



Plantações florestais e siderurgia: gerando energia de forma sustentável

Fernanda Aparecida Nazário de Carvalho¹
Gabriela Fontes Mayrinck Cupertino¹
Fabiola Martins Delatorre¹
Luís Filipe Cezário¹
Iara Nobre Carmona²
Ananias Francisco Dias Júnior¹

¹Universidade Federal do Espírito Santo (fernandacarvalhonaz@gmail.com, gabriela.mayrinck01@gmail.com, fabiolamdelatorre@gmail.com, luisfilipecabral10@gmail.com, ananiasjunior@gmail.com), ²Universidade de São Paulo (iaracarmona@usp.br)

RESUMO: *A usabilidade dos combustíveis fósseis intensivamente, faz com que surja a necessidade da busca pelo aprimoramento de técnicas que torne a transição energética uma realidade global. O presente trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade dos carvões vegetais de diferentes clones comerciais para uso na siderurgia. Para este estudo foi utilizado a amostra de carvão vegetal do clone 144 (CV144) e para fins comparativos foi utilizado o coque metalúrgico (CM). Para avaliação do desempenho energético, foram realizadas as análises de densidade a granel, poder calorífico, densidade energética, ensaio de reatividade e a verificação da resistência pós reação. Foram observados maiores desempenhos energéticos para o ensaio de poder calorífico superior para o tratamento do CV144 com foi de 7131,30 kcal kg⁻¹, sendo o CM equivalente a 6452,58 kcal kg⁻¹. Para densidade energética é possível observar que o CV144 apresentou menor desempenho em relação ao CM com 2,03 Gcal/m³. Nesse sentido, o carvão vegetal mostra boa eficiência energética quando se compara com o coque metalúrgico, apresentando grande quantidade de energia armazenada, que é o que se espera para uso na indústria siderúrgica.*

Palavras-chave: Aço-Verde, Combustíveis Renováveis, Sustentabilidade

Introdução

O aço está presente na vida das pessoas de diversas formas. Seja nos utensílios domésticos, nos eletrônicos, nos diversos veículos utilizados para a locomoção, nas redes de energia elétrica e em vários outros itens de utilidade. Isso torna a indústria siderúrgica, responsável pela produção dessa matéria prima, uma importante geradora de insumos para os múltiplos setores da indústria de transformação, fazendo necessário o aprimoramento de técnicas que tornem estes processos cada vez mais sustentáveis. (Chaves; Oliveira, 2020; Viana et al., 2019).

Das diversas fases que levam à formação do aço, em uma delas, são utilizados alguns termorreductores, como o carvão vegetal e os coques, originados do carvão mineral. Na indústria siderúrgica, esses reductores atuam como fonte de gás para que o minério de ferro seja reduzido, cumprindo importante papel de fornecedor de carbono, contudo o uso dessa matéria prima não é renovável e causa diferentes danos ambientais (Li et al., 2014; Mourão, 2011). Afim de tornar a



indústria siderúrgica mais sustentável, a utilização de derivados de carvão vegetal, está sempre rodeado de muitos debates nas áreas da saúde e ambiente, devido a sua intensa contribuição para a crise climática (Amster; Levy, 2019), atribuídos a sua significativa taxa de emissão de GEEs (Gases do Efeito Estufa). Isso abre o debate sobre a eficiência da utilização de bioprodutos como uma solução para a produção de energia renovável (Marcos et al., 2020).

Uma alternativa utilizada na indústria siderúrgica é o carvão vegetal, proveniente de plantações florestais, que atribuída às condições do solo, clima e ambiente no Brasil são favoráveis para que a silvicultura seja desenvolvida. Nesse contexto, pensando em incrementar o processo de seleção de clones de *Eucalyptus* para a produção de bioenergia para o setor produtivo do ferro-gusa e pensando em soluções para o 7º Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que se trata de viabilizar o acesso a energias limpas, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade do carvão vegetal do clone comercial 144 para uso na siderurgia.

Material e métodos

Para avaliar a qualidade, foi utilizado além do carvão vegetal do clone comercial 144 (CV144), o coque metalúrgico (CM), para fins comparativos. Foi determinada a densidade à granel com base na norma NBR 6922 (ABNT, 1981). Foram determinados o poder calorífico superior, por meio de uma bomba calorimétrica adiabática modelo IKA C200, conforme metodologia do *Deutsches Institut Für Normung* 14918 (DIN, 2010b). Os poderes caloríficos inferior e útil foram estimados. Para a obtenção da densidade energética foi considerada a multiplicação da densidade a granel pelo poder calorífico útil seguindo a metodologia descrita por Andrade (2017). A reatividade e a friabilidade do material foi determinada segundo a Norma ASTM 5341 (2019) - *Standard Test Method for Measuring Coke Reactivity Index (CRI) and Coke Strength After Reaction (CSR)*.

