

## ESTUDO DA ADSORÇÃO DE CHUMBO UTILIZANDO COMO ADSORVENTE BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR ATIVADO

J. E. M. PAZ<sup>1</sup>, A. C. S. SANTOS<sup>1</sup>, L. M. L. B. ESPÍNOLA<sup>1</sup>,  
F. D. S. CURBELO<sup>1</sup>, A. I. C. GARNICA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal da Paraíba, Departamento de Engenharia Química  
E-mail para contato: eduardomatos3@hotmail.com

RESUMO – O adsorvente, bagaço de cana-de-açúcar, foi tratado quimicamente com ácido sulfúrico ( $1,0 \text{ molL}^{-1}$ ). As soluções sintéticas de efluente foram feitas a partir do cloreto de chumbo ( $\text{PbCl}_2$ ), obtendo concentrações entre 1 e 50 mg/L de chumbo. As isotermas de adsorção foram obtidas pelo método do banho finito baseado no balanço de massa do adsorbato. Os ensaios de adsorção foram feitos nas temperaturas de 30, 50 e 65°C com tempo de equilíbrio de 6 horas, a solução remanescente foi analisada por técnica de espectrofotometria. O modelo de Langmuir é que melhor descreve o processo, o sistema apresentado é exotérmico e espontâneo e os resultados também mostram que o processo proposto apresenta potencial para o tratamento de efluentes industriais que contenham chumbo.

### 1. INTRODUÇÃO

Os despejos de resíduos industriais são as principais fontes de contaminação das águas dos rios com metais pesados, como o chumbo. Esses elementos quando lançados como resíduos industriais, na água, no solo ou no ar, podem ser absorvidos pelos vegetais e animais das proximidades, provocando graves intoxicações ao longo da cadeia alimentar, e por não possuir nenhuma função dentro dos organismos sua acumulação pode provocar graves doenças, sobretudo nos mamíferos, como câncer e outras doenças graves.

O bagaço de cana-de-açúcar é um resíduo da agroindústria sucroalcooleira, sendo o Brasil o maior produtor mundial de cana-de-açúcar. Atualmente a cana-de-açúcar é plantada em vários estados brasileiros, alcançando 648,1 milhões de toneladas no ano de 2013. Do seu processo de industrialização, obtêm-se como produtos açúcar nas suas mais variadas formas e tipos de álcool etílico (anidro e hidratado) (Balanço Energético Nacional, 2014). Entretanto a cada ano são gerados de 5 a 12 milhões de tonelada desse material que corresponde aproximadamente a 30 % da cana moída (Souza et al., 2009). O maior problema que esse setor encontra é o destino final desse material, que, em grande quantidade não possui local específico para ser descartado, o que leva diversos países, inclusive o Brasil, a realizarem pesquisas sobre a utilização desse resíduo como matéria-prima alternativa nos diversos setores industriais, além de preservar o meio ambiente (Souza et. al., 2009).

Considerando o que foi exposto acima, este trabalho teve como objetivo fundamental o estudo da adsorção do chumbo, a diferentes temperaturas, utilizando o bagaço de cana-de-açúcar como adsorvente.

## 2. METODOLOGIA

Inicialmente o bagaço proveniente da cana-de-açúcar foi lavado abundantemente com água para que materiais indesejáveis fossem removidos, como pedaço de palha, areia ou madeira, que pudessem causar interferências nos resultados experimentais.

Logo após a etapa de lavagem, o bagaço foi seco em estufa a 60 °C, por aproximadamente 40 horas. Depois de seco, o bagaço foi moído em um moinho de facas. Depois de moído, o bagaço foi peneirado utilizando as peneiras da série Tyler de malhas, com o objetivo de obter partículas com diâmetro médio variando entre 0,5 e 2,0 mm.

Em seguida o bagaço da cana-de-açúcar foi submetido a um tratamento químico com ácido sulfúrico (1,0 molL<sup>-1</sup>) com finalidade de modificá-lo e melhorar suas propriedades como adsorvente. Nesse processo o bagaço foi colocado na solução de ácido sulfúrico e deixado em repouso por 24 horas. A proporção sólido-líquido utilizada foi de 0,05 g mL<sup>-1</sup>. Em seguida foi feita a filtração do bagaço para a remoção do ácido, e logo após o bagaço foi lavado com água destilada até o pH estabilizar e ficar em torno de 6.

