

## ESTUDO DOS MODELOS CINÉTICOS PARA A ADSORÇÃO DO ZINCO EM CARVÃO ATIVADO SOB INFLUÊNCIA DE CAMPO MAGNÉTICO

Laís de Oliveira Ferreira<sup>1</sup>, Thiago Marciano<sup>1</sup>, Juliana Ferreira de Brito<sup>1</sup>, Diogo Tubertini Maciel<sup>2</sup>, Joaquim Paulo da Silva<sup>3</sup>, Teodorico de Castro Ramalho<sup>4</sup>

### RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência do campo magnético na cinética de adsorção do metal zinco, bem como o estudo no melhor modelo cinético que explica este processo. Para tanto, as soluções com concentração definida e constante, foram colocadas em um Dispositivo Indutor de Adsorção (DIA) e sem a presença deste, por 4 horas. Obteve-se então uma porcentagem de remoção satisfatória, fazendo com que o dispositivo continue eficiente nas diversas situações as quais é submetido. Os modelos que explicaram o processo de adsorção com o campo magnético e sem o este, foram, difusão intrapartícula e Elovich, respectivamente.

**Palavras-chaves:** Cinética, adsorção, campo magnético

### INTRODUÇÃO

Atualmente, a contaminação de ambientes aquáticos com íons metálicos é um dos problemas mais sérios decorrentes de despejos industriais e residenciais, uma vez que os metais não são biodegradáveis, sua remoção em águas contaminadas apresenta grandes dificuldades.

Os íons metálicos possuem uma alta toxicidade ao ser humano em concentrações inadequadas, podendo causar diversas doenças edistúrbios. A tolerância ambiental para estes íons é estabelecida pelo Conselho Nacional de Meio-Ambiente, CONAMA.

Torna-se importante a retirada de zinco das águas por este metal provocar por intoxicação um conjunto específico de sintomas ao ser humano e um quadro clínico próprio como, por exemplo, distúrbios gastrointestinais e diarreia. Já para o meio ambiente pode acarretar a redução da capacidade autodepurativa das águas, devido à ação tóxica que eles exercem sobre os microorganismos, e conseqüentemente vários outros problemas ambientais, tais como deterioração do corpo receptor; odor pronunciado decorrente da decomposição anaeróbia; alteração de cor e da turbidez da água; redução do teor de oxigênio dissolvido; modificação da biota, bem como das condições de proliferação da mesma da sobrevivência da fauna aquática superior; assoreamento de canais e de vias navegáveis podendo, até mesmo, levar a uma maior perda de água por evapotranspiração (Meynburg et al, 1995).

As tecnologias tradicionais de tratamento de água potável (coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção) muitas vezes não são eficientes na remoção de traços de metais solúveis em águas. Por isso tem-se buscado alternativas com o objetivo de intensificar e melhorar os processos de tratamento de água.

De acordo com Pesavento e Baldini (1999) e Ngh et al. (2002) a adsorção ou extração em fase sólida é uma técnica que vem sendo muito utilizada para a remoção de metais de águas contaminadas. Algumas das importantes vantagens da adsorção em relação às técnicas comumente usadas são: a baixa quantidade de resíduo gerado, fácil recuperação dos metais e a possibilidade de reutilização do adsorvente.

A cinética de adsorção descreve a velocidade com a qual as moléculas são adsorvidas pelo adsorvente. A velocidade de adsorção pode ser afetada pela temperatura, pH, concentração de sais, concentração inicial, a agitação, o tamanho das partículas, distribuição do tamanho dos poros e da variabilidade do efluente (Sun & Xiangjing, 1997).

Assim o objetivo do trabalho foi avaliar qual modelo cinético a adsorção do metal zinco se adéqua melhor, tanto com a presença do campo magnético como na ausência deste, além de

---

1 Bolsista de Iniciação Científica, DEX-UFLA, lalinhaoliv@yahoo.com.br

2 Bolsista Apoio Técnico, DEX-UFLA, dtmaciel@terra.com.br

3 Professor Associado, DEX-UFLA, joaquim@ufla.br

4 Professor Adjunto, DQI-UFLA, teo@dqj.ufla.br

avaliar a eficiência da ação do campo magnético no processo adsorptivo.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Cinética de adsorção

O estudo de cinética de adsorção foi realizado a fim de se ter o tempo ideal de adsorção máxima. A cinética foi realizada com solução padrão de zinco na concentração de  $500 \text{ mg L}^{-1}$ , onde 10 mL de solução foi colocada em contato com 10 mg de carvão ativado, sendo o experimento estendido por 4 horas. As amostras foram colocadas na presença de um campo magnético produzido por um Dispositivo Indutor de Adsorção (DIA) PI0705597-8 e sem a influência deste, para efeito de comparação.

