

PROPRIEDADES FÍSICAS DE UM CARVÃO VEGETAL PRODUZIDO EM PEÇANHA, MG.

Bruna Flávia Xavier Sousa¹, Heloísa Brenda Xavier Rodrigues², Brenner Gonçalves Nunes Carvalho³ Caroline Junqueira Sartori⁴.

1 Bruna Flávia Xavier Sousa – Bolsista (IFMG), Bacharelado em Engenharia Florestal, IFMG Campus São João Evangelista, São João Evangelista-MG; brunaxavierengflorestal@gmail.com

2 Heloísa Brenda Xavier Rodrigues, Bacharelado em Engenharia Florestal, IFMG Campus São João Evangelista, São João Evangelista-MG

3 Brenner Gonçalves Nunes Carvalho, Bacharelado em Engenharia Florestal, IFMG Campus São João Evangelista, São João Evangelista-MG

4 Caroline Junqueira Sartori, Pesquisador do IFMG, Campus São João Evangelista; caroline.sartori@ifmg.edu.br

RESUMO

O Brasil ocupa o primeiro lugar na produção mundial de carvão vegetal. O produto constitui uma importante fonte de energia renovável e suas aplicações evidenciam a importância que exerce na economia formal e informal no país. O carvão vegetal é proveniente da pirólise lenta da madeira, é largamente utilizado na siderurgia nacional, é considerado um dos melhores redutores para uso siderúrgico, apresentando um maior grau de pureza em relação ao carvão mineral, com baixo teor de enxofre e cinzas. O conhecimento das etapas do processo de produção do carvão vegetal tem um impacto significativo na qualidade final do produto, tão bem como as qualidades da matéria-prima utilizada, como composição química, densidade, dimensão e umidade, sendo a densidade do carvão vegetal fortemente relacionada com a densidade da madeira que o originou. A densidade está diretamente relacionada com a produtividade do alto-forno, quanto maior a densidade, maior a resistência mecânica, e uma maior quantidade de energia por unidade de volume é conseguida. Neste contexto objetivou-se determinar a densidade a granel e aparente do carvão vegetal de um produtor rural do município de Peçanha, Minas Gerais. Para a realização deste trabalho, foram obtidos cerca de 500 gramas de carvão vegetal, em dois fornos do tipo encosta, provenientes de madeira de *Eucalyptus sp* de primeira brotação com cinco anos. A densidade a granel, foi determinada segundo a razão da massa ocupada da amostra em um recipiente de volume conhecido. Para determinar a densidade aparente, regulou-se a massa do carvão vegetal em condição ambiente, para a determinação do volume, os carvões foram embrulhados em filme plástico e imersos em água sobre uma balança analítica, sendo a massa igual ao volume de líquido deslocado, e a densidade calculada, com a relação da massa e volume. Os carvões vegetais foram levados à estufa a 105 °C para a obtenção da massa seca. Como quantificação ao final do experimento, os valores médios de densidade a granel para o forno 1 foi de ; 0,186 g/cm³ e de 0,173 g/cm³ para forno 2 , sendo a densidade aparente para o forno 1 de 0,406 g/cm³ e 0,382 g/cm³ para forno 2, a umidades de 5,66 e 5,32% respectivamente. Os resultados obtidos foram assertivos quanto aos valores disponibilizados pela literatura comprovando o elevado potencial para a utilização do material genético de *Eucalyptus sp*, para fins energéticos, sobretudo para a produção de carvão vegetal siderúrgico. Evidenciou-se pelas análises a importância de observações para obter um carvão de melhor qualidade, a iniciar pela madeira com baixa umidade durante o processo de carbonização por exemplo, isso influi na redução de problemas de fendilhamento, carvão quebradiço e geração de finos. Contudo o nível de otimização em termos de qualidade do carvão vegetal para fins siderúrgicos ainda não foi alcançado, para tanto faz-se necessário a divulgação de mais pesquisas que tratem o tema, de modo a fundamentar mais resultados.

