62 a	6,97	*
CF (%)	76,77 a	74,38 b	2,08	*
Cz (%)	1,38 a	1,00 b	6,75	*
PCS (Kcal/Kg)	7488,64 a	7409,12 b	0,7	*
De (Kcal/cm <sup>3</sup> )	2115,14 a	1656,15 b	0,64	*
ECF (Kg/cm <sup>3</sup> )	216,84 a	166,27 b	1,89	*

Nota: Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV (%): Coeficiente de variação.

A densidade a granel do carvão vegetal do fuste e galho apresentaram valores considerados baixos, o que pode ter sido afetado pela densidade básica da madeira, considerada de baixa a média. Em relação aos teores de carbono fixo, poder calorífico superior, densidade energética e estoque de carbono fixo, o carvão produzido com a madeira do fuste apresentou maiores médias, sendo considerado de boa qualidade para a geração de energia. Nota-se que houve influência das características das madeiras em relação à qualidade do carvão vegetal, pois da mesma forma que a madeira do fuste apresentou melhores resultados, o carvão produzido com esta madeira também seguiu a mesma tendência.

Em relação ao teor de cinzas, o carvão produzido com o galho apresentou menor valor médio, mas ambos se encontram de acordo com os valores de referência, sendo considerado baixo.

Na Tabela 3 podemos observar a correlação (Correlação de Pearson) entre os parâmetros da madeira e do carvão vegetal, sendo que todas as correlações foram consideradas altas, tanto as correlações diretamente proporcionais como as correlações inversamente proporcionais.

Destaca-se na Tabela 3 a correlação positiva que houve entre os teores de lignina, carbono fixo, poder calorífico superior, densidade energética e estoque de carbono fixo.

Tabela 3: Correlação entre as propriedades da madeira e do carvão vegetal da madeira e do fuste do *E. urophylla*.

Parâmetros	ET	LT	Hol.	MV	CF	PCS	De	ECF
------------	----	----	------	----	----	-----	----	-----

	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(Kcal/cm <sup>3</sup> )	(Kcal/cm <sup>3</sup> )	(Kg/m <sup>3</sup> )
Ext. Totais (%)	1,00							
Lignina total (%)	0,96	1,00						
Holocelulose (%)	-0,98	-1,00	1,00					
MV carv (%)	-0,96	-0,88	0,91	1,00				
CF carv (%)	0,95	0,86	-0,90	-1,00	1,00			
PCS (Kcal/cm <sup>3</sup> )	0,95	0,86	-0,90	-1,00	1,00	1,00		
De (Kcal/cm <sup>3</sup> )	0,98	0,93	-0,95	-0,96	0,95	0,95	1,00	
ECF (Kg/m <sup>3</sup> )	0,98	0,93	-0,95	-0,96	0,96	0,96	1,00	1,00

#### 4. CONCLUSÕES

Por meio da análise dos resultados foi possível concluir que a madeira do fuste do *Eucalyptus urophylla* aos seis anos de idade dá origem a um carvão vegetal de melhor qualidade, visto que apresenta maior teor de lignina, maior teor de carbono fixo e consequentemente maior poder calorífico, havendo alta correlação positiva entre as propriedades da madeira e as propriedades energéticas do carvão vegetal.

Por mais que o galho tenha apresentado valores médios menores para as propriedades energéticas do carvão vegetal, o mesmo ainda pode ser considerada uma biomassa com bom potencial para a produção de energia.

#### 5. REFERÊNCIAS

- [1] Indústria Brasileira de Árvores-IBÁ. Relatório 2020. Brasília, p. 66, 2020. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-iba-2020.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2021.
- [2] Zeferino, M C. O Desmatamento e o Inventário Florestal no Cerrado Brasileiro. Mata Nativa, p. 1, 22. maio 2018. Disponível em: <https://www.matanativa.com.br/blog/inventario-florestal-no-cerrado-brasileiro/>. Acesso em: 22 jul. 2020.
- [3] American Society For Testing And Materials. ASTM D-2395: Standard Test Methods for Specific Gravity of Wood and Wood-Based.
- [4] Wastowski, AD. Química da madeira. 1 ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2018. 566p.
- [5] American Society For Testing And Materials - ASTM. ASTM D 1762-84: Standard method for chemical analyses of wood charcoal. Philadelphia: ASTM International, p.2, 2007.
- [6] Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 8112: Carvão vegetal—Análise imediata. Brasília, 1983.
- [7] Vale, AT.; Abreu, VLS.; Gonzalez, JC.; Costa, AF. Estimation of the Higher Calorific Power of Charcoal from *Eucalyptus grandis* woods as a function of Fixed Carbon Content and Volatile Material



# VCBCTEM

CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA  
E TECNOLOGIA DA MADEIRA

[8] 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*, v. 47, n. 1, p. 11-16, 2017.

[9] Protásio, P. T.; Couto, A. M.; Dos Reis, A. A.; Trugilho, P. F.; Godinho, T. P. Potencial siderúrgico e energético do carvão vegetal de clones de *Eucalyptus* spp. aos 42 meses de idade. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v. 33, n. 74, p. 137-149, 2013.