XXII CONGRESSO
BRASILEIRO DE
ENGENHARIA QUÍMICA
23 a 26 de Setembro de 2018
Hotel Maksoud Plaza
São Paulo – SP

XVII ENCONTRO BRASILEIRO
SOBRE O ENSINO DE
ENGENHARIA QUÍMICA
27 a 28 de Setembro de 2018
USP
São Paulo – SP

SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE CARVÃO ATIVADO OBTIDO DE RESÍDUOS DE GRÃOS E ERVA-MATE

OLIVEIRA P.C.^{1*}, FIORI G.C.^{1**}, FURTADO A.C.²

¹ Alunas do Curso de Engenharia Química (*PIBIC/**PIVICTI), Universidade Federal da Integração Latino Americana, Instituto Latino-Americano de Tecnologia, Infraestrutura e Território.

² Professora do Curso de Engenharia Química, Universidade Federal da Integração Latino Americana, Instituto Latino-Americano de Tecnologia, Infraestrutura e Território.

E-mail para contato: pamela.oliveira@aluno.unila.edu.br

RESUMO – *Os resíduos agroindustriais têm sido muito utilizados como precursores na síntese de carvão ativado. Assim, o presente trabalho tem por objetivo sintetizar carvão ativado a partir de resíduos orgânicos do beneficiamento de grãos e de erva-mate, a fim de compará-los quanto à capacidade de adsorção, empregando azul de metileno. O carvão ativado sintetizado a partir de palito de erva-mate mostrou-se mais eficiente que os demais, a isoterma de adsorção se ajustou ao modelo de Freundlich, indicando sítios ativos heterogêneos e cinética de reação de primeira ordem.*

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é destaque na produção agrícola. Produziu cerca de 227 mil toneladas até fevereiro de 2018 (IBGE, 2018), o que representa 19,48% do PIB em 2017 (MAPA, 2018). Essa produção gera muitos resíduos que podem ser aplicados na síntese de carvão ativado, por seus elevados teores de lignina, celulose e hemicelulose. Além disso, são facilmente desidratados e susceptíveis a reações cruzadas entre macromoléculas e o agente ativante (LINHARES *et al.*, 2016).

O carvão ativado (CA) tem grande área superficial, alta reatividade e estrutura porosa diversificada (REEDY *et al.*, 2016). Tais características dependem do precursor e da síntese. Como exemplos de precursores, pode-se citar os resíduos de erva-mate, rejeitos de café, acácia negra, bagaço de cana-de-açúcar, torta de azeitona e casca de maçã. Pode ser caracterizado pela capacidade de adsorção, com azul de metileno (GARCIA, 2018). Assim, o presente trabalho objetiva sintetizar carvão ativado a partir de resíduos do beneficiamento de grãos e erva-mate, comparando-os pela capacidade de adsorção.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Precursores: Utilizou-se resíduos de beneficiamento de grãos e do processamento da erva-mate fornecidos por indústrias das regiões oeste e noroeste do Paraná. As codificações dos resíduos foram A1 para os grãos, A2 para as folhas de erva mate e A3 para os palitos. Determinou-se o teor de umidade e cinzas, em estufa a 105°C e mufla a 550°C, ambas por 24 horas, respectivamente.

XXII CONGRESSO
BRASILEIRO DE
ENGENHARIA QUÍMICA
23 a 26 de Setembro de 2018
Hotel Maksoud Plaza
São Paulo – SP

XVII ENCONTRO BRASILEIRO
SOBRE O ENSINO DE
ENGENHARIA QUÍMICA
27 a 28 de Setembro de 2018
USP
São Paulo – SP

Síntese: Carbonizou-se os precursores em mufla (Zezimaq, 2000G) a 400°C por 2 horas. Logo após, adicionou-se solução de KOH e submeteu-se as amostras ao banho ultrassom por 1 hora. A secagem foi realizada em estufa (Lucadema, LUCA-80/100) a 110°C por 24 horas. Realizou-se, em seguida, a pirólise a 500°C por 2 horas. As amostras foram adicionadas a uma solução de HCl, sob agitação, sendo lavadas, filtradas e secas em estufa a 110°C por 24 horas.

