PREPARAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE MATERIAL À BASE DE CARBONO OBTIDO A PARTIR DE SUBPRODUTOS DA INDÚSTRIA VINÍCOLA

Karen Cedran Iwanaga (PIBIC/CNPq/FA/UEM), Vitor de Cinque Almeida (Coorientador), André Luiz Cazetta (Orientador). E-mail: alcazetta@uem.br.

Universidade Estadual de Maringá, Centro de Tecnologia, Maringá, PR.
Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Exatas, Maringá, PR.

Área e subárea do conhecimento: Ciências Exatas e da Terra / Química

Palavras-chave: resíduo; pirólise; porosidade.

RESUMO

Carvão ativado (CA) foi preparado a partir de bagaço de uva, utilizando ativação física e química. Os rendimentos foram de 20,53% e 22,65%, respectivamente. As análises (TGA, FTIR, pH_{pcz}) indicaram estabilidade térmica, presença de grupos oxigenados e caráter básico, confirmando o potencial do resíduo como precursor sustentável.

INTRODUÇÃO

Os carvões ativados (CAs) são materiais a base de carbono que possuem elevada área superficial, sendo amplamente utilizados como adsorventes devido às suas propriedades químicas, tanto para remoção de substâncias em meio aquoso, quanto em sistemas de filtração de gases (BELTRAN-LARROTTA et al., 2025). A preparação de um CA pode ser realizada com qualquer material que possua altos teores de carbono, que é submetido à um processo de carbonização e ativação, onde o agente ativante pode ser físico ou químico. Na busca de novos precursores, os resíduos agroindustriais e biomassas vêm ganhando destaque, devido às suas características lignocelulósicas, onde no presente trabalho, a pesquisa foi realizada com base nos resíduos da produção de vinhos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os resíduos da produção de vinhos foram fornecidos pela vinícola Monarin, localizada na cidade de Marialva-PR. O precursor foi moído e separado em função da sua granulometria, sendo a fração entre 425 e 250 µm empregada nesse estudo. A análise centesimal foi realizada de acordo com a norma ASTM-D1762–84. O processo de ativação física foi realizado em forno mufla, aquecendo-o inicialmente a uma taxa de de 5°C min^{-1}, a partir da temperatura ambiente até 500°C, sob fluxo de N_2 (100 mL min^{-1}), o qual foi mantido por 2 h. Após, a temperatura foi aumentada para 800°C sob fluxo de N_2 e, quando alcançado a temperatura, o fluxo de N_2 foi substituído por CO_2 (100 mL min^{-1}) e mantido por 1 h. Após a ativação, o fluxo de CO_2 foi substituído por N_2 e o sistema resfriado até a temperatura de ≈150°C. Na ativação química, o ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4) foi misturado ao precursor

e, também, submetido à pirólise em duas etapas, inicialmente a 450°C por 2h e, por fim, a 800°C por 1h, sob fluxo de N_2 de 100 mL min^{-1} e taxa de aquecimento de 5°C min^{-1}. Ambos os materiais foram submetidos a purificação, utilizando solução aquosa de HC*l* 0,01 mol L^{-1} e água destilada. O precursor e os CAs foram submetidos à caracterização por meio das técnicas de espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier operando no modo ATR (FTIR) e análise termogravimétrica (TGA). O pH no ponto de carga zero (pH_{pcz}) foi obtido através do ajuste do pH em soluções de NaCl, com agitação posterior ao ajuste durante 24h.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 abaixo apresenta os resultados médios para a análise centesimal. Como podemos observar, o precursor apresentou 5,35% de umidade, 78,49% materiais voláteis, 6,74% de cinzas e 15,11% de carbono fixo.

Tabela 1 Composição centesimal do precursor e rendimento do CAs sintetizados.

Parâmetros	Valores (%)
Umidade	5,35
Materiais volátil	78,49
Cinzas	6,74
Carbono fixo	15,11
Rendimento do CA_f	20,53
Rendimento do CA_q	22,65

Os resultados obtidos para a análise centesimal estão de acordo com os relatados por DEMIRAL et al. (2011), os quais investigaram a preparação de carvão ativado a partir do bagaço de uva. A Tabela 1 também apresenta os valores de rendimento dos CAs, sendo que para o CA_f foi de 20,53%, o qual está de acordo com os valores relatados por DEMIRAL *et al*. (2011), os quais realizaram a ativação de bagaço de oliveira com CO_2 a 500ºC e reportaram um rendimento de 31% para o CA. Já o CA_q apresentou rendimento de 22,65%, valor este semelhante ao relatado por MKUNGUNUGWA *et al*. (2021), os quais promoveram a ativação química com H_2SO_4 de casca de marula.