PALAVRAS-CHAVE: Densidade a granel, Densidade aparente, Energia da biomassa, Pirólise

INTRODUÇÃO:

O Brasil é um dos maiores produtores de carvão vegetal do mundo, destinado principalmente à siderurgia, atuando como agente redutor do minério de ferro. O insumo sólido de cor negra, o qual origina-se de árvores cultivadas, que substitui insumos de origem fóssil, é um produto comumente utilizado como combustível para aquecedores, lareiras, churrasqueiras, e por abastecer alguns setores industriais como as siderúrgicas (IBÁ, 2020).

O eucalipto é uma das melhores opções para a produção de carvão vegetal, devido à rusticidade, produtividade e às características da madeira. Os reflorestamentos de eucalipto, planejados e manejados adequadamente, produzem árvores de troncos retos, uniformes e madeira com massa específica adequada para a obtenção de carvão de boa qualidade (PINHEIRO et al., 2006).

Oriundo do processo de carbonização, também conhecido como pirólise lenta o carvão vegetal perpassa pelo procedimento de termogravimetria, onde a madeira sob efeito de temperatura na presença controlada de oxigênio, passa pela fixação de carbono, perde compostos menos energéticos (Hidrogênio (H), Oxigênio (O), dentre outros) que são liberados na forma de gases condensáveis e não condensáveis (OLIVEIRA et al., 2010).

As características e procedência da madeira a ser carbonizada devem ser consideradas, pois estas influenciam diretamente nas propriedades do carvão vegetal. Quanto maior a umidade da madeira, mais friável será o carvão produzido, nesse processo a água passa do estado líquido para o gasoso, gerando pressão interna com o vapor, ocasionando o fendilhamento do carvão. A qualidade do carvão vegetal é determinada por meio das suas propriedades físicas e químicas: densidade, poder calorífico superior, resistência mecânica ou friabilidade, umidade e composição química (carbono fixo, cinzas e materiais voláteis), sendo o conhecimento das características do carvão imprescindível para produção de um produto com propriedades necessárias para seu uso (OLIVEIRA et al., 2010; BRIDGWATER, 2012).

Segundo Mendes et al. (1982) a densidade varia conforme a técnica de medida, e todas as medidas de densidade tem sua importância na caracterização do carvão vegetal, pois as suas propriedades estão relacionadas com a sua densidade, portanto não afetando outras propriedades, a densidade deve ser a maior possível, pois ela determina entre outras coisas, o volume ocupado pelo carvão nos aparelhos de redução e gaseificação de acordo com o mesmo autor, a temperatura final de carbonização é o principal parâmetro que influencia os teores de carbono fixo e materiais voláteis do carvão vegetal.

Diante disso, este trabalho tem como objetivo determinar a densidade a granel, densidade aparente e umidade do carvão vegetal produzido por um produtor rural no município de Peçanha, Minas Gerais. O produtor solicitou respaldo pela pesquisa do IFMG, para avaliar aspectos físicos do seu produto uma vez que está tendo perda na produção, com geração de carvão de baixo rendimento e alta geração de finos.

METODOLOGIA:

Para a realização deste trabalho, foram obtidos cerca de 500 gramas de carvão vegetal de dois fornos diferentes, proveniente de um produtor com plantios e fornos no município de Peçanha, Minas Gerais, sudeste do Brasil (Latitude: 18°32'46" Sul; Longitude: 42°45'35" Oeste). O produtor utiliza madeira de brotação de *Eucalyptus sp* de cinco anos, e o sistema utilizado para a carbonização são fornos do tipo de encosta.

A densidade a granel neste caso, obtida em g/cm^3 , foi determinada segundo a razão massa de carvão vegetal, contida em um recipiente de volume pré-determinado conforme escrito pela norma NBR 6922 (ABNT, 1981).

Já a densidade aparente do carvão vegetal determinada em g/cm^3 , foi estabelecida com a relação da massa de uma amostra de carvão em condição de equilíbrio, com o meio e seu respectivo volume. Para isto, foram utilizadas cinco amostras de cada forno. A massa foi determinada em balança analítica e para obter o volume pelo método de imersão, os carvões foram enrolados em um filme de PVC, para evitar absorção de água, sendo a massa equivalente ao volume de líquido deslocado e o da amostra.