### Aplicação dos modelos cinéticos

Os modelos cinéticos pseudo 1ª ordem, pseudo 2ª ordem, difusão dentro da partícula e a equação de Elovich foram testados para o carvão ativado (Cromoline). Os parâmetros cinéticos foram obtidos através das Equações 01, 02, 03 e 4, abaixo:

Equação Linearizada Pseudo 1ª Ordem:

$$\log (q_e - q_t) = \log q_e - \frac{k_1 t}{2,303} \quad (01)$$

Equação Linearizada Pseudo 2ª Ordem:

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e} t \quad (02)$$

Difusão intrapartícula:

$$q_t = k_{in} t^{1/2} \quad (03)$$

Equação de Elovich

$$q_t = \frac{1}{\beta} \ln (\alpha\beta) + \frac{1}{\beta} \ln t \quad (04)$$

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 a seguir mostra o perfil cinético do metal:

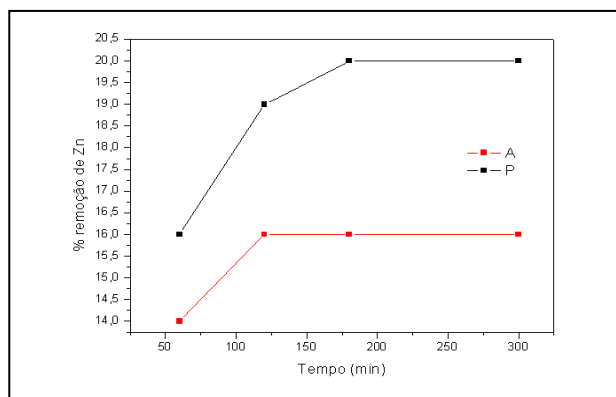


Figura 1: Cinética de Adsorção de zinco em carvão ativado: em presença do campo magnético (P) e na ausência do mesmo (A).

1 Bolsista de Iniciação Científica, DEX-UFLA, lalinhaoliv@yahoo.com.br

2 Bolsista Apoio Técnico, DEX-UFLA, dtmaciel@terra.com.br

3 Professor Associado, DEX-UFLA, joaquim@ufla.br

4 Professor Adjunto, DQI-UFLA, teo@dqj.ufla.br

Como pode ser visto na Figura 1, nos primeiros 30 minutos, há uma adsorção de 16% para a amostra exposta ao campo magnético e 14% para a amostra sem a presença deste. Mais adiante, no tempo de 2 horas, a adsorção removeu 19% e 16%, com o campo magnético e sem, respectivamente, sendo que para este último a remoção se tornou constante a partir deste ponto (2 horas). No tempo de 3 horas, houve um ligeiro aumento na adsorção, 1% a mais, para as amostras que estavam na presença de campo magnético, ficando a partir daí constante. De acordo com a literatura (KO et al., 2004), a adsorção de zinco assemelha-se ao comportamento do processo com o cromo, sendo que este adsorve aproximadamente 19% num tempo de 4 horas e com agitação por 5 dias. Isso mostra que o campo magnético faz com que a adsorção seja mais eficaz, uma vez que orienta as partículas a alcançarem o carvão ativado.

Através da linearização dos modelos cinéticos propostos pôde-se calcular os parâmetros cinéticos para cada modelo estudado e para o tratamento com campo magnético e sem campo magnético.

**Tabela 1. Parâmetros cinéticos obtidos através da linearização dos modelos**

T	Pseudo 1ª Ordem			Pseudo 2ª Ordem			Difusão Intrap.		Elovich		
	$k_1$	$q_e$	$R^2$	$k_2$	$q_e$	$R^2$	$k_{in}$	$R^2$	$\alpha$	$\beta$	$R^2$
<b>P</b>	0,00218	35,2	0,94	0,00287	18,7	0,98	1,11	0,99	0,581	0,186	0,97
<b>A</b>	0,000179	36,8	0,83	-	1,55	0,91	0,122	0,91	0,582	0,186	0,97

