

## **Análise imediata de carvão vegetal produzido por pequeno produtor em Capelinha – Minas Gerais.**

**Resumo:** O Brasil é o maior produtor mundial de carvão vegetal, que entre outras utilizações, é uma matéria prima empregada na produção do minério de ferro. A maior parte da madeira utilizada na produção de carvão é oriunda de florestas plantadas de *Eucalyptus* e são produzidos por empresas, bem como por pequenos produtores. O objetivo deste trabalho foi a realização de análise imediata em carvão vegetal. O carvão utilizado neste estudo é proveniente de um pequeno produtor, no município de Capelinha-MG. Foram retiradas amostras localizadas em três porções distintas no interior do forno do tipo rabo-quente: base, meio e topo, em três fornos distintos. Após coleta, o carvão foi transformado em pó para a quantificação da umidade, materiais voláteis, carbono fixo e cinzas. Os valores médios encontrados para umidade, materiais voláteis, cinzas e carbono fixo foram de 3,83; 29,06; 0,34 e 70,80% respectivamente.

**Palavras-chave:** Siderurgia, Teor de carbono fixo, Teor de voláteis.

## **Immediate analysis of charcoal produced by a small producer in Capelinha - Minas Gerais.**

**Abstract:** Brazil is the world's largest producer of charcoal, which among other uses, is a raw material used in the production of iron ore. Most of the wood used in coal production comes from planted Eucalyptus forests and is produced by companies as well as by small producers. The objective of this work was the immediate analysis of charcoal. The coal used in this study comes from a small producer in the municipality of Capelinha-MG. Samples were placed in three different portions inside the hot-oven: base, middle and top, in three different furnaces. After collection, the coal was transformed into powder for the quantification of moisture, volatile materials, fixed carbon and ash. The average values found for moisture, volatile materials, ash and fixed carbon were 3.83; 29.06; 0.34 and 70.80% respectively.

**Keywords:** Siderurgy, Fixed carbon content, Volatile content.

### **1. INTRODUÇÃO**

O carvão vegetal é um produto da carbonização da madeira e é de grande importância para a economia brasileira, pois é utilizado como fonte de energia renovável e redutor no setor da siderurgia (Souza et al., 2016). O carvão vegetal apresenta ainda inúmeras vantagens em relação ao carvão mineral. É renovável, menos poluente (tem baixo teor de cinzas), praticamente isento de enxofre/fósforo e a tecnologia para sua fabricação já está amplamente consolidada no Brasil (ABRAF, 2011).

No Brasil, 13% da área composta por florestas plantadas no ano de 2017 eram destinadas a produção de carvão vegetal para fins siderúrgicos, com uma queda de 1% com relação ao ano anterior. Em 2016, 84% da matéria prima total na produção de carvão vegetal, foi proveniente de florestas plantadas de *Eucalyptus* (IBÁ, 2017).

A produção do carvão vegetal ainda é feita em diversos tipos de fornos, como os de alvenaria pouco desenvolvidos e produtivos, a exemplo os de “rabo-quente”, onde o seu

controle da carbonização depende fundamentalmente do conhecimento empírico do operador (Zuchi, 2000).

Diversos são os fatores que influenciam na qualidade do carvão vegetal, mas de forma geral a qualidade depende da espécie da madeira, tamanho das peças de madeira que serviram como matéria-prima e o método de carbonização (Brito, 1990; Vale et al., 2010).

A composição básica do carvão vegetal apresenta carbono fixo, cinzas e matérias volatilizáveis (Souza et al., 2016). Para que se obtenha um carvão vegetal de qualidade, algumas características e fatores são avaliados, dentre elas: umidade; resistência mecânica, densidade, materiais voláteis, cinzas e carbono fixo, granulometria; poder calorífico superior, temperatura e tempo de carbonização (Oliveira et al., 1982; Vale et al., 2001).

Segundo Carneiro et al. (2014), na produção de carvão vegetal, o carbono é convertido em carbono fixo, sendo esse o principal responsável pela energia estocada no carvão. As cinzas são os componentes minerais que sobram da degradação dos constituintes da madeira e da casca, e por sua vez, podem ser prejudiciais no processo siderúrgico de determinados metais (Vital et al., 1986). O teor de materiais voláteis determina a facilidade de ignição, a estabilidade da chama e a velocidade de combustão. Um alto teor de voláteis facilita a ignição e a combustão (Ribeiro & Vale, 2006; Arantes, 2009).

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi analisar os teores de água, materiais voláteis, cinzas e carbono fixo em carvão vegetal em diferentes alturas do forno de alvenaria tipo rabo quente.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Seleção do material**

Foram adquiridas amostras de carvão vegetal, coletadas em três fornos localizados na zona rural do município de Capelinha-MG, (17° 41' 29"S e 42° 30' 57" W, com altitude média de 948m). Estas foram retiradas em diferentes alturas do forno (topo, meio e fundo), à medida que se descarregava o carvão. O carvão vegetal foi produzido a partir de madeira de reflorestamento de *Eucalyptus* sp. em fornos de alvenaria do tipo "rabo quente."