Após determinação do volume, as amostras de carvões, com as massas em condição de equilíbrio com o meio (massa úmida), foram levadas à estufa com circulação de ar a 105 °C para a secagem e obtenção da massa seca. De posse das massas úmidas e secas, foram determinadas as umidades em base seca.

Foi realizado teste F de média com emprego do software SISVAR (FERREIRA, 2011), a 5% de significância, de modo a verificar a diferença entre os fornos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES:

Os resultados das amostras analisadas com médias e respectivos coeficientes de variação de densidade a granel, densidade aparente e a umidade para os fornos 1 e 2 estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1- Valores médios de densidade a granel, densidade aparente e umidade em base seca dos carvões vegetais.

	Forno 1	CV (%)	Forno 2	CV (%)
Densidade a granel (g/cm ³) ns	0,186	1,94	0,173	10,48
Densidade aparente umidade de equilíbrio (g/cm ³) ns	0,406	25,35	0,382	10,22
Umidade em base seca (%) ns	5,66	22,31	5,32	7,44
Valor médio de rendimento(g/cm ³)	0,381	29,93	0,361	10,26

ns: Não significativo a 5% de significância

CV: coeficiente de variação

Verifica-se que a densidade a granel média foi de 0,186 e 0,173 g/cm³, e as médias da densidade aparente foram de 0,406 e 0,382 g/cm³ e as umidades em base seca de 5,66 e 6,32% respectivamente.

Para a produção do carvão vegetal o diâmetro das peças a serem carbonizadas é um aspecto importante a ser considerado, vale ponderar que peças de dimensões similares devem se carbonizadas em conjunto, ao modo que peças de madeira de diâmetros muito elevados não são interessantes para a carbonização, o que resulta numa produção com elevado teor de cinzas e finos. Donato (2020) que buscava analisar a influência do diâmetro da madeira de eucalipto na produtividade e propriedades do carvão vegetal, obteve valores médios de densidade a granel de 0,156 g/cm³, o que corrobora com os resultados encontrados. Da mesma maneira que assegura Brito (1982), que encontrou valores com variação de densidade a granel do *Eucalyptus* spp, de 0,18 g/cm³ á 0,19 g/m³.

Segundo Alves (2017), a densidade da madeira é uma característica atribuída a madeira usada para produção de carvão, tendo como fator de maior peso o fator genético. Entretanto essa densidade pode ser influenciada por aspecto de espaçamento do fuste, ritmo de crescimento (período chuvoso e seco) e tratamentos silviculturais. Tais características interferem na qualidade do carvão vegetal produzido, uma vez que quanto maior a densidade, mais unidade de massa (carbono) estará em uma mesma unidade de volume.

Para Trugilho(2005),o tipo de forno utilizado reflete muito a respeito da quantidade e qualidade do carvão produzido. Os fornos ao ar livre ficam muito sujeitos a ação do vento e quanto maior é a entrada de ar mais acelerada é a queima da madeira, porém reduzindo o rendimento gravimétrico devido a degradação excessiva do carvão.

A densidade do carvão é muito importante para fins siderúrgicos. A densidade está diretamente relacionada à resistência mecânica do carvão e afeta aspectos operacionais e produtivos das usinas siderúrgicas. Uma densidade maior do carvão resulta em custos menores de transporte e armazenamento, além de um melhor aproveitamento do alto-forno siderúrgico, o que aumenta a produtividade em um determinado período de tempo. Além disso, menciona-se que madeiras com densidades mais elevadas produzem carvão com maior densidade aparente. Isso significa que a qualidade do carvão pode ser influenciada pela densidade da madeira utilizada para produzi-lo (FROEHLICH et al, 2014).

Deve-se considerar também a umidade contida no carvão vegetal, a mesma exerce uma grande influência no rendimento dos processos em que ele é utilizado. A umidade da madeira utilizada na carbonização do carvão tem um efeito significativo nas características do carvão resultante. Quando a madeira contém alta umidade, durante o processo de carbonização, a água presente na madeira é transformada em vapor. Essa conversão gera pressão interna no carvão em formação, causando fissuras e rachaduras. Isso significa que o carvão resultante será mais quebradiço e frágil (FROEHLICH et al, 2014).

