

APLICAÇÃO DO CARVÃO ATIVADO PRODUZIDO A PARTIR LODO BIOLÓGICO DA INDÚSTRIA DE POLPA CELULÓSICA NA ADSORÇÃO DO CORANTE AZUL DE METILENO

M. A. BEGALI¹, F. F. OLIVEIRA¹, T. Y. R. ODA², J. B. SILVA¹, R. C. S. SOUSA¹

¹ Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Química

² Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Civil

E-mail para contato: rita.sousa@ufv.br

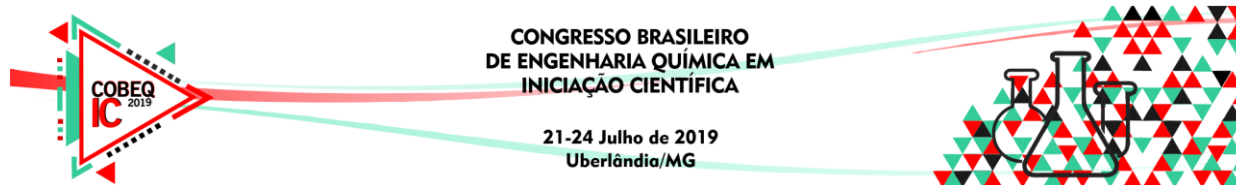
RESUMO – O lodo biológico gerado na indústria de polpa celulósica é uma biomassa residuária do tratamento de efluentes, que exige tratamento e disposição adequados. Seu alto teor de compostos orgânicos o torna adsorvente após carbonização e ativação, que pode ser utilizado como material de tratamento dos efluentes de indústrias têxteis, que exigem alta remoção das substâncias corantes utilizados nos seus processos. Este estudo traz as isotermas de adsorção e curvas cinéticas obtidas para a adsorção do azul de metileno em carvão ativado. O carvão ativado produzido apresentou 90% de eficiência de remoção do corante em 1 hora, indicando ser um material promissor para adsorção de corantes.

1. INTRODUÇÃO

A indústria têxtil é caracterizada por gerar grandes quantidades de águas residuárias devido aos diversos processos de tingimento. Essas águas possuem elevada concentração de pigmentos tóxicos e carcinogênicos (Turhan *et al.*, 2012). Dessa forma, o efluente têxtil necessita de um tratamento eficiente para remoção de agentes indesejáveis a fim de não prejudicar os cursos d'água que o recebem. Uma das formas de tratamento consiste na adsorção com carvão ativado, um sólido poroso que pode ser disposto em condições sanitárias com facilidade.

O carvão ativado é considerado excelente adsorvente, principalmente na remoção de corantes, por possuir elevada área superficial e porosidade compatível com o tamanho dos compostos (Park, 1999). O carvão mineral, um dos precursores utilizados para produção de carvão ativado, além de ser um combustível fóssil e não renovável, consiste em um material de alto custo. Assim, buscam-se materiais alternativos com alto teor de carbono e baixo custo que possam ser transformados em carvão ativado.

O lodo biológico gerado durante a etapa biológica do tratamento de águas residuárias possui elevado teor de compostos orgânicos, o que o torna um precursor promissor para produção de carvão ativado. O lodo, ao ser carbonizado e ativado, apresenta desenvolvimento poroso devido à volatilização dos compostos orgânicos, o que atribui características adsorventes ao material. O carvão ativado é obtido por meio da carbonização do material em



temperaturas que variam de 500 a 800 °C, formando um material altamente poroso (Tchobanoglous e Schroeder, 1985).

O presente trabalho teve como objetivo estudar a cinética e as isotermas de adsorção do corante azul de metileno em carvão ativado proveniente de lodo biológico de indústria de polpa celulósica, em diferentes rotações do sistema.