A Fig. 1a-b abaixo apresenta as curvas de TG (Fig. 1a) e DTG (Fig. 1b) para o precursor e para o carvão ativado obtido a partir da ativação física com CO_2 do bagaço de uva (CA_f). Como pode ser observado a partir da Fig. 1a, na temperatura de 800ºC, o precursor apresentou cerca de 20% de massa remanescente. Após o processo de ativação, o CA resultante demostrou elevada estabilidade térmica, restando cerca de 90% da massa inicial a temperatura de 800ºC. A partir da análise das curvas de DTG (Fig. 2b), pode-se observar uma primeira região de decaimento de massa para ambos os materiais, a qual está relacionada à remoção da umidade, cujo processo ocorre em cerca de 50°C. Após esse decaimento, a massa remanescente de CA permanece praticamente constante em toda a faixa de temperatura avaliada.

Para o precursor, uma segunda perda de massa é observada entre 200 e 400°C, a qual se refere à degradação dos polissacarídeos mais instáveis, como hemicelulose e celulose que compõem o precursor. A terceira e última queda ocorre na região de

450°C, a qual indica a decomposição dos componentes estruturalmente mais estáveis da biomassa, como a lignina (NASRIANI & GHIRI, 2026).

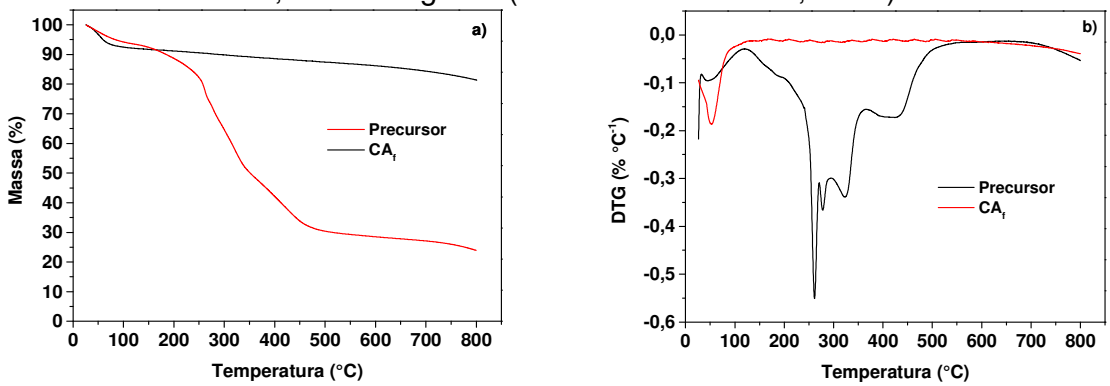


Figura 1 – Curvas de TG (a) e DTG (b) para o precursor (bagaço de uva) e para o carvão ativado obtido por meio da ativação com CO_2 (CA_f).

Os grupos químicos de superfície do CA_f foram caracterizados por meio da técnica de FTIR, sendo o espectro mostrado na Fig. 2a abaixo.

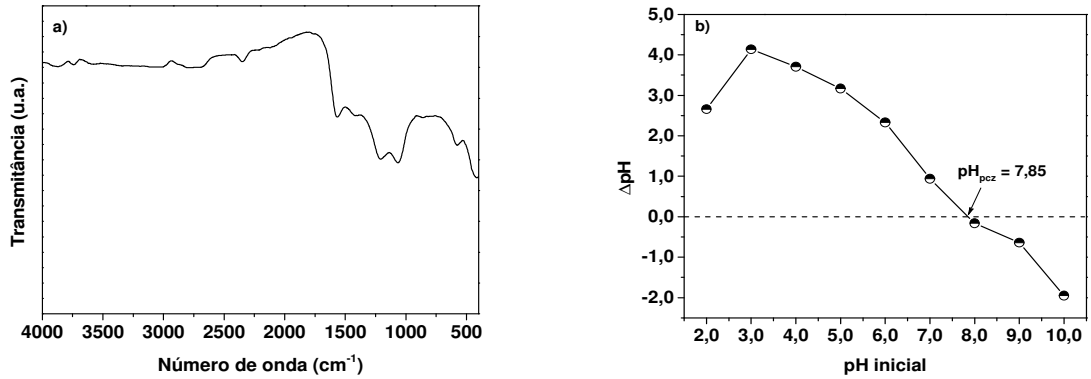


Figura 2. Espectro de FTIR (a) e pH no ponto de carga zero (b) para o carvão ativado obtido a partir da ativação física dos resíduos de uva.