Para realizar o estudo de adsorção foram preparadas soluções sintéticas de efluente contendo chumbo, as soluções foram feitas a partir do cloreto de chumbo (PbCl<sub>2</sub>). As soluções que simularam o efluente continham concentrações de 1, 2, 5, 10, 20 e 50 mg/L.

Por fim, as isotermas de adsorção foram obtidas pelo método do banho finito baseado no balanço de massa do adsorbato. Massas conhecidas e iguais do adsorvente foram postas em contato com volumes constantes e iguais de soluções de chumbo de concentrações diferentes. Os ensaios de adsorção foram feitos nas temperaturas de 30, 50 e 65 °C. O equipamento utilizado foi o Banho Metabólico Dubnof a massa de adsorbato utilizada foi de 1,0 g.

Após 6 horas de contato entre as fases, tempo suficiente para atingir o equilíbrio, a solução remanescente foi analisada por técnica de espectrofotometria. Por balanço de massa (Equação 1), calculou-se a massa de metal adsorvida no bagaço da cana-de-açúcar.

$$q = \frac{V(C_{inicial} - C_{final})}{m} \quad \left[ \frac{mg \text{ de metal}}{g \text{ de bagaço}} \right] \quad (1)$$

Em que V é o volume da solução, C<sub>inicial</sub> e C<sub>final</sub> são, respectivamente, as concentrações inicial e final do metal na solução, e m é a massa de adsorvente.

Os dados experimentais foram ajustados aos modelos de Langmuir (Equação 2) e Freundlich (Equação 3).

$$q = \frac{q_m K_L C}{1 + K_L C} \quad (2)$$

$$q = K_F C^{1/n} \quad (3)$$

Sendo: C a concentração da solução de efluente sintética, dada em mg/L;  $K_L$  a constante de adsorção, dada em L/mg;  $q_m$  a capacidade máxima de adsorção, dada em mg/g; n o parâmetro de ajuste do modelo, adimensional;  $K_F$  a intensidade de adsorção descrita como  $(\text{mg g}^{-1})(\text{L mg}^{-1})^{1/n}$ .

Os parâmetros termodinâmicos também foram objeto de estudos, foram calculados a partir das equações abaixo:

$$\Delta G = -RT \ln K_{ads} \quad (4)$$

$$\ln K = \frac{\Delta S}{R} - \frac{\Delta H}{RT} \quad (5)$$

$$\Delta S = \frac{\Delta H - \Delta G}{T} \quad (6)$$

Sendo: T a temperatura, dada em K; R a constante universal dos gases, dada em J/molK;  $\Delta G$  a variação da energia livre de Gibbs, dada em J/mol;  $\Delta S$  a variação da entropia, dada em J/molK;  $\Delta H$  a variação da entalpia, dada em J/mol.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 (a, b, c) apresenta a isoterma de adsorção de  $\text{Pb}^{2+}$  nas diferentes temperaturas estudadas. Da análise desta figura, observa-se que adsorção é mais favorecida a temperatura de 30°C (Figura 1a), o que corrobora o caráter exotérmico desta técnica de separação.

Os dados experimentais foram ajustados pelo modelo de Langmuir como também é apresentado na Figura 1 (a, b, c). Através da regressão não linear destes dados foram obtidos os parâmetros  $q_m$  e  $K_L$  do modelo de Langmuir, assim como também foram determinados os parâmetros n e  $K_F$  do modelo de Freundlich, embora este último não tenha se ajustado satisfatoriamente aos dados experimentais como mostra a Tabela 1.

Figura 1 a,b,c – Isotermas de adsorção nas temperaturas de 30°C (a), 50°C (b) e 65°C (c). (Dados experimentais ○; Modelo de Langmuir —)