2. METODOLOGIA

O lodo biológico foi produzido e coletado numa estação de tratamento de efluentes de uma indústria de polpa celulósica. O material, que já se encontrava seco, foi triturado com auxílio de almofariz e pistilo e separado de acordo com sua granulometria. O material foi manualmente peneirado e utilizou-se a porção retida entre peneiras mesh 8 e 12 para a produção do carvão ativado. As metodologias de produção do carvão ativado e análise da cinética de adsorção foram:

- Produção do carvão ativado – a produção do carvão ativado foi de acordo com a metodologia proposta por Gascó *et al.* (2005a,b). O lodo biológico triturado foi colocado em cadinhos de porcelana tampados e dispostos em caixa de aço. Os espaços vazios no interior da caixa de aço foram ocupados por carvão vegetal, para garantir atmosfera sem oxigênio durante a carbonização. A caixa foi posta em mufla elétrica Autonics® TC4S e aquecida numa taxa de 15 °C.min⁻¹ até atingir a temperatura estável de 650 °C, permanecendo nesta por uma hora. O lodo carbonizado foi misturado com hidróxido de sódio (NaOH) de marca Impex® e pureza mínima de 99%, na proporção mássica 1:1 e novamente carbonizado, conforme o procedimento anterior, até atingir 600 °C, permanecendo nesta por uma hora. Após resfriamento, a amostra foi retirada da mufla e lavada em solução HCl 5 mol.L⁻¹ (para dissolução de parte dos componentes inorgânicos) e água destilada até pH neutro. Para as pesagens, utilizou-se a balança analítica Bel Engineering® MARK M2014A.

- Curvas cinéticas de adsorção – um volume de 2 mL de solução de azul de metileno 800 mg.L⁻¹ foi adicionado em eppendorfs com cerca de 0,05 g de carvão ativado de lodo biológico. Os eppendorfs foram colocados em agitador rotativo empregando-se as velocidades de rotação de 10, 20, 30 e 50 rpm. Os tubos permaneceram em rotação pelos tempos de 1 min, 2 min, 5 min, 10 min, 15 min, 30 min, 1 h, 2 h, 6 h e 9 h e em seguida foram centrifugados a 3000 rpm por 15 min. As absorbâncias dos sobrenadantes foram lidas em espectrofotômetro SHIMADZU® UVmin-1240, no comprimento de onda 665 nm. Os modelos de primeira e segunda ordens foram ajustados aos dados obtidos.

- Isotermas de adsorção – preparo de solução de azul de metileno nas concentrações 600, 1000, 1400, 1600, 1800, 200, 2200, 2400, 2600 e 2800 mg.L⁻¹. Um volume de 2 mL de cada solução foi adicionado em eppendorfs contendo 0,05 g de carvão ativado de lodo biológico. O sistema foi agitado sob 15 rpm por 12 horas, para atingir o equilíbrio, conforme determinado em testes preliminares. Ao fim, os eppendorfs foram centrifugados a 3000 rpm por 15 min e as absorbâncias dos sobrenadantes foram lidas em igual espectrofotômetro no comprimento de onda 665 nm. Os modelos de Freundlich e Langmuir foram ajustados aos dados de equilíbrio obtidos.