Analisando o perfil do espectro da Fig. 2a, podemos identificar bandas características a presença de grupos oxigenados e anéis aromáticos na estrutura do CA_f. A banda na região de 1617 cm^{-1} pode ser atribuída ao estiramento vibracional da ligação C=O, enquanto que a banda em cerca de 1400 cm^{-1} pode ser atribuída ao estiramento vibracional da ligação C=C. Já a banda na região de 1200 cm^{-1} é reportada como característica ao estiramento vibracional da ligação C–O (CRESPO et al., 2025; OLIVEIRA et al., 2026).

A Fig. 2b apresenta o gráfico de $pH_{inicial}$ *versus* o ΔpH para o CA_f, a partir do qual determina-se o pH_{pcz}. O valor obtido foi 7,85, que indica um caráter levemente básico da superfície do carvão obtido. Esse valor sugere que a superfície do CA_f apresentará uma superfície com caráter positivo em valores de pH < pH_{pcz}, e negativo em valores de pH > que pH_{pcz}.

CONCLUSÕES

O bagaço de uva mostrou-se um precursor promissor para a produção de carvão ativado. Os rendimentos obtidos (ativação física: 20,53%; química: 22,65%) são compatíveis com outros resíduos agroindustriais. O material ativado fisicamente apresentou elevada estabilidade térmica (~90% de massa remanescente a 800ºC), superfície com caráter básico (pH_{pcz} = 7,85) e presença de grupos oxigenados e anéis aromáticos (FTIR). Esses resultados demonstram a viabilidade do uso sustentável do resíduo vinícola, contribuindo para a redução de impactos ambientais e para o desenvolvimento de adsorventes renováveis.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq e Fundação Araucária pelo apoio financeiro e ao COMCAP-UEM pelas análises realizadas.

REFERÊNCIAS

BELTRAN-LARROTTA, J.-I., MORENO-PIRAJÁN, J. C., GIRALDO, L. **New perspectives on the models of porous carbon**. Computational and Structural Biotechnology Journal, v. 29, pp. 156-165. doi: 10.1016/j.csbj.2025.04.024.

CRESPO, L. H. S., DUTRA, L. P., ANDRADE, A. A. R., *et al*. 2025. **Comparative study of the adsorption mechanisms of caffeine and Remazol brilliant blue R dye on activated carbon from alpaca fiber residue**. Biomass Conversion and Biorefinery, v. 15, pp. 25307–2532. doi: 10.1007/s13399-025-06855-4.

DEMIRAL, H., DEMIRAL, İ., KARABACAKOĞLU, B., TÜMSEK, F. 2011. **Production of activated carbon from olive bagasse by physical activation**. Chemical Engineering Research and Design, v. 89, pp. 206-213. doi: 10.1016/j.cherd.2010.05.005.

MKUNGUNUGWA, T., MANHOKWE, S., CHAWAFAMBIRA, A., SHUMBA, M. 2021. **Synthesis and Characterisation of Activated Carbon Obtained from Marula (*Sclerocarya birrea*) Nutshell**. Journal of Chemistry, v. 2021, p. 552224. doi: 10.1155/2021/5552224.

NASRIANI, H. R.; NASIRI GHIRI, M. 2026. **Biomass pyrolysis: recent advances in characterisation and energy utilisation**. Processes, v. 14, p. 1321. doi: https://doi.org/10.3390/pr14081321.

OLIVEIRA, M. S., RUIZ, D., VIRGENS, C. F., MARTINS, A. R. 2026. **Textile dye removal efficiency by leucaena-derived biochar and black liquor**. Revista Matéria, v. 31, p. e20250631. doi: 10.1590/1517-7076-RMAT-2025-0631.