

PRODUÇÃO DE *BIOCHAR* DE BAGAÇO DE MALTE UTILIZANDO A TÉCNICA DE CARBONIZAÇÃO HIDROTÉRMICA POR MICRO-ONDAS

64

AUTORES

Alaor Valério Filho^{1*}, Luana Vaz Tholozan², Natália Nara Janner³, Catarina Motta de Moura⁴,
Elizângela Gonçalves de Oliveira⁵, Gabriela Silveira da Rosa,⁶

1,* - Mestrando em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Pampa, alaorvf@msn.com

2 – Graduanda em Engenharia Química, Universidade Federal do Pampa

3 – Graduanda em Engenharia Química, Universidade Federal do Pampa

4 – Dra. em Engenharia e Ciência de Alimentos, Universidade Federal do Pampa

5 – Dra. em Engenharia e Ciência de Alimentos, Universidade Federal do Pampa

6 – Dra. em Engenharia Química, Universidade Federal do Pampa

Resumo: O setor industrial brasileiro é responsável pela geração de um grande volume de resíduos que, em geral, não são descartados adequadamente. Dentre as indústrias que apresentam constante crescimento, destaca-se a indústria cervejeira, cujo principal resíduo gerado é o bagaço do malte. Uma alternativa para o aproveitamento desse resíduo é o tratamento hidrotérmico. Em face disso, o presente trabalho teve por objetivo a produção de *biochar* a partir do bagaço de malte oriundo de cervejarias artesanais da cidade de Bagé através da carbonização hidrotérmica por micro-ondas (MWHC), utilizando duas condições diferentes de temperatura. O malte utilizado como matéria-prima e o *biochar* produzido foram caracterizados através das técnicas de FTIR e TGA. A análise de FTIR indica a presença dos mesmos grupos funcionais no malte e no *biochar*, porém as bandas apresentam menor intensidade para o *biochar*. As análises de TGA para todas as amostras indicam três etapas de degradação térmica, sendo responsáveis pela evaporação da água, pela degradação da lignina e pela degradação da celulose e hemicelulose, nesta ordem. Esses resultados apontam que a MWHC promoveu a degradação de compostos presentes no bagaço de malte.

Palavras-chave: Bagaço de malte; Tratamento hidrotérmico; Caracterização.

INTRODUÇÃO

O aumento da atividade industrial e da geração de resíduos em seus processos têm causado grande impacto nos índices de poluição e de desequilíbrio ambiental no mundo (FRANCISKI *et al.*, 2018). Estudos têm sido direcionados a encontrar alternativas que promovam uma utilização *eco-friendly* destes resíduos. Somente no ano de 2018, a indústria cervejeira produziu 14,1

bilhões de litros de cerveja no Brasil, gerando mais de 20 kg de resíduos para cada 100 L de cerveja produzidos (JUCHEN *et al.*, 2018). O bagaço de malte corresponde a 85% dos resíduos gerados na produção de cerveja (MUSSATTO; DRAGONE; ROBERTO, 2006).

Diferentes técnicas para tratamento de biomassas vêm sendo estudadas, entre elas, as mais aplicadas são pirólise e carbonização hidrotérmica (HTC), ambas utilizam aquecimento convencional e por micro-ondas. No aquecimento por micro-ondas o calor é gerado pela interação molecular do material com as ondas eletromagnéticas. Essa técnica é proposta como substituta do aquecimento convencional devido ao seu baixo custo, rapidez e eficiência na preparação de produtos como carvão hidrotermal (NIZAMUDDIN *et al.*, 2018; HE *et al.*, 2020; LAVANYA *et al.*, 2015; SAGLAM *et al.*, 2016).

O objetivo desse trabalho foi produzir *biochar* a partir do bagaço de malte aplicando a técnica de carbonização hidrotérmica por micro-ondas (MWHC), visando a reutilização de um resíduo industrial e a disseminação de uma técnica eficiente como alternativa para a indústria.