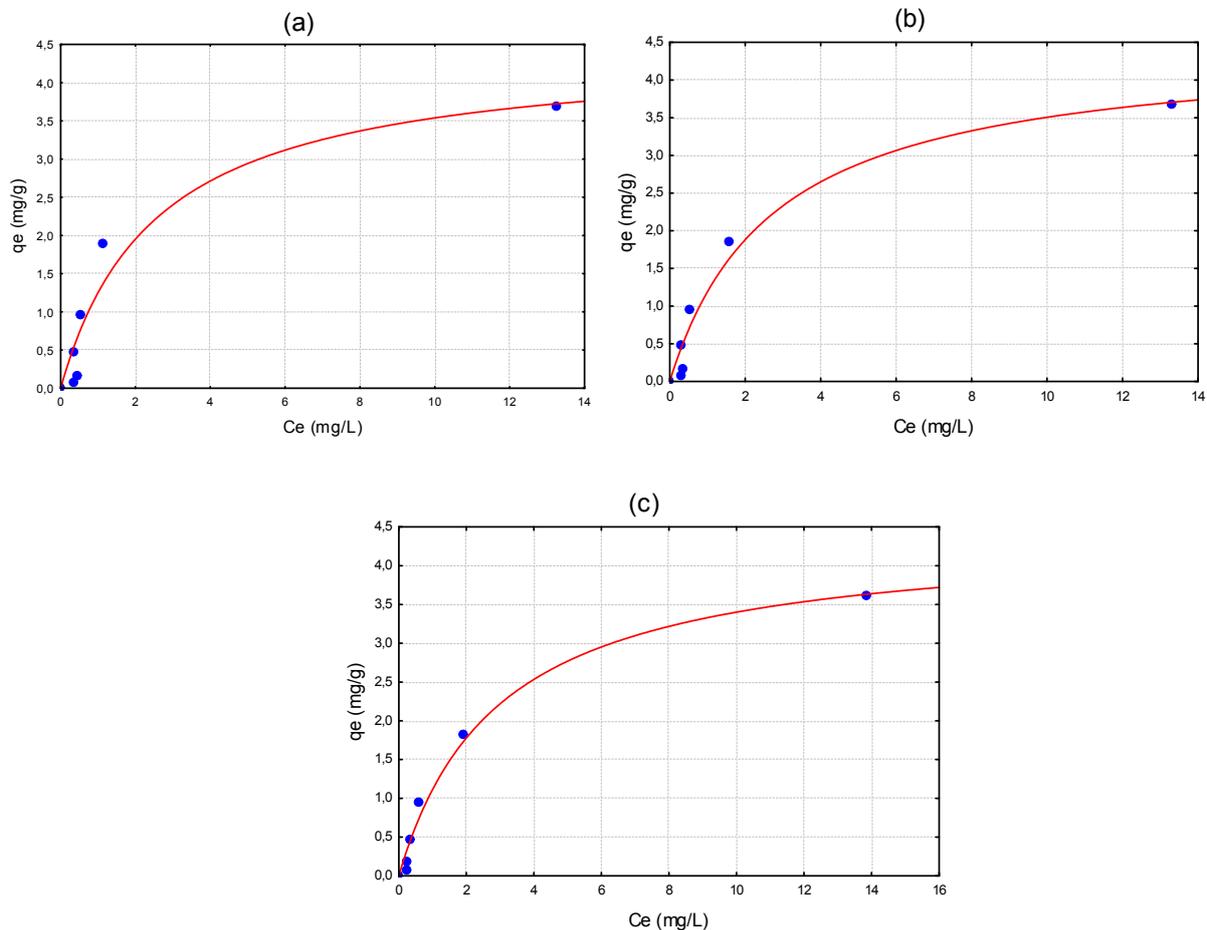


Tabela 1 – Parâmetros dos modelos de Langmuir e Freundlich

Parâmetros	Modelo de Langmuir			Modelo de Freundlich		
	$K_L$ (L mg <sup>-1</sup> )	$q_m$ (mg g <sup>-1</sup> )	$R^2$	$K_F$ (mg g <sup>-1</sup> )(L mg <sup>-1</sup> ) <sup>1/n</sup>	1/n	$R^2$
<b>30 °C</b>	0,39 ± 0,16	4,44 ± 0,69	0,925	1,01 ± 0,28	0,51	0,881
<b>50 °C</b>	0,36 ± 0,12	4,47 ± 0,53	0,965	0,99 ± 0,23	0,51	0,923
<b>65 °C</b>	0,34 ± 0,08	4,41 ± 0,38	0,986	0,96 ± 0,19	0,51	0,950

Quando o parâmetro 1/n (Tabela 1) do modelo de Freundlich apresenta valores entre 0,1 e 0,5 pode-se dizer que a adsorção é favorável (Samiey 2010), logo de acordo com os valores

apresentados Tabela 1, ( $R^2$ ) observa-se que o modelo que melhor descreve os dados experimentais é o de Langmuir.

Os parâmetros termodinâmicos, apresentados na Tabela 2, foram calculados com base na isoterma de Langmuir para as três temperaturas estudadas. A partir da Figura 2 (equação 5) foi calculada a variação de entalpia ( $\Delta H$ ). Utilizando a equação 4 calculou-se a energia livre de Gibbs ( $\Delta G$ ) e pela equação 6 determinou-se a variação de entropia ( $\Delta S$ ).

