



ANÁLISE DE CARVÃO VEGETAL PRODUZIDO EM DOIS TIPOS DE FORNOS

Eliene Moraes Afonso¹; Lucimeiri Alves Nascimento²; Emilly Pereira dos Santos³; Ricardo Gomes de Oliveira⁴; Caroline Junqueira Sartori⁵

1 Eliene Moraes Afonso, Bolsista (IFMG), Bacharelado em Engenharia Florestal, IFMG Campus São João Evangelista, São João Evangelista - MG; elyenemoraes28@gmail.com

2 Lucimeiri Alves Nascimento, IFMG Campus São João Evangelista, São João Evangelista - MG; lucimeire.a.nascimento@gmail.com

3 Emilly Pereira dos Santos, IFMG Campus São João Evangelista, São João Evangelista - MG; emilly.crep20@hotmail.com

4 Ricardo Gomes de Oliveira, IFMG Campus São João Evangelista, São João Evangelista - MG; Ricardo.gomes@ifmg.edu.br

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

RESUMO

O carvão vegetal é um material energético proveniente do processo de pirólise lenta da madeira, o qual é largamente empregado na siderurgia. Apesar de ser utilizado há longo tempo, o sistema de produção ainda pode ser rudimentar e o controle da carbonização de forma empírica, como no acompanhamento da coloração da fumaça, o que, além de outras variáveis, pode resultar em um material bastante heterogêneo. Diante disso, este projeto teve como objetivo, realizar análise química imediata de carvão vegetal produzido por pequeno produtor no município de Capelinha-MG. As amostras de carvão vegetal são provenientes de madeira de *Eucalyptus* sp produzidos em fornos de carbonização: Forno RAC 110 e Forno RAC 220. O carvão vegetal foi moído em moinho de facas e peneirados em 40 e 60 mesh. Com relação à análise imediata determinou-se a umidade, teor de cinzas, teor de voláteis e carbono fixo. Os dados foram analisados estatisticamente, de modo a verificar semelhança entre os fornos de carbonização pelo teste F de médias. Diferenças estatísticas significativas entre os fornos, foram verificadas somente para as variáveis de umidade e teor de cinzas. As umidades médias verificadas foram de 5,02 e 4,77%, e os teores de cinzas médios verificados foram de 0,44 e 0,74% nos fornos RAC 110 e RAC 220 respectivamente. Para as variáveis de teor de materiais voláteis e teor de carbono fixo, não foram verificadas diferenças estatísticas significativas. Os teores médios de voláteis foram de 24,52 e 25,49% e os teores médios de carbono fixo foram de 70,59 e 68,99% nos fornos RAC 110 e RAC 220 respectivamente.

PALAVRAS CHAVE: Teor de carbono fixo. Teor de cinzas. Teor de Voláteis

INTRODUÇÃO:

A produção de carvão vegetal é uma atividade econômica importante em Minas Gerais e em muitas outras regiões do país. Além de ser uma fonte de energia renovável, a produção de carvão vegetal é uma importante fonte de renda para pequenos produtores rurais que têm na atividade uma fonte de subsistência.

O carvão vegetal é um material obtido pelo processo de carbonização ou pirólise da madeira, as quais são provenientes principalmente de árvores cultivadas, e substitui o carvão mineral, de origem fóssil, o que contribui para a redução na emissão de gases de efeito estufa na siderurgia, por exemplo. Assim, o setor nacional de árvores plantadas tem grande importância econômica, representando em 2019 1,2% do PIB Nacional com uma receita bruta total de R\$ 97,4 bilhões. O



principal polo de consumo de carvão vegetal, com mais de 40% das empresas, encontra-se no Estado de Minas Gerais (IBÁ, 2020).

Entretanto, a maior parte do carvão vegetal produzido atualmente no Brasil, é proveniente de fornos rudimentares, de alvenaria, de baixo rendimento gravimétrico (DONATO et al., 2020). Normalmente esses fornos não possuem nenhum tipo de mecanização e tampouco instrumentos de medição das variáveis importantes do processo, prejudicando tanto o rendimento quanto à qualidade final do produto. O processo é dependente de seus operadores, pois o controle da carbonização ocorre em acompanhamento da coloração dos gases gerados no processo (OLIVEIRA, 2009).

O processo ocorre sem controle das características da madeira, do processo de carbonização e das emissões atmosféricas, tendo como consequência, um produto final com propriedades físicas e químicas variáveis, o que compromete a sua qualidade e produtividade (DONATO, et al., 2020).