METODOLOGIA

Carbonização hidrotérmica por micro-ondas (MWHC)

O bagaço de malte foi fornecido por produtores de cerveja artesanal da cidade de Bagé, RS, Brasil. A amostra foi submetida ao processo de secagem a 90 °C durante 24 h. Em seguida, a amostra foi moída em liquidificador doméstico (NutriBullet) e submetida a peneiramento onde foram utilizadas as partículas com tamanho de 250 µm.

Para o tratamento térmico, foram utilizadas 0,5 g do bagaço de malte seco e moído em contato com 50 mL de água destilada. A MWHC foi realizada a 180 °C, utilizando Mini-WAVE Digestion Module (SCP Science, Canada) operando em uma frequência de 2.45 GHz. O processo foi realizado em três diferentes tempos: 30, 75 e 120 min. O produto da MWHC foi submetido à filtragem a vácuo

para separar a fração sólida da líquida. O *biochar* obtido foi seco em estufa a 90 °C por 24 h.

Caracterização das amostras

Amostras de malte moído e carbonizado em diferentes tempos foram caracterizadas através da identificação dos grupos funcionais presentes na superfície, analisados através de espectroscopia na região do infravermelho por transformada de Fourier (FTIR) (UATR Two) na faixa de 500-4500 cm^{-1} .

As amostras foram avaliadas quanto ao perfil da decomposição térmica a partir de análise termogravimétrica (TGA) e termogravimetria derivada (DTG) (Shimadzu) do *biochar* usando 5 mg da amostra com a taxa de aquecimento de 10 °C/min.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta os resultados obtidos na análise de FTIR para as amostras.

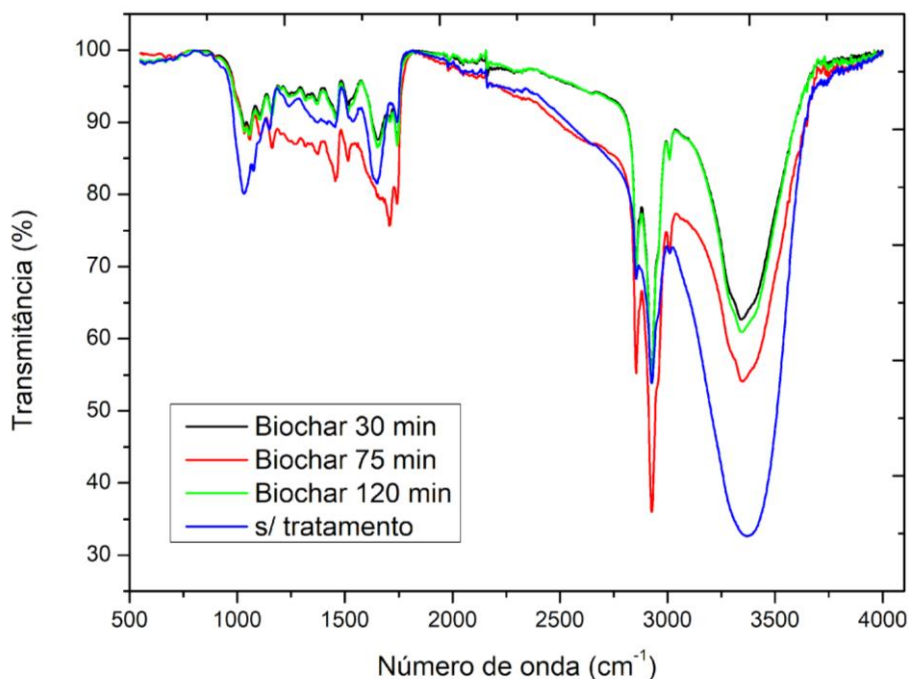


Figura 1. Espectro FTIR para amostras de bagaço de malte antes do tratamento e após ser submetido a MHTC.