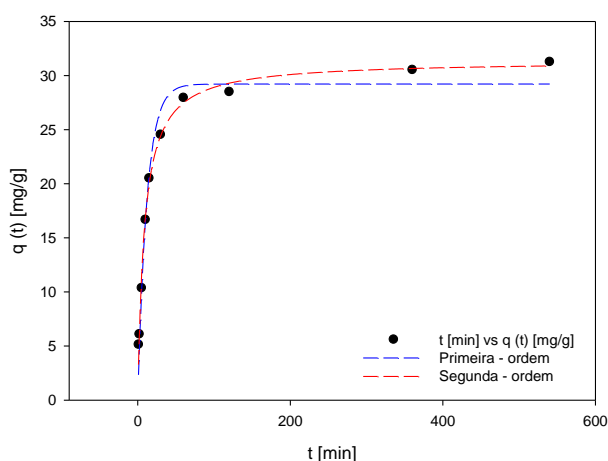


3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

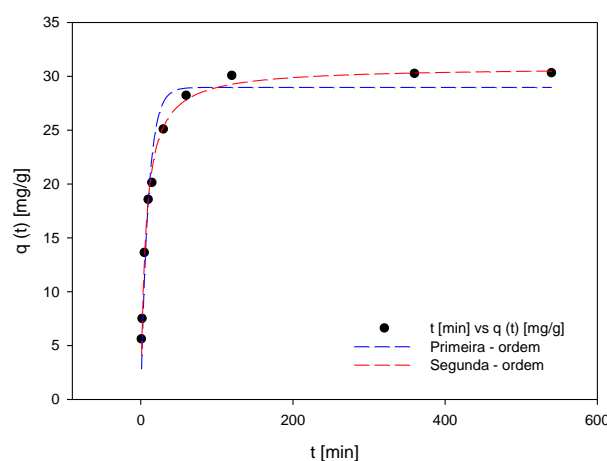
3.1. Curvas cinéticas de adsorção

Os modelos de primeira e segunda ordens foram ajustados aos dados de cinética de adsorção para cada velocidade de rotação trabalhada, conforme apresentado na Figura 1.

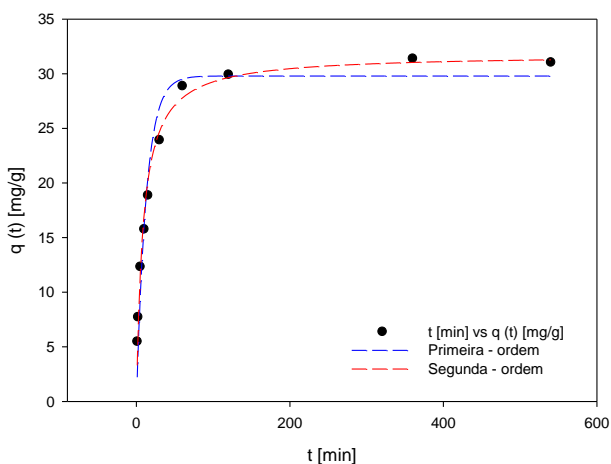
Figura 1 – Curvas cinéticas de adsorção para as velocidades de agitação de (A) 10 rpm, (B) 20 rpm, (C) 30 rpm e (D) 50 rpm



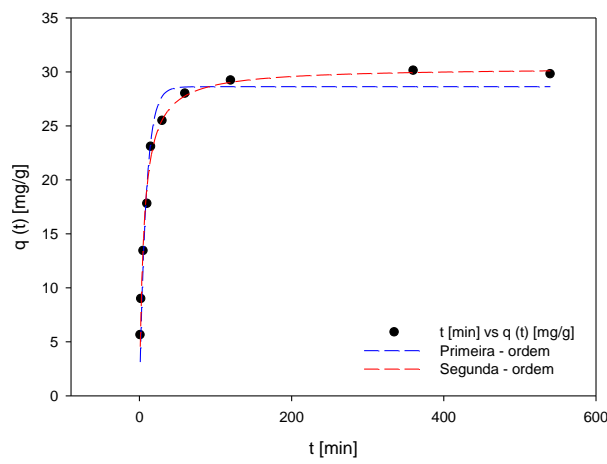
(A) – 10 rpm



(B) – 20 rpm



(C) – 30 rpm



(D) – 50 rpm

Os parâmetros obtidos dos ajustes estão disponíveis na Tabela 1. Após 1 hora de agitação, os sistemas exibiam 90% de eficiência de remoção do corante.

Tabela 1 – Parâmetros cinéticos obtidos dos dados de cinética a diferentes rotações

Rotação	Primeira – ordem			Segunda – ordem		
	q_e	K	R^2	q_e	K	R^2
10	29,213	0,083	0,974	3,674	2,324	0,993
20	28,623	0,104	0,957	4,719	1,396	0,994
30	29,012	0,078	0,948	3,694	2,336	0,984

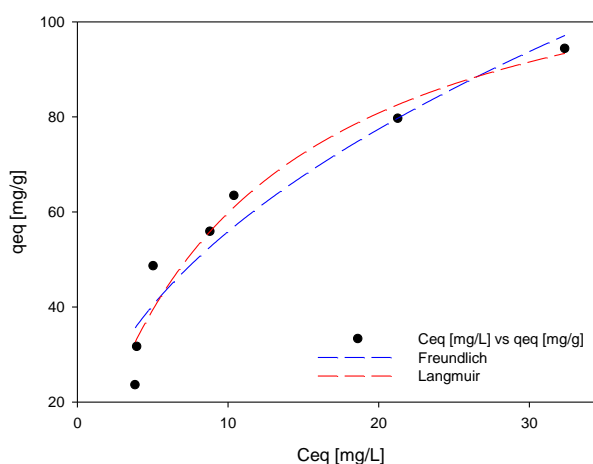
50	28,678	0,116	0,961	5,342	1,067	0,991
----	--------	-------	-------	-------	-------	-------