Adsorção do azul de metileno: Para o equilíbrio de adsorção, foram preparadas soluções de azul de metileno de 1 a 10 mg L⁻¹. O CA foi adicionado a essas soluções, na razão de 1:1, e mantidos em agitação por 24 horas. Para a cinética de adsorção, adicionou-se CA na proporção de 1:1, mantido sob agitação, por 155 minutos, em que coletou-se alíquotas em diferentes intervalos de tempo. As amostras de equilíbrio e cinética, foram analisadas em espectrofotômetro UV-VIS (Thermo Scientific, Evolution 201) em 665 nm. Utilizou-se a linearização das equações de Langmuir e Freundlich, para determinar os parâmetros de adsorção, enquanto as isotermas da cinética de adsorção foram avaliadas para a determinação da pseudo-ordem característica das amostras.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As características desejáveis dos precursores são alto teor de carbono e baixo teor de cinzas (CORREA *et al.*, 2016). A amostra A3 teve menor percentual de cinzas 6,26%, quando comparada às amostras A1 6,53% e A2 6,75%. Além disso, a amostra A3 exibiu o maior rendimento dentre as demais, com 13,23%. Verificou-se uma perda significativa de massa, o que pode ser resultado da liberação de umidade e voláteis, além de compostos aromáticos leves e gás hidrogênio, conforme relatado por Garcia (2018). Para a caracterização, as isotermas de Langmuir e Freundlich foram ajustadas aos dados experimentais. Os parâmetros associados a esses modelos, para cada amostra de CA, são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Parâmetros do equilíbrio de adsorção.

Amostras	Langmuir			Freundlich		
	R ²	Q _{máx} (mg g ⁻¹)	R _L	R ²	K _f (L mg ⁻¹)	n
A1	0,882	4,068	0,611	0,671	1,187	1,983
A2	0,430	6,802	1,317	0,898	0,949	1,496
A3	0,876	5,974	0,612	0,898	1,399	1,971

O modelo de Langmuir se ajustou melhor à amostra A1 (R² = 0,882). Indica a adsorção em monocamadas, com valor máximo de 4,068 mg L⁻¹ e sítios ativos homogêneos (ENNIYA *et al.*, 2018). O modelo de Freundlich representou as amostras A2 e A3, o qual indica heterogeneidade (PONGENER *et al.*, 2018). A análise de A1, por Langmuir, com R_L<1, mostra que as condições utilizadas foram favoráveis para a adsorção (LI *et al.*, 2015). O fator n>1, por Freundlich, para A2 e A3, sugere um processo físico de adsorção, enquanto 1/n mostra a intensidade e heterogeneidade da amostra. No caso, o valor 1/n>1 indica uma adsorção cooperativa (PONGENER *et al.*, 2018).

Os resultados da cinética de adsorção estão dispostos na Tabela 2, em que verifica-se, pelo coeficiente de determinação R^2 , que todas as amostras são de 1ª ordem, baseadas pela capacidade de adsorção e não controladas pela adsorção química, como no modelo de 2ª ordem (PONGENER *et al.*, 2018). Assim, confirmou-se que a adsorção com as amostras sintetizadas ocorre por processo físico, seja em monocamada, para A1, ou multicamada para as demais amostras.