Figura 2 – Gráfico de Van't Hoff para a adsorção de chumbo em bagaço modificado.

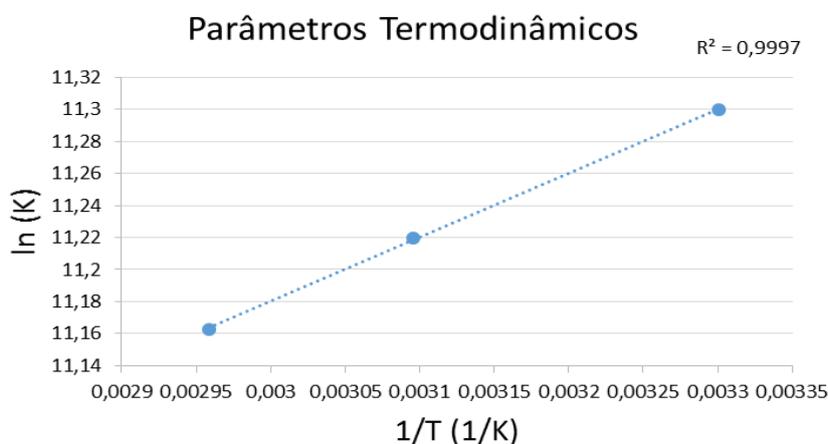


Tabela 2 - Parâmetros termodinâmicos

Parâmetros	$\Delta G$ (KJ/mol)	$\Delta H$ (KJ/mol)	$\Delta S$ (KJ/molK)
<b>Termodinâmicos</b>			
<b>s</b>			
<b>30 °C</b>	-28,47		
<b>50 °C</b>	-30,13	-3,33	0,083
<b>65 °C</b>	-31,37		

Os parâmetros termodinâmicos indicam que o processo é exotérmico e se enquadra como uma adsorção física pois o  $\Delta H$  está dentro da ordem de grandeza de 1-5 KJ/mol (Ruthven, 1984), o processo ocorre de forma espontânea segundo a energia livre de Gibbs deixando ainda mais claro que o é viável a utilização deste adsorvente para a remoção de chumbo de efluentes industriais, além disso o  $\Delta G$  também aponta para uma fisissorção de acordo com Liu (2010) o valor de energia livre de Gibbs para esse tipo de adsorção situa-se entre -20 kJ/mol e 0 kJ/mol e que para quimissorção o valor varia entre -400 kJ/mol e -80 valor kJ/mol.

#### 4. CONCLUSÃO

O bagaço de cana-de-açúcar quimicamente modificado apresentou-se como uma boa alternativa para a remoção de chumbo de efluentes industriais, destacando-se a adsorção a 30°C. O modelo de Langmuir descreve melhor os dados de adsorção do sistema em estudo, sistema chumbo em bagaço de cana modificado, que o modelo de Freundlich.

Foi verificado que a adsorção realizada a 30°C apresentou melhores resultados, temperatura mais baixa entre as estudadas. Quanto aos parâmetros termodinâmicos o processo classifica-se como exotérmico e ocorre espontaneamente.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Ao Laboratório de Operações Unitárias da UFPB pela estrutura, ao Laboratório de Automação e Instrumentação em Química Analítica e Quimiometria (LAQA) pelo fornecimento de reagentes e a Coteminas S.A. pelo apoio na realização das análises.

#### 6. REFERÊNCIAS

- BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL 2014: Ano base 2013. Rio de Janeiro: *Empresa de Pesquisa Energética*, 2014
- LIU, Q.S., ZHENG, T., WANG, P., JIANG, J.P., LI, N., Adsorption isotherm, kinetic and mechanism studies of some substituted phenols on activated carbon fibers, *Chem. Eng. J.* 157 (2010) 348–356
- SAMIEY, B., DARGAHI, M., Kinetics and thermodynamics of adsorption of Congo red on cellulose, *Central Eur. J. Chem.* 8 (2010) 906–912.
- SOUZA, R. S.; Santos, T. C.; Lima, L, R. Reuso do Bagaço da Cana-de-açúcar em Tratamento de Efluentes Industriais através da Adsorção. I Congresso Paraibano de Gestão do Lixo, Educação Ambiental e Sustentabilidade. Campina Grande – PB. 2009.
- RUTHVEN, D. M. Principles of adsorption and adsorption Process. *John Wiley & Sons Inc.* New York, 1984.