### **2.2 Preparo das amostras**

A análise imediata e a determinação da umidade do carvão vegetal foram realizadas no Laboratório de Química e Anatomia da Madeira do IFMG campus São João Evangelista Minas Gerais. As amostras foram moídas em moinho Wiley, e passadas em peneiras de 40 e 60 mesh, que correspondem de 0,42 e 0,25 mm respectivamente, então,

submetidas à análise conforme os procedimentos descritos a seguir. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

### 2.3 Análise imediata do carvão

Para a determinação da umidade dos carvões, pesou-se cerca de 1,0 g do carvão amostrado, em balança analítica com precisão de 0,1 mg, em cadinhos de porcelana previamente secos. Os cadinhos com carvão foram levados à estufa regulada a  $102 \pm 3$  °C, por um período de 2 horas. Logo após, retirou-se o material da estufa e esperou que esfriasse a temperatura ambiente em um dessecador, por aproximadamente 15 minutos, sendo finalmente pesados para a determinação da umidade em base seca.

Para a determinação dos materiais voláteis, as amostras foram levadas a mufla previamente aquecida e estabilizada a 950 °C. Primeiramente os cadinhos, agora tampados, foram colocados na extremidade externa da mufla sobre a porta, onde ficaram por dois minutos.

Depois estes foram colocados na entrada da mufla ainda com a porta aberta por mais três minutos, para que os mesmos passassem por um pré-aquecimento. Feito isso, estes foram colocados no interior da mufla por seis minutos, com a porta fechada. Após esse período realizou-se a retirada dos cadinhos tampados da mufla, e estes foram então levados ao dessecador por aproximadamente 30 minutos para que esfriassem a temperatura ambiente. Depois de esfriados, os materiais foram pesados, obtendo-se então a massa de material seco sem a presença de materiais voláteis. O teor de materiais voláteis do carvão vegetal foi calculado pela Equação a seguir:

$$TMV = \frac{Mf - Mms}{Mf} * 100$$

TMV: teor de materiais voláteis em %; Mf: massa cadinho + massa da amostra seca em estufa (g); e Mms: massa após o tratamento a 950°C (g).

Após a determinação de voláteis, o material foi novamente levado a mufla para incineração total à temperatura de 750°C por 6 horas, sem a tampa do cadinho. Terminada a incineração, levou-se as amostras para o dessecador por aproximadamente 30 minutos. Neste caso foi possível obter a massa residual inorgânica após a completa incineração da matéria orgânica. O teor de cinzas do carvão vegetal foi calculado pela Equação a seguir:

$$TCz = \frac{Mr}{Mf} * 100$$

Mf

TCz: teor de cinzas em %; Mf: massa cadinho + massa da amostra seca em estufa (g); e Mr: massa do resíduo após a incineração da matéria orgânica

A determinação do teor de carbono fixo (TCF) é uma medida indireta, obtida através do cálculo da Equação descrita a seguir, utilizando os parâmetros previamente determinados.

$$\text{TCF} = 100 - (\text{TMV} + \text{TCz}) \%$$

Os dados foram submetidos a análise de variância a 5% de significância e quando significativa a diferença entre as médias foi aplicado o teste Tukey, com o emprego do *software* SISVAR (Ferreira, 2011).

### 3. RESULTADOS

Os dados da análise imediata dos carvões vegetais estão apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Valores de umidade, materiais voláteis, cinzas e carbono fixo nas diferentes posições do forno.

Posição no forno	Umidade <sup>ns</sup>	TMV	TCz <sup>ns</sup>	TCF
Fundo	3,86	34,66 a	0,33	65,62 b
Meio	3,56	25,35 b	0,31	74,33 a
Topo	4,06	27,16 b	0,38	72,46 a
Média	3,83	29,06	0,34	70,80

<sup>ns</sup>: não significativo pelo teste Tukey a 5% de confiança

Foram verificadas diferenças estatísticas significativas apenas para as variáveis teor de materiais voláteis e teor de cinzas, em que maiores teores de materiais voláteis foram verificados no fundo do forno, em contrapartida, menor rendimento em carbono fixo foi verificada nessa posição.

### 4. DISCUSSÃO

O carvão é um produto higroscópico, podendo em poucas horas absorver de 4 a 16% de seu peso em água (carvão recém-produzido). Dentre as características mais importantes relacionadas com a qualidade do carvão vegetal para uso siderúrgico, está a umidade. Seu teor no carvão vegetal deve ser o mais reduzido possível para o uso siderúrgico, pois quanto mais elevado o teor de umidade, mais calor dos gases será necessário para a evaporação da água. Segundo dados publicados pela Aperam Bioenergia, a umidade média do carvão vegetal produzido no mês de fevereiro de 2018 foi de 6,66% (Aperam Bioenergia 2018), sendo verificado neste estudo um baixo valor de umidade, com valor médio de 3,83%.