Analisando o espectro da Figura 1, é possível identificar que todas as amostras possuem picos localizados nos mesmos comprimentos de onda, com intensidades levemente variadas. O pico localizado em 3300 cm^{-1} representa a presença de grupos OH/NH e sua redução ocorre devido à perda de grupos hidroxila e amina durante o processo térmico. As bandas entre 1000 e 1200 cm^{-1} estão associadas a vibrações de alongamento de grupos presentes de celulose e hemicelulose, sendo possível notar a diminuição da intensidade após o tratamento devido à degradação de ambas. Os picos em 2900 - 2850 cm^{-1} correspondem a grupos $-\text{CH}_2$ e $-\text{CH}_3$. Bandas entre 1745 cm^{-1} e 1650 cm^{-1} são características de grupos $\text{C}=\text{O}$, atribuídos a grupos carbonila em anéis aromáticos encontrados na lignina (FERRAZ *et al.*, 2015).

Os resultados obtidos na análise de TGA e DTG estão apresentados na Figura 2.

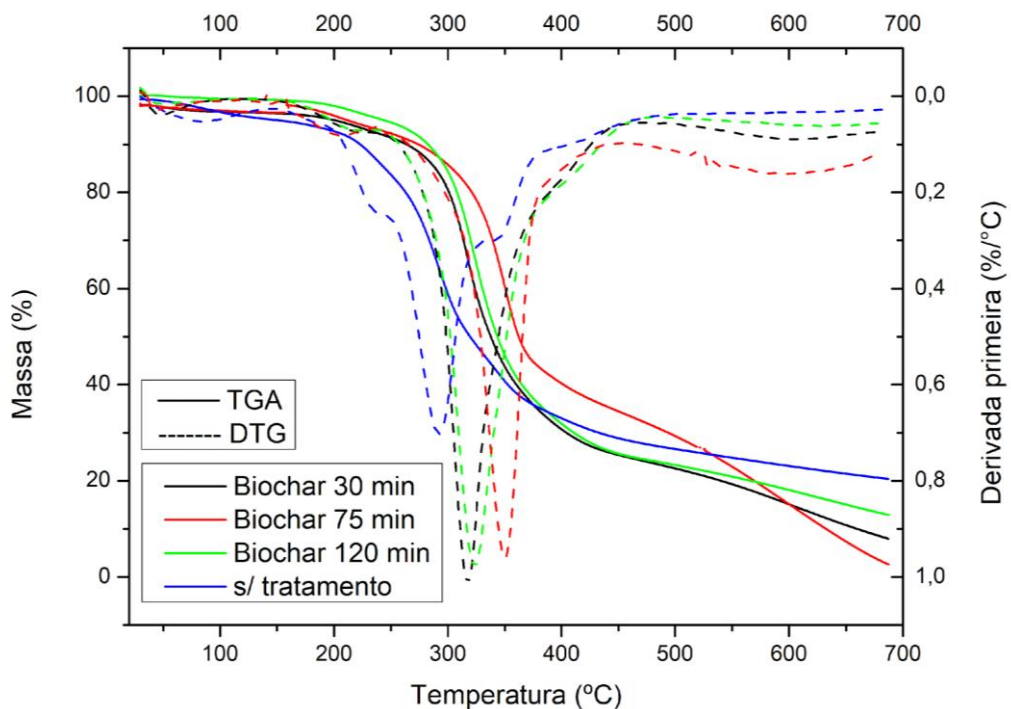


Figura 2 – Curvas de TGA e DTG obtidas durante tratamento térmico.

Na Figura 2 é possível analisar que a degradação térmica de ambas as amostras ocorre em três estágios. O primeiro estágio de degradação indica a evaporação de água presente na amostra ocorre até 150 °C (FLAUZINO NETO *et al.*, 2013). A degradação da lignina começa a partir de 200 °C, e da hemicelulose e celulose são observadas em temperaturas mais altas, de 220 e 250 °C respectivamente. Os picos entre 200 e 300 °C correspondem à degradação paralela de hemicelulose e lignina, enquanto a perda de massa entre 250 e 500 °C representam a decomposição de celulose na faixa de 250-350 °C e lignina na faixa de 200-500 °C (NANDA *et al.*, 2013).