Resultados e discussões

Para o ensaio de densidade a granel, observou-se que o CV144 apresentou densidade média de 0,097 g/cm³. O CM apresentou valor de média equivalente a 0,357 g/cm³. Observa-se que os valores de densidade à granel do carvão vegetal quando comparado ao coque mineral é inferior. Altos valores de densidade a granel são um indicador positivo para o armazenamento, uso e transporte de materiais (Brand, 2010). Quanto maior a densidade, menor será o volume ocupado por uma determinada quantidade de massa (Kumar et al., 2020). Isso é benéfico para o gerenciamento de materiais em termos de espaço e logística, já que é possível armazenar e transportar uma quantidade maior de material em um espaço menor. Nesse sentido, a utilização de um carvão com valores de



densidade a granel baixas, pode configurar na baixa produtividade dos fornos. Pensando em logística e ganhos econômicos, a utilização de combustíveis mais densos resulta em um maior rendimento de produção. A imagem 1 mostra os valores encontrados para os poderes caloríficos: Superior, inferior e útil.

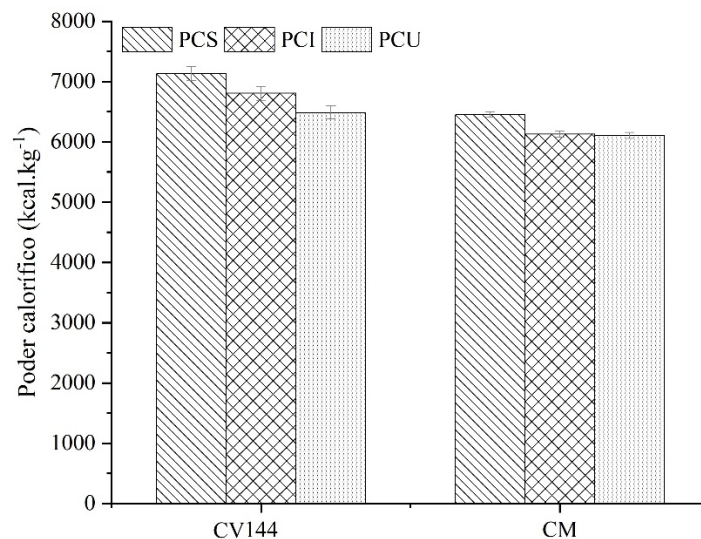


Figura 1: Relação de poder calorífico superior, inferior e útil. Em que CV144 = Carvão Vegetal 144; CM = Coque Metalúrgico.

Os valores de poder calorífico superior, para o tratamento do CM foi equivalente a 6452,58 kcal kg⁻¹, enquanto para o CV144 foi de 7131,30 kcal kg⁻¹. É possível notar que o valor de poder calorífico para o carvão vegetal foi estatisticamente maior que para o coque metalúrgico. O poder calorífico superior é um parâmetro muito importante quando se quer avaliar um combustível (Brand, 2010). Na siderurgia, o alto poder calorífico do carvão é importante pois leva a um menor consumo de redutor (carbono) para atingir uma mesma produtividade. Além disso, para um mesmo volume de carvão, um alto poder calorífico garante uma maior quantidade de calor desprendida durante a combustão, sendo positivo em termos de eficiência do processo de combustão e produtividade da indústria siderúrgica (Neves et al., 2011).

Para o poder calorífico inferior, responsável por quantificar a quantidade de energia disponível, a amostra CV144 obteve valor equivalente a 6807,30 kcal kg⁻¹ apresentando melhor desempenho frente ao coque metalúrgico com 6.128,58 kcal kg⁻¹.

Em relação ao poder calorífico útil, o CM apresentou valor de 6.488,13 kcal kg⁻¹ enquanto o CV144 obteve valor superior equivalente a 6.107,83 kcal kg⁻¹. A imagem 2 mostra valores de densidade energética.