Tabela 2 – Parâmetros e coeficientes da cinética de adsorção

Amostra	Pseudo-primeira ordem			Pseudo-segunda ordem		
	R^2	K_1 (min^{-1})	Q_e (mg g^{-1})	R^2	K_2 ($\text{g mg}^{-1}\text{min}^{-1}$)	Q_e (mg g^{-1})
A1	0,806	0,062	0,958	0,558	$2,673 \times 10^{-5}$	323,62
A2	0,878	0,096	1,834	0,599	$7,50 \times 10^{-5}$	144,93
A3	0,956	0,240	1,925	0,516	$1,402 \times 10^{-4}$	131,75

Pela curva de adsorção do azul de metileno em função do tempo (Figura 1), verifica-se que a A3 atingiu o equilíbrio de adsorção mais rapidamente que os demais adsorventes, com uma eficiência de remoção superior aos outros carvões (81,23%), visto a quantidade de azul de metileno adsorvido no equilíbrio. A amostra A1, apesar de uma rápida cinética de adsorção, teve uma eficiência de remoção inferior à amostra A3, com 62,45%. A amostra A2, apresentou a cinética mais lenta, com remoção de 52,82%.

Figura 1 – Cinética de adsorção das amostras de carvão ativado a temperatura de 25 °C.

XXII CONGRESSO
BRASILEIRO DE
ENGENHARIA QUÍMICA
23 a 26 de Setembro de 2018
Hotel Maksoud Plaza
São Paulo – SP

XVII ENCONTRO BRASILEIRO
SOBRE O ENSINO DE
ENGENHARIA QUÍMICA
27 a 28 de Setembro de 2018
USP
São Paulo – SP

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observou-se que o resíduo de palito de erva-mate (A3), possui as melhores características para a síntese de carvão ativado, com teor de cinzas de 6,26%, bem como, para adsorção de azul de metileno, com remoção de 81,23%. A linearização da equação de Langmuir indicou que A1 possui adsorção em monocamada, com R^2 de 0,882. A linearização por Freundlich indicou que A2 e A3 possuem características heterogêneas e adsorção física, com R^2 0,898 para ambas.

A cinética de adsorção segue o modelo de 1ª ordem para todas as amostras. Assim, visando a diminuição dos resíduos sólidos, verifica-se que o palito, por ter características lenhosas, se apresentou como o resíduo orgânico mais viável para a síntese do carvão ativado, dentre os precursores avaliados, podendo ainda ser utilizado como adsorvente de poluentes orgânicos.

6. REFERÊNCIAS

CORREA, C. R., OTTO, T., KRUSE, A., Influence of the biomass components on the pore formation of activated carbon. *Biomass Bioenergy*. v. 97, p. 53-64, 2017.

ENNIYA, I., RGHIOUI, L., JOURANI, A., Adsorption of hexavalent chromium in aqueous solution on activated carbon prepared from apple peels. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, v. 7, p. 9-16, 2018.

GARCIA, P. G., Activated carbon from lignocellulosics precursors: A review of the synthesis methods, characterization techniques and applications. *Renewable Sustainable Energy Reviews*, v.82, p. 1393-1414, 2018.

IBGE- INSTITUTO BRASILEIRO DE ECONOMIA E ESTATÍSTICA, fev 2018. Levantamento sistemático de produção agrícola. Disponível em:< <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria>>. Acesso em: 08 abr 2018.

LI, K. *et al.*, Liquid phase adsorption behavior of inulin-type fructan onto activated charcoal. *Carbohydr. Polym.*, v. 122, p. 237-242, 2015.

LINHARES, F. A., MARCÍLIO, N. R., MELO, P. J., Estudo da produção de carvão ativado a partir do resíduo de casca da acácia negra com e sem ativação. *Sci. Cum. Ind.*, v.4, p. 74-79, 2016.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, 2018. *Estatística e dados básicos de economia agrícola*. Brasília: Ministério da Agricultura.

PONGENER, C. *et al.*, Adsorption of fluoride onto activated carbon synthesized from *Manihot esculenta* biomass-Equilibrium, kinetic and thermodynamic studies. *J. Environ. Chem. Eng.*, 2018, <https://doi.org/10.1016/j.jece.2018.02.045>

REDDY, S. R. *et al.*, Equilibrium and kinetics of adsorption of ruthenium on activated charcoal from nitric acid solutions. *Chem. Eng. Res. Des.*, v. 115, p. 91-97, 2016.