



Escalonamento da obtenção de carvão ativado a partir do biocarvão de casca de café e avaliação da capacidade adsorptiva.

Ana Luiza A. Moura^{1*} (G); Adriene M. Martins¹ (PG); Maria E.A. Barboza¹ (PG); Breno Oliveira² (PQ), Rebeca G.P. Oliveira² (PQ), Fabiano Magalhães¹ (PQ).

¹ Universidade Federal de Lavras, Departamento de Química, Instituto de Ciências Naturais, Lavras, MG, Brasil, 37200-900.

² Escalab, Rua Michel Echenique, 2000, Horto Florestal - Belo Horizonte, MG, Brasil, 31035-536. [*ana.moura4@estudante.ufla.br](mailto:ana.moura4@estudante.ufla.br).

RESUMO

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de desenvolver uma alternativa sustentável para o reaproveitamento de resíduos agroindustriais, diante do desafio crescente da contaminação ambiental causada por efluentes líquidos e resíduos sólidos, que comprometem ecossistemas e a saúde pública. Como solução, investigou-se o uso de casca de café, um subproduto gerado em grandes volumes, como matéria-prima para a produção de carvão ativado. A metodologia consistiu na ativação da amostra de biocarvão da casca de café em escala de bancada e pré-piloto, um escalonamento de 0,2 g para 1 kg. A eficiência dos carvões ativados foi avaliada por meio da capacidade de adsorção do corante azul de metileno. Os resultados obtidos mostraram que carvão ativado obtido em escala pré-piloto, apresentou maior capacidade para adsorver o corante em relação ao CA obtido em escala de bancada em laboratório e também em relação à uma amostra comercial, comprovando a eficiência do processo.

Palavras-chave: Scale up, biomassa, resíduo, azul de metileno.

Introdução

A contaminação ambiental por efluentes líquidos e resíduos sólidos representa um desafio à sustentabilidade e à preservação dos ecossistemas (1). Nesse contexto, o reaproveitamento de resíduos agroindustriais, como a casca de café — subproduto gerado em grande escala — surge como uma alternativa sustentável promissora. Processos térmicos e químicos controlados em laboratório permitem transformar essa biomassa em carvão ativado, um material de alto valor agregado (2). A produção em escala laboratorial possibilita o estudo das melhores condições de ativação e o posterior escalonamento do processo. Assim, o carvão ativado de casca de café mostra-se uma solução viável e ambientalmente responsável, com potencial de uso no tratamento de água e efluentes, contribuindo para a gestão sustentável de resíduos e a mitigação da poluição hídrica.

Experimental

Processo de ativação do biocarvão.

Neste trabalho, a amostra de biocarvão obtida a partir da casca de café (gentilmente cedida pela NetZero) foi utilizada como matéria-prima para obter carvão ativado (CA) em escala de laboratório e pré-piloto. Na ativação em laboratório, 0,2g de biocarvão foi colocado em um forno tubular de 1,1 cm³ de capacidade. A ativação foi realizada à 800 °C por 1h sob fluxo de N₂ (100 mL^L⁻¹) e cerca de 50 mL de água foram injetados. Após ativação, o forno e a injeção de água foram desligados e o fluxo de N₂ mantido até 300 °C. O escalonamento da ativação foi realizado no Escalab, utilizando um

forno tubular rotativo de 50 L de capacidade. O processo foi realizado conforme descrito anteriormente, porém foi colocado 1 kg de biocarvão no forno e injetados cerca de 470 mL de água durante a ativação. As amostras foram nomeadas da seguinte forma: CA-lab – carvão ativado no laboratório, CA-esc – carvão ativado em escala pré-piloto, CA-com – carvão ativado comercial e Bio – biocarvão da casca de café.

Isotermas de adsorção e caracterização

Isotermas de adsorção foram obtidas pela mistura de 10 mg de CA com 10 mL de soluções de azul de metileno (AM) (50, 100, 200, 300, 400 e 600 mgL⁻¹) e deixadas em contato sob agitação durante 24h. Em seguida as misturas foram centrifugadas e a absorbância do sobrenadante quantificada em um espectrofotômetro UV-vis no comprimento de onda igual à 664 nm. A área superficial dos carvões foi estimada pela seguinte equação 1 (3):

$$S = S_{AM} \times b \quad \text{Equação 1 (3)}$$

Onde, S = área superficial estimada, S_{AM} = área superficial do azul de metileno (1,93 m² mg⁻¹), e b = capacidade máxima de adsorção do AM (mg g⁻¹). As amostras foram caracterizadas por análise termogravimétrica (TGA/DTG) e microscopia eletrônica de varredura.



Resultados e Discussão

Após a realização da ativação, foi calculado o rendimento dos processos, obtendo-se os seguintes valores para as amostras CA-lab e CA-esc: 36,1 e 19,2%, respectivamente. A Figura 1 apresenta os resultados da análise termogravimétrica obtidos para as amostras estudadas.