T: Tratamento; P: presença de campo magnético; A: ausência de campo magnético;  $k_1$ : constante de velocidade pseudo 1ª ordem ( $L h^{-1}$ );  $q_e$ : quantidade adsorvida no equilíbrio ( $mg g^{-1}$ );  $R^2$ : Coeficiente de correlação;  $k_2$ : constante de velocidade pseudo 2ª ordem ( $g mg^{-1} h^{-1}$ );  $k_{in}$ : constante da velocidade para difusão dentro da partícula ( $mg g^{-1} s^{-1/2}$ );  $\alpha$ : é a taxa de adsorção inicial ( $mg g^{-1} h^{-1}$ );  $\beta$ : extensão da cobertura da superfície energia de ativação para quimissorção ( $g.mg^{-1}$ ); -: erro experimental

A partir da Tabela 1, é observado que para a adsorção com campo magnético, o modelo de difusão intrapartícula se ajustou melhor aos dados experimentais, com valores do coeficiente de correlação igual a 0,99. Assim pela literatura (Fernandes, 2005) este modelo pode apresentar uma multi-linearidade de acordo com os gráficos, indicando que duas ou mais etapas limitam o processo de adsorção. A primeira etapa é a adsorção instantânea ou adsorção na superfície externa. A segunda etapa é o estágio de adsorção gradual onde a difusão dentro da partícula é a etapa limitante. A terceira etapa é o estágio de equilíbrio final, onde a difusão dentro da partícula começa a diminuir, devido a concentrações extremamente baixas do adsorbato na solução. Já para a adsorção sem o campo magnético o melhor modelo foi de Elovich, sendo um dos modelos mais usados para descrever a quimissorção ativada de gases sem dessorção de produtos (Fernandes, 2005). Este modelo está associado à adsorção na superfície externa e a etapa limitante é a cobertura da superfície do adsorbato.

A quantidade adsorvida no equilíbrio ( $q_e$ ) calculada para a incidência de campo e sem deste, a partir da equação de pseudo 1ª ordem foi 35,2 e 36,8  $mg g^{-1}$  respectivamente, a qual ficou um pouco distante do valor experimental obtido de 41,7  $mg g^{-1}$ . Isso não se aplica para a quantidade adsorvida no equilíbrio ( $q_e$ ) calculada para a incidência de campo e sem deste, a partir da equação de pseudo 2ª ordem, em que o valor foi muito diferente do experimental. A partir da Tabela 1, verifica-se que a adsorção é mais rápida quanto maior for a constante da velocidade de adsorção ( $k_1$  e  $k_2$ ).

## CONCLUSÃO

O Dispositivo Indutor de Adsorção (DIA) foi eficiente no processo cinético adsorptivo, uma vez que conseguiu maiores valores de remoção de zinco se comparado aos testes em que não houve a incidência do campo magnético.

O modelo cinético que melhor descreveu os dados experimentais para adsorção de zinco em carvão ativado Cromoline sob campo magnético foi o de difusão intrapartícula, por ter dado

1 Bolsista de Iniciação Científica, DEX-UFLA, lalinhaoliv@yahoo.com.br

2 Bolsista Apoio Técnico, DEX-UFLA, dtmaciel@terra.com.br

3 Professor Associado, DEX-UFLA, joaquim@ufla.br

4 Professor Adjunto, DQI-UFLA, teo@dqj.ufla.br

um melhor coeficiente de correlação e para o processo de adsorção sem incidência de campo nas mesmas condições foi o modelo de Elovich.

#### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

FERNANDES, R. Adsorventes alternativos para remoção de fenol em solução aquosa. Dissertação de Mestrado. Santa Catarina: UFSC, 2005

KO, D. C. K.; CHEUNG, C. W.; CHOY, K. K. H.; PORTER, J. F., MCKAY, G. Sorption equilibria of metal ions on bone char. *Chemosphere*. v. 54, p. 273-281, 2004.

MEYNBURG, G.; HOLTZ, C.; GOETZ, D.; Internat. Conf. - Heavy Metals in the Environment, Hamburg, 1995.

NGAH, W. S. W.; ENDUD, C. S.; MAYANAR, R.; *React. Funct. Polym.* **2002**, 50, 181.

PESAVENTO, M.; BALDINI, E.; *Anal. Chim. Acta* **1999**, 389, 59.

SUN, G. and XIANGJING, X. U.; Sunflower stalks as adsorbents for color removal from textile wastewater, *Ind. Eng. Res.* v. 36, (1997), p. 808-812.

<http://www.mma.gov.br/port/conama>, acessada em Outubro 2005.

---

1 Bolsista de Iniciação Científica, DEX-UFLA, lalinhaoliv@yahoo.com.br

2 Bolsista Apoio Técnico, DEX-UFLA, dtmaciel@terra.com.br

3 Professor Associado, DEX-UFLA, joaquim@ufla.br

4 Professor Adjunto, DQI-UFLA, teo@dqj.ufla.br