Conforme descrito por Barbosa, 1986, ao se aumentar a temperatura final de

carbonização, verifica-se um acréscimo no teor de carbono fixo e redução nos teores de voláteis. O maior teor de voláteis foi verificado na posição fundo do forno, local mais distante das aberturas dos fornos para a entrada de oxigênio e saída de gases, e possivelmente local onde a temperatura do processo pode ter sido inferior. Nones et al (2015), verificaram teores de voláteis de 29,70 e 31,11% em carvão de *Eucalyptus benthamii*, com 5 e 13 anos respectivamente. Já Souza et al., 2016 encontraram teor de voláteis de 16%

Um menor teor em carbono fixo foi verificado na posição do fundo do forno de carbonização. Nones et al (2015), verificaram teores de carbono fixo de 69,30 e 66,17% em carvão de *Eucalyptus benthamii*, com 5 e 13 anos respectivamente. Já Souza et al., 2016 encontraram teor de carbono fixo de 82,70%.

Os teores de cinzas encontrado são inferiores aos encontrados por Oliveira et al. (2010), Souza et al. (2016), porém superiores ao encontrado por Nones et al. (2015) para *Eucalyptus benthamii* com 13 anos.

## 5. CONCLUSÕES

Pode concluir-se com a realização deste trabalho que:

- Os valores médios encontrados para umidade, materiais voláteis, cinzas e carbono fixo para o carvão vegetal de *Eucalyptus* sp, foram de 3,83; 29,06; 0,34 e 70,80% respectivamente.
- As características de teor de materiais voláteis e teor de carbono fixo foram influenciadas de forma significativa em função da posição no interior do forno.
- O melhor carvão vegetal foi encontrado no meio do forno, local onde resultou em um maior teor de carbono fixo.

## 6. REFERÊNCIAS

ABRAF. Anuário estatístico da ABRAF 2011: ano base 2010. [CITED 2011] Available from: <http://www.cntp.embrapa.br/agromet/elnino2>.

Aperam BioEnergia: Qualidade em ação. 6ª edição [CITED 2018] Available from: [http://aperambioenergia.com.br/wp-content/uploads/2018/02/qualidadeemacao\\_6\\_fev2018\\_v1.pdf](http://aperambioenergia.com.br/wp-content/uploads/2018/02/qualidadeemacao_6_fev2018_v1.pdf)

Arantes MDC. Variação das características da madeira e do carvão de um clone de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake [tese]. Lavras: Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Lavras; 2009.

Brito JO. Princípios de produção e utilização de carvão vegetal de madeira. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais 1990; 9: 1-19.

Carneiro ACO, Castro AFNM, Castro RVO, Santos RC, Ferreira LP, Damásio RAP et al. Potencial energético da madeira de *Eucalyptus* sp. em função da idade e de diferentes materiais genéticos. Revista Árvore 2014; 38(2): 375-381.

Ferreira, DF. Sisvar: a computer statistical analysis system. Ciência e Agrotecnologia, 2011; 35:1039-1042.

IBÁ. Indústria Brasileira de Árvores. Relatório Anual. [cited 2017] Available from: <[iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA\\_RelatorioAnual2017.pdf](http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2017.pdf)>.

Nones, DL, Brand, MA, Cunha, AB, Carvalho, AF, Weise, SMK. Determinação das propriedades energéticas da madeira e do carvão vegetal produzido a partir de *Eucalyptus benthamii* Floresta 2015; 45(1): 57 – 64.

Oliveira, JB, Gomes, PA, Almeida, MR. Propriedades do carvão vegetal. In: Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (Ed.). Carvão vegetal: destilação, propriedades e controle de qualidade. Belo Horizonte: CETEC, 1982

Oliveira AC, Carneiro ACO, Vital BR, Almeida W, Pereira BLC, Cardoso MT. Parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de *Eucalyptus pellita* F. Muell. Scientia Forestalis 2010; 38(87): 431-439.

Ribeiro PG, Vale AT. Qualidade do carvão vegetal de resíduos de serraria para o uso doméstico. In: Anais da Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência; 2006; Florianópolis. Belém: Universidade Federal do Paraná; 2006.

Vale, AT, Costa, AT, Gonzalez, JC, Nogueira, M. Relações entre a densidade básica da madeira, o rendimento e a qualidade do carvão vegetal de espécies do Cerrado. Revista Árvore 2001; 25: 89-95.

Vale AT, Dias ÍS, Santana MAE. Relações entre propriedades químicas, físicas e energéticas da madeira de cinco espécies de cerrado. Ciência Florestal 2010; 20(1): 137-145.

Vital, B. R.; Jesus, R. M.; Valente, O. F. Efeito da constituição química e da densidade básica da madeira de clones de *Eucalyptus grandis* na produção de carvão vegetal. Revista Árvore 1986; 10(2): 151-160.

Zuchi, P. S. Avaliação Ergonômica do trabalho na atividade de carvoejamento. 1º.Simpósio Brasileiro sobre ergonomia e segurança do trabalho florestal e agrícola – ERGOFLOR, Belo Horizonte/MG, 2000.