Acerca da umidade obteve-se os valores respectivos de 5,66% e 5,32% para os fornos. Com a densidade aparente do carvão, no forno 1 obteve-se valor médio de 0,381 g/cm³ e 0,361 g/cm³ no forno 2, com desvio padrão de 0,10 e 0,04, com um coeficiente de variação de 29,93 e 10,26, respectivamente. Donato (2020) obteve valor médio de 0,355 g/cm³. Assim como Brito (1981), que obteve valores de densidade aparente média para o *Eucalyptus* spp, variando de 0,25 g/cm³ a 0,31 g/cm³. Considerando estes referenciais os valores obtidos com o presente estudo confirmam próximos as referências acima.

CONCLUSÕES:

Com base nos resultados encontrados no presente trabalho conclui-se que as amostras de madeiras de *Eucalyptus* sp apresentaram densidade com valores médios de: densidade a granel de 0,186 g/cm³ e de 0,173 g/cm³, sendo a densidade aparente de 0,406 g/cm³ e 0,382 g/cm³ para umidades de 5,66 e 5,32% respectivamente. Com dados de densidade apresentando variação acima dos dispostos em literatura,

infere-se que o baixo rendimento da produção de carvão vegetal do produtor de Peçanha-MG, pode estar ligado as características físicas e químicas da madeira sob a carbonização, contudo é necessário uma análise química imediata para melhor elucidação dos resultados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ALVES, Rejane Costa; OLIVEIRA, Ana Lúcia C.; CARRASCO, Edgar Vladimiro Mantilla. Propriedades físicas da madeira de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. *Floresta e Ambiente*, v. 24, 2017.

BRITO, José O. et al. **Estimativa da densidade a granel do carvão vegetal a partir de sua densidade aparente**. Piracicaba: IPEF, 1982.

DONATO, Danilo Barros et al. Influência do diâmetro da madeira de eucalipto na produtividade e propriedades do carvão vegetal. **Revista Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science)**, v. 11, n. 2, 2020.

FERREIRA, Daniel Furtado. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e agrotecnologia**, v. 35, p. 1039-1042, 2011.

FROEHLICH, Paulo Leandro; MOURA, Angela. Carvão vegetal: propriedades físico-químicas e principais aplicações. **Revista Tecnologia e Tendências**, v. 9, n. 1, p. 13-32, 2014.

IBÁ [Indústria Brasileira de Árvores] Histórico do Desempenho do Setor, 2020. Disponível em :< <http://iba.org/pt/biblioteca-iba/historico-dodesempenho-do-setor> >. Acesso em nov/2022.

Mendes, M. G.; Gomes, R. A.; Oliveira, J. B. - 1982. Propriedades e controle de qualidade do carvão vegetal. **Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais - CETEC**. Produção e utilização de carvão vegetal

OLIVEIRA, A.C.; CARNEIRO, A.C.O.; VITAL, B.R.; ALMEIDA, W.; PEREIRA, B.L.C.; CARDOSO, M.T. Parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de *Eucalyptus pellita* F. Muell. *Scientia Forestalis*, v. 38, p. 431-439, 2010. <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr87/cap10.pdf>

OLIVEIRA, A. C. et al. Parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de *Eucalyptus pellita* F. Muell. **Scientia Forestalis**, v.38, n.87, p.431-439, 2010.

PAES, Juarez Benigno et al. Rendimento e caracterização do carvão vegetal de três espécies de ocorrência no semiárido brasileiro. **Revista Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science)**, v. 3, n. 1, p. 1012953/2177-6830. 2012.

PINHEIRO, P. C. C. et al. A produção de carvão vegetal: teoria e prática. Belo Horizonte, 2006.

TRUGILHO, Paulo Fernando et al. Rendimentos e características do carvão vegetal em função da posição radial de amostragem em clones de *Eucalyptus*. **Cerne**, v. 11, n. 2, p. 178-186, 2005.