A qualidade do carvão vegetal produzido é importante, pois afeta diretamente a eficiência energética e a qualidade dos produtos finais que utilizam o carvão como fonte de energia. O conhecimento da composição química de carvão é crucial para estimar a qualidade e, assim, controlar as características do processo que é empregado, uma vez que cada aplicação exige características específicas de o carvão. Para determinar sua química composição é realizada, entre outros, o imediato análises químicas. Essa análise ajuda a quantificar constituintes como carbono fixo, matéria volátil e cinzas (LANA et al., 2016).

Diante do exposto, este projeto tem como objetivo caracterizar o carvão vegetal produzido em fornos retangulares RAC 110 e RAC 220, por um produtor rural no município de Capelinha – MG.

METODOLOGIA:

Para a realização da pesquisa, foram obtidos carvões vegetais provenientes de madeiras de *Eucalyptus* sp. de sistema de carbonização de fornos retangulares RAC 110 e RAC220, de uma empresa no município de Capelinha, MG.

Para as análises químicas imediatas, de umidade, teor de materiais voláteis, teor de carbono fixo e cinzas as amostras foram moídas em moinho Wiley, e passadas em peneiras de 40 e 60 mesh, e utilizadas as amostras retidas na peneira de 60 mesh.

Para a determinação da umidade dos carvões, foram utilizados cerca de 1,0 g do carvão moído, em balança de precisão de 0,0001g, em cadinhos de porcelana previamente secos e tarados. Os



cadinhos com carvão foram levados à estufa regulada a 102 ± 3 °C, por um período de 2 horas. Logo após, foram retirados da estufa e armazenados em dessecador por cerca de 20 minutos para esfriar, e pesados para a determinação da umidade em base úmida.

Para a determinação dos materiais voláteis, utilizou-se o material (particulado e seco na determinação da umidade - Mf) em cadinho tampado. Foram colocados no interior da mufla por seis minutos, com a porta fechada. Depois de esfriados em dessecador, os materiais foram pesados, obtendo-se então a massa de material seco sem a presença de materiais voláteis.

Para a determinação do teor de cinzas, o material da análise anterior foi levado novamente a mufla para incineração total à temperatura de 750°C por 6 horas, sem a tampa do cadinho. A determinação do teor de carbono fixo (TCF) é uma medida indireta, utilizando os parâmetros previamente determinados.

Foi realizado teste F de médias de modo a verificar diferenças significativas entre os carvões vegetais produzidos nos fornos RAC 110 e RAC 220 a 5% de significância com emprego do *software* SISVAR (FERREIRA,2000).

RESULTADOS E DISCUSSÕES:

Os valores médios e seus respectivos desvios padrões das médias da análise química imediata estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1 – Valores médios de umidade, voláteis, cinzas, carbono fixo e poder calorífico dos carvões vegetais de madeira de *Eucalyptus* sp.

| | Análise química imediata (%) | | | |
|---------|------------------------------|-------------------|------|-------------------|
| | UBU | TMV ^{ns} | TCZ | TCF ^{ns} |
| RAC 110 | 5,02 | 24,52 | 0,44 | 70,59 |
| RAC 220 | 4,77 | 25,49 | 0,74 | 68,99 |

ns: Não significativo ao teste F de médias a 5% de significância

Conforme Tabela 1, verifica-se que somente para umidade e teor de cinzas foram verificadas diferenças estatísticas significativas entre os fornos de carbonização. Verifica-se que para os fornos RAC 110 e RAC 220 as umidades médias dos carvões vegetais foram de 5,02 e 4,77% respectivamente. Os teores de voláteis foram de 24,52 e 25,49%, os teores de cinzas verificados



neste estudo foram de 0,44 e 0,74%, e os teores de carbono fixo verificados neste estudo foram de 70,59 e 68,99% respectivamente.

O carvão é considerado um produto higroscópico, podendo absorver em poucas horas 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. A água é extremamente prejudicial à operação no alto-forno, provoca perda de calor, aumentando o consumo específico de carbono e diminuindo a resistência do carvão vegetal (MORAIS, 2005). Verificando-se os teores médios de umidade neste trabalho observou-se que apenas o forno RAC 110 está acima do estabelecido pelo Selo Premium (SÃO PAULO, 2003), que estabelece valores abaixo de 5,0%.

A estrutura do carvão vegetal pode ser afetada pelo teor de materiais voláteis, pois o tamanho dos poros, a porosidade, a densidade e outras propriedades físicas do carvão podem mudar durante o processo de eliminação dos materiais voláteis (GUEDES et al., 2010).