O modelo de segunda ordem representou o melhor ajuste aos dados, obtendo maiores coeficientes de correlação para qualquer rotação. De acordo com os valores da quantidade de corante adsorvida na fase sólida no equilíbrio (q_e), é possível verificar que não houve uma influência significativa da rotação sobre a capacidade adsorvativa do carvão. Observa-se então que, nesse diâmetro de grânulo e os inferiores, a resistência da difusão externa é irrelevante considerando esse sistema adsorvente-adsorvato. Tal resultado é corroborado por Meshko *et al.* (1999).

3.2. Isotermas de adsorção

Os modelos de Freundlich e Langmuir foram ajustados aos dados obtidos dos testes de adsorção, cujas curvas são apresentadas na Figura 2.

Figura 2 - Isoterma de adsorção de azul de metileno pelo carvão ativado de lodo biológico



Os parâmetros dos modelos de Freundlich e Langmuir estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Parâmetros dos ajustes para o sistema azul de metileno – carvão ativado de lodo biológico

Freundlich	n	$K_F [mg.g^{-1}.(mg.L^{-1})^{1/2.1}]$	R^2
	2,12	18,88	0,92
Langmuir	$q_{max} [mg.g^{-1}]$	$K_L [L.mg^{-1}]$	R^2
	124,67	10,85	0,95

O modelo de Langmuir é o que melhor se ajustou aos dados em relação ao modelo de Freundlich, pois obteve um coeficiente de correlação de 0,95. Isso sugere que o carvão ativado possui natureza homogênea e há a formação de uma monocamada de adsorvente (Elmorsi, 2011)



4. CONCLUSÃO

O carvão ativado produzido a partir de lodo biológico teve boa atividade adsortiva para o azul de metileno, apresentado 90% de eficiência de remoção do corante em 1 hora. Assim, o lodo biológico consiste em um material promissor para produção de carvão ativado para adsorção de corantes.

A velocidade de rotação do sistema não produziu efeitos significativos na cinética adsortiva do material, indicando que o efeito de difusão externa é irrelevante na faixa de granulometria trabalhada ou inferior, para esse par adsorvente-adsorvato.

5. REFERÊNCIAS

- ELMORSI, T. M. Equilibrium Isotherms and Kinetic Studies of Removal of Methylene Blue Dye by Adsorption onto Miswak Leaves as a Natural Adsorbent. *Journal of Environmental Protection*, v. 02, n. 06, p.817-827, 2011.
- GASCÓ, G.; BLANCO, C.G.; GUERRERO, F.; MENDEZ LAZARO. The influence of organic matter on sewage sludge pyrolysis. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, v. 74, n. 1-2, p. 413–420. 2005a.
- GASCÓ, G.; MÉNDEZ, A.; GASCÓ, J. M. Preparation of carbon-based adsorbents from sewage sludge pyrolysis to remove metals from water. *Desalination*, v. 180, p. 245-251. 2005b.
- MESHKO, V; MARKOVSKA, L; MINCEVA, M. Two resistance mass transfer model for the adsorption of basic dyes from aqueous solution on natural zeolite. *Bulletin of Chemists and Technologists of Macedonia*, v. 18, n. 2, p.161-169, 1999.
- PARK, S. J.; KIM, K. D. J. Adsorption behaviours of CO₂ and NH₃ on chemically surface treated activated carbons. *Journal Colloid Interface Science*, v. 212, p. 186, 1999.
- TCHOBANOGLIOUS, G; SCHOEDER, E. D. *Water Quality*, Addison-Wesley Publishing Company, California, p. 381, 1985.
- TURHAN, K., DURUKAN, I., OZTURKCAN, S.A., TURGUT, Z. Decolorization of textile basic dye in aqueous solution by ozone. *Dyes Pigm.*, v. 92, p. 897-901, 2011.