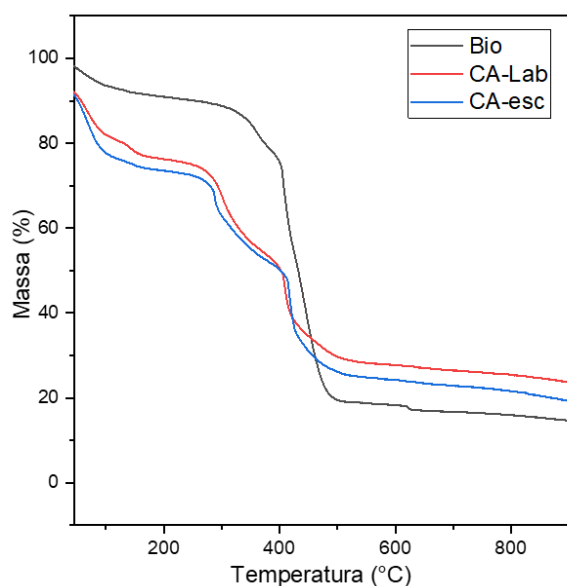


Figura 1. Curvas TG obtidas para as amostras Bio, CA-Lab, Ca-esc em atmosfera oxidante.

A curva TG obtida para o biocarvão (Bio) apresenta duas perdas de massa bem definidas, sendo a primeira próxima à 110 °C referente a desidratação da amostra. A segunda perda de massa que ocorre entre 305 e 500 °C está relacionada com a oxidação da amostra. Os resultados obtidos para as amostras CA-Lab e CA-esc, são muito semelhantes, onde pode-se notar três perdas de massa bem definidas. O primeiro evento certamente está relacionado com a perda de umidade das amostras. O segundo evento (240 a 308 °C), pode estar relacionado com a perda de grupos superficiais e o terceiro (308 a 538 °C) está relacionado com a oxidação da amostra. Nota-se que os teores de cinzas presentes nas amostras Bio, CA-esc e CA-Lab são iguais à 15, 20 e 22%, respectivamente. A Figura 2 apresenta as isotermas de adsorção do corante azul de metileno pelas amostras. Nota-se que o biocarvão adsorveu pouco (38 mg g^{-1}) o corante, o que está relacionado com sua baixa área superficial. Por outro lado, as amostras de CA-Lab, CA-com e CA-esc apresentam as seguintes capacidades adsorptivas do AM: 118, 268 e 291 mg g^{-1} , respectivamente. Nota-se que a capacidade adsorptiva do CA obtido em maior escala é superior ao CA obtido no laboratório. Com os valores de q_e obtidos nas isotermas, calculou-se os valores de área superficial estimada das amostras, obtendo-se os seguintes valores para as amostras Bio, CA-lab, CA-com e CA-esc: 73,3; 227,7; 517,3 e $561,6 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$, respectivamente. Estes resultados mostram que o processo de ativação em escala piloto apresentou melhor eficiência para obter o CA.

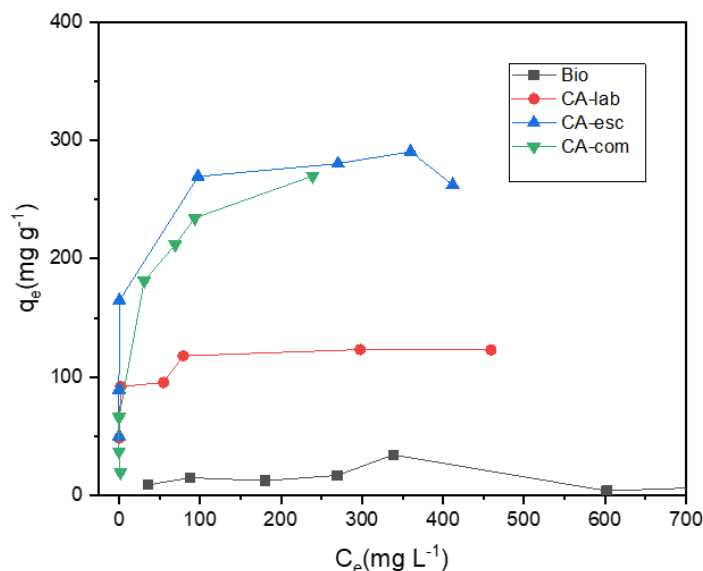


Figura 2. Isotermas de adsorção do corante AM pelas amostras Bio, CA-Lab, CA-esc e CA-com.

Conclusões

Constata-se o sucesso do processo ao aumentar a escala de produção de 0,2 g para 1 kg por batelada de biocarvão para a obtenção de carvão ativado com excelentes propriedades. Os resultados confirmam que a amostra obtida apresentou melhor capacidade adsorptiva do azul de metileno em relação às demais amostras testadas (CA comercial e preparado em laboratório).

Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPEMIG, CNPq, CAPES pelo apoio financeiro. Ao DQI/UFLA, ao Laboratório de Análise e Prospecção Química - CAPQ da UFLA e ao Laboratório de Microscopia e Microanálise da UFLA pelas caracterizações. Agradecimento à NetZero pelo material utilizado nas análises.

Referências

1. VASCO, P. S. "Estudo Aponta...", Senado Federal, **2022**.
2. DABROWSKI, A. Adsorption-from theory to practice. *Advances in Colloid and Interface Science*, v. 93, n. 1-3, p. 135-224, 2001.
3. S.S. Brum, M.L. Bianchi, V.L. Silva, M.G. Gonçalves, M.C. Guerreiro, L.C.A. Oliveira, *Quim. Nova*, **2008**, 31, 1048-1052.