68

Avaliando os resultados obtidos nas análises, observou-se que a técnica MWHC foi capaz de degradar a lignina, a celulose e a hemicelulose presentes no bagaço do malte. Além disso, o tempo de carbonização não apresentou influência significativa nos resultados, o que indica que 30 min são suficientes para promover a degradação térmica. Segundo TAN *et al.* (2015), a degradação de compostos orgânicos da biomassa pode resultar no desenvolvimento de nanoporos e aumento da área superficial. Isso demonstra que o *biochar* produzido possui potencial aplicação como material adsorvente, podendo ser aplicado na produção de cosméticos, no desenvolvimento de biotecnologias e na indústria ambiental na remoção de componentes de efluentes residuais industriais.

CONCLUSÃO

Através dos resultados obtidos na caracterização da matéria-prima e do *biochar* foi possível constatar a redução da quantidade de lignina, celulose e hemicelulose nas amostras processadas por MWHC. Isso foi identificado através da redução da intensidade das bandas presentes nos espectros de FTIR das amostras carbonizadas, quando comparadas à amostra de malte moído. As análises de TGA e DTG confirmam a redução da lignina, celulose e

hemicelulose, uma vez que os picos de perda de massa identificados são relacionados à decomposição térmica dos mesmos. Sendo assim, foi possível concluir que a carbonização hidrotérmica por micro-ondas provoca a degradação dos compostos presentes no malte, indicando que é uma técnica eficaz para a produção de *biochar* e apresentando-se como uma alternativa econômica de tratamento térmico.

69

REFERÊNCIAS

FERRAZ, A. I. *et al.* Chromium(III) biosorption onto spent grains residual from brewing industry: equilibrium, kinetics and column studies. **International Journal of Environmental Science and Technology**, v. 12, n. 5, p. 1591–1602, 2015.

FLAUZINO NETO, W. P. *et al.* Extraction and characterization of cellulose nanocrystals from agro-industrial residue - Soy hulls. **Industrial Crops and Products**, v. 42, n. 1, p. 480–488, 2013.

FRANCISKI, M. A. *et al.* Development of CO₂ activated biochar from solid wastes of a beer industry and its application for methylene blue adsorption. **Waste Management**, v. 78, p. 630–638, 2018.

HE, C. *et al.* Co-pyrolysis of sewage sludge and hydrochar with coals : Pyrolytic behaviors and kinetics analysis using TG-FTIR and a discrete distributed activation energy model. **Energy Conversion and Management**, v. 203, n. November 2019, p. 112226, 2020.

JUCHEN, P. T. *et al.* Biosorption of reactive blue BF-5G dye by malt bagasse: Kinetic and equilibrium studies. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 6, n. 6, p. 7111–7118, 2018.

LAVANYA, M. R. *et al.* Hydrothermal liquefaction of freshwater and marine algal biomass : A novel approach to produce distillate fuel fractions through blending. **BIORESOURCE TECHNOLOGY**, 2015.

MUSSATTO, S. I.; DRAGONE, G.; ROBERTO, I. C. Brewers' spent grain: Generation, characteristics and potential applications. **Journal of Cereal Science**, v. 43, n. 1, p. 1–14, 2006.

NANDA, S. *et al.* Characterization of North American Lignocellulosic Biomass

and Biochars in Terms of their Candidacy for Alternate Renewable Fuels. **Bioenergy Research**, v. 6, n. 2, p. 663–677, 2013.

NIZAMUDDIN, S. *et al.* An overview of microwave hydrothermal carbonization and microwave pyrolysis of biomass. **Reviews in Environmental Science and Biotechnology**, v. 17, n. 4, p. 813–837, 2018.

SAGLAM, M. *et al.* Biomass and Bioenergy Hydrothermal gasification of xylose : Effects of reaction temperature , pressure , and K_2CO_3 as a catalyst on product distribution. v. 91, p. 26–36, 2016.

TAN, X. *et al.* Application of biochar for the removal of pollutants from aqueous solutions. **Chemosphere**, v. 125, p. 70–85, 2015.