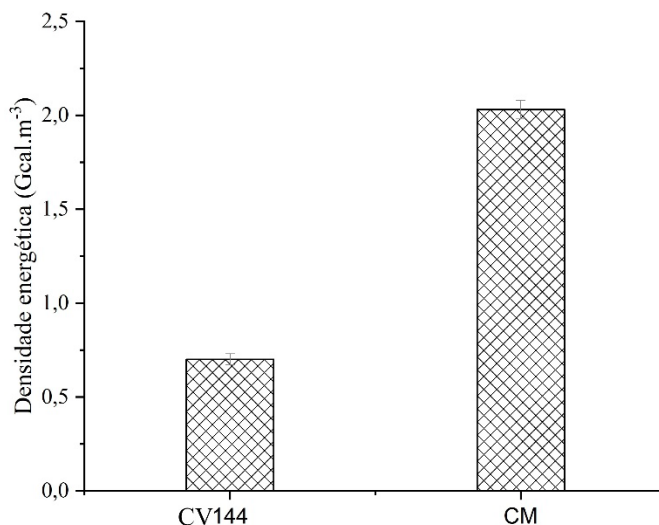


Figura 2: Densidade energética das amostras. Em que CV144 = Carvão Vegetal 144; CM = Coque Metalúrgico.

Observa-se que para a densidade energética do carvão vegetal o valor observado para o CV144 foi 0,70 Gcal/m³, para o CM, observa-se um valor superior equivalendo a 2,03 Gcal/m³. A densidade energética é um parâmetro essencial para quantificar combustíveis sólidos, avaliando a quantidade de energia que existe estocada em um determinado volume de material (Da Silva, 2016). Nesse sentido, sabe-se que o CV144 apresenta valores de energia armazenada menor que o do material testemunha, sendo um ponto positivo para o uso siderúrgico.

Conclusão

O carvão vegetal do clone 144 mostrou-se eficiente em termos energéticos, quando comparado ao coque metalúrgico, apresentando boas características físicas e químicas, parâmetros tais, de grande importância para a utilização na siderurgia. É necessário ainda, aprimorar e padronizar técnicas de carbonização que melhor evidenciem as propriedades dos carvões vegetais.

Referências bibliográficas

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. D5341: Standard Test Method for Measuring Coke Reactivity Index (CRI) and Coke Strength After Reaction (CSR), 2019.

AMSTER, E.; LEVY, CL. Impact of coal-fired power plant emissions on children's health: A systematic review of the epidemiological literature. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. v. 16. p. 1–11, 2019. <https://doi.org/10.3390/ijerph16112008>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6922: Carvão Vegetal – Ensaio físico determinação da massa específica (densidade a granel). Rio de Janeiro, 1981.



CHAVES, NO.; OLIVEIRA, RMPB. As Alternativas De Aproveitamento Do Pó Do Alto-Forno: Uma Revisão. Revista Eletrônica Perspectivas da Ciência e Tecnologia - ISSN 1984-5693. v. 12. p.188–198, 2020. <https://doi.org/10.22407/1984-5693.2020.v12.p.188-198>

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG – DIN. EN 14918: determination of calorific value. Belin: CEN, 2010c. 63 p.

KUMAR, J. A.; KUMAR, K. V.; PETCHIMUTHU, M.; IYAHRAJA, S.; KUMAR, D. Vignesh. Comparative analysis of briquettes obtained from biomass and charcoal. Materials Today: Proceedings. V. 45. p. 857-861, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.02.918>.

LI, K.; KHANNA, R.; ZHANG, J.; LIU, ZL.; SAHAJWALLA, V.; YANG, T.; KONG, D.; (2014) The evolution of structural order, microstructure and mineral matter of metallurgical coke in a blast furnace: A review. V. 133, p. 194–215, 2014.

MARCOS, BNC.; MAYARA, GALERIANI.; NOVAKOSKI, PATRICIA.; MARTINS, RICINI. Carvão mineral. Revista Agronomia Brasileira, v.4. p.1–10, 2020. <https://doi.org/10.29372/rab202001>

DA SILVA, MACKSUEL FERNANDES. Propriedades energéticas da biomassa e do carvão vegetal de espécies de bambu e clones de eucalipto. Orientador: Carlos Roberto Sette Jr. 2016. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Produção vegetal) - Estudante, [S. l.], 2016.

MOURÃO, M. B. Introdução a Siderurgia. p. 428, 2011

NEVES, T. A.; et al. Avaliação de clones de Eucalyptus em diferentes locais visando à produção de carvão vegetal. Pesquisa Florestal Brasileira, v. 31, n. 68, p. 319–330, 2011.

Viana FLE, Civil E, Produção E De Administração D (2019) Indústria siderúrgica. :1–14