O carbono fixo representa a fração do carvão que queima no estado sólido e promove um aumento da estabilidade e resistência térmica do combustível. Logo, visando à maior durabilidade da combustão nas caldeiras e fornalhas dos combustíveis utilizados como fonte de bioenergia, deve-se priorizar aqueles com maiores quantidades de carbono fixo e menores de materiais voláteis (NOGUEIRA; LORA, 2003; BRAND, 2010).

Relacionado aos teores de carbono fixo, os carvões vegetais analisados neste estudo não atende às especificações estabelecidas pela norma PMQ 3 – 03 (São Paulo, 2003) para o uso siderúrgico e doméstico, pois verificou-se teores inferiores a 75%, já os teores de cinzas estão de acordo com o estabelecido pela norma, pois foram inferiores a 1,5%.

Teores mais elevados de carbono fixo são recomendados, pois os biocombustíveis queimam mais lentamente, sendo essa característica de grande importância para a utilização do carvão vegetal para a redução de óxidos de ferro (BRAND, 2010). Sendo também, que os altos teores de cinzas no carvão podem torná-lo inviável para a utilização do mesmo (SANTOS, 2008). O carvão com baixo teor de cinzas podem conferir boas características energéticas já com alto teor de cinzas pode impactar negativamente produtos metalúrgicos (SANTOS, 2008).

CONCLUSÕES:



Diferenças estatísticas significativas entre os fornos, foram verificadas somente para as variáveis de umidade e teor de cinzas. As umidades médias verificadas foram de 5,02 e 4,77%, e os teores de cinzas médios verificados foram de 0,44 e 0,74% nos fornos RAC 110 e RAC 220 respectivamente. Para as variáveis de teor de materiais voláteis e teor de carbono fixo, não foram verificadas diferenças estatísticas significativas. Os teores médios de voláteis foram de 24,52 e 25,49% e os teores médios de carbono fixo foram de 70,59 e 68,99% nos fornos RAC 110 e RAC 220 respectivamente.

REFERÊNCIAS:

- BRAND, M. A. Energia de biomassa florestal. Rio de Janeiro: **Interciência**, 2010. 131p.
- DONATO, D. B.; CARNEIRO, A. C. O.; CARVALHO, A. M. L. M.; VITAL, B. R.; MILAGRES, E. G.; CANA, W. D. Influência do diâmetro da madeira de eucalipto na produtividade e propriedades do carvão vegetal. **Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science)**. 11(2): 63-73, 2020.
- FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 5.3. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. Anais. São Carlos: Sociedade Internacional de Biometria, 2000. p.255-258.
- GUEDES, C. I. b.; ADÃO, D. C.; QUESSADA, T. P.; BORSATO, D.; GALÃO, O. F.; DI MAURO, E.; PÉREZ, J. M. M.; ROCHA, J. D. Avaliação de biocombustível derivado do bio-óleo obtido por pirólise rápida de biomassa lignocelulósica como aditivo para gasolina. **Química Nova**, v. 33, p. 781-786, 2010.
- INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. IBÁ 2020. Brasília, DF, 2020. **Relatório anual 2020**. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-iba-2020.pdf>
- LANA, A. Q.; SALLES, T. T.; CARNEIRO, A. O .C.; CARDOSO, M. T.; TEIXEIRA, R. U. Comparison of procedures for immediate chemical analysis of charcoal. **Revista Árvore**, 40 (2). 2016.
- NOGUEIRA, L. A. H.; LORA, E. E. S. Dendroenergia: fundamentos e aplicações. 2. ed. Rio de Janeiro: **Interciência**, 2003. 199 p.
- OLIVEIRA, R. L. M. **Instrumentation and Thermal Analysis of the Process of the Charcoal Production**. 2009. 129 f. Dissertação (Mestrado em Engenharias) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2009.
- SANTOS, A. L. S. **Integração de comunidades rurais com recursos vegetais: o caso dos remanescentes de floresta estacional do município de Junqueiro (AL-Brasil)**. 134 f. Tese (Doutorado) – Curso de Geografia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2008.
- SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Resolução SAA – 10, de 11-7-2003. Norma de padrões mínimos de qualidade para carvão vegetal, como base para certificação de produtos pelo Sistema de Qualidade de Produtos Agrícolas, Pecuários e Agroindustriais do Estado de São Paulo, instituído pela Lei 10.481-9. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, São Paulo, v. 113, n. 129, jul. 2003.