

## **AValiação de Modelos de Equilíbrio de Adsorção Utilizando um Polímero para Remoção de Poluentes da Água**

**SAMUEL LOPES OLIVEIRA <sup>1,2\*</sup>, YARA PROCK DA SILVA <sup>3</sup>, GUSTAVO HENRIQUE FIDELIS DOS SANTOS <sup>4</sup>, VIVIAN MACHADO DE MENEZES <sup>5</sup>**

### **1 Introdução**

Atualmente um dos grandes problemas que vem sendo relacionados ao meio ambiente é a poluição da água devido ao grande avanço populacional e o desenvolvimento industrial, que resulta na geração de elevados volumes de descartes industriais (THAMER et al., 2020).

Os corantes, além de tóxicos, são compostos de difícil degradação e tendem a se acumular no ambiente e nas espécies, sendo agravado o problema de serem descartados nos efluentes sem um tratamento adequado (BARROSO et al., 2019). Ainda, a toxicidade dos corantes faz com que tenham propriedades cancerígenas, podendo causar graves danos à saúde dos seres humanos, como disfunção dos rins, do sistema reprodutivo, do fígado, do cérebro e do sistema nervoso central (SALLEH et al., 2011). Assim, a remoção de corantes presentes em efluentes residuais torna-se ambientalmente importante porque em pequenas quantidades já apresenta uma grande toxicidade.

Para o entendimento do processo de adsorção é importante o conhecimento dos princípios físicos e químicos, além dos aspectos cinéticos e de equilíbrio de adsorção, que são fatores determinantes para o sucesso do processo (COSTA et al, 2010). O emprego da adsorção para a remoção de poluentes se apresenta como uma técnica bastante promissora, pois apresenta vantagens como: baixo custo, disponibilidade, lucratividade, facilidade de operação, eficiência e eficácia quando se comparada com as demais técnicas (UDDIN et al, 2017).

Os modelos de isoterma de equilíbrio auxiliam na compreensão do processo de adsorção através da otimização de parâmetros e a compará-los em diferentes sistemas adsorventes e condições experimentais.

### **2 Objetivos**

1 Graduando em Engenharia de Alimentos, Universidade Federal da Fronteira Sul, campus Laranjeiras do Sul - PR

\* E-mail para contato: samuel.lopes@estudante.uffs.edu.br

2 Grupo de Pesquisa: Produção, transformação e armazenamento de alimentos.

3 Engenheira de Alimentos pela Universidade Federal da Fronteira Sul, campus Laranjeiras do Sul.

4 Professor Doutor em Engenharia Química, Universidade Federal da Fronteira Sul

5 Doutorado em Física, Universidade Federal da Fronteira Sul, Orientadora.

Título do subprojeto: Obtenção de fibras por eletrofiação de polímeros para remoção de poluentes da água.

O objetivo deste trabalho foi estudar os modelos de equilíbrio de Langmuir, Freundlich e Temkin na adsorção do corante Azul de Metileno utilizando a zeína como adsorvente, para posterior aplicação na remoção de corantes da água

### 3 Metodologia

Os ensaios do estudo do equilíbrio de adsorção foram conduzidos em erlenmeyers contendo 3 g do adsorvente e 30 mL da solução do corante em pH 6 e em diferentes concentrações iniciais de 5; 10; 20; 40; 60; 100; 120; 140 e 180 mg L<sup>-1</sup>. Os ensaios foram realizados sob agitação a 100 rpm por 24 horas. Os ensaios de equilíbrio foram conduzidos em diferentes temperaturas sendo elas 15, 25, 40, 55 e 70 °C.

Os modelos de Langmuir (equação 1), Freundlich (equação 2) e Temkin (equação 3) foram ajustados aos dados experimentais de equilíbrio de adsorção para cada temperatura estudada.

$$q(t) = \left( \frac{q_{max} K_L C(t)}{1 + K_L C(t)} \right) \quad (1)$$

$$q(t) = K_f \frac{C(t)^n}{n} \quad (2)$$

$$q(t) = \frac{RT}{b} \ln (K_T C(t)) \quad (3)$$

Em que:

C(t): concentração de corante em solução em função do tempo (mg L<sup>-1</sup>);

q<sub>max</sub>: capacidade máxima de adsorção (mg g<sup>-1</sup>);

K<sub>L</sub>: constante de Langmuir (L.mg<sup>-1</sup>);

K<sub>f</sub>: constante de Freundlich (L.g<sup>-1</sup>);

n: parâmetro de afinidade do adsorvente pelo soluto (adimensional);

K<sub>T</sub>: constante de Temkin (L.mg<sup>-1</sup>);

b: constante relacionado ao calor de adsorção (J mol<sup>-1</sup>);

R: constante universal dos gases (8,314 J K<sup>-1</sup> mol<sup>-1</sup>);

T: temperatura (K).

O cálculo da quantidade adsorvida de corante, q(t) (mg.g<sup>-1</sup>) foi realizado pela equação

4:

$$q(t) = \left( \frac{C_0 - C(t)}{m} \right) * V \quad (4)$$

Sendo:

C<sub>0</sub>: concentração inicial de corante na solução (mg.L<sup>-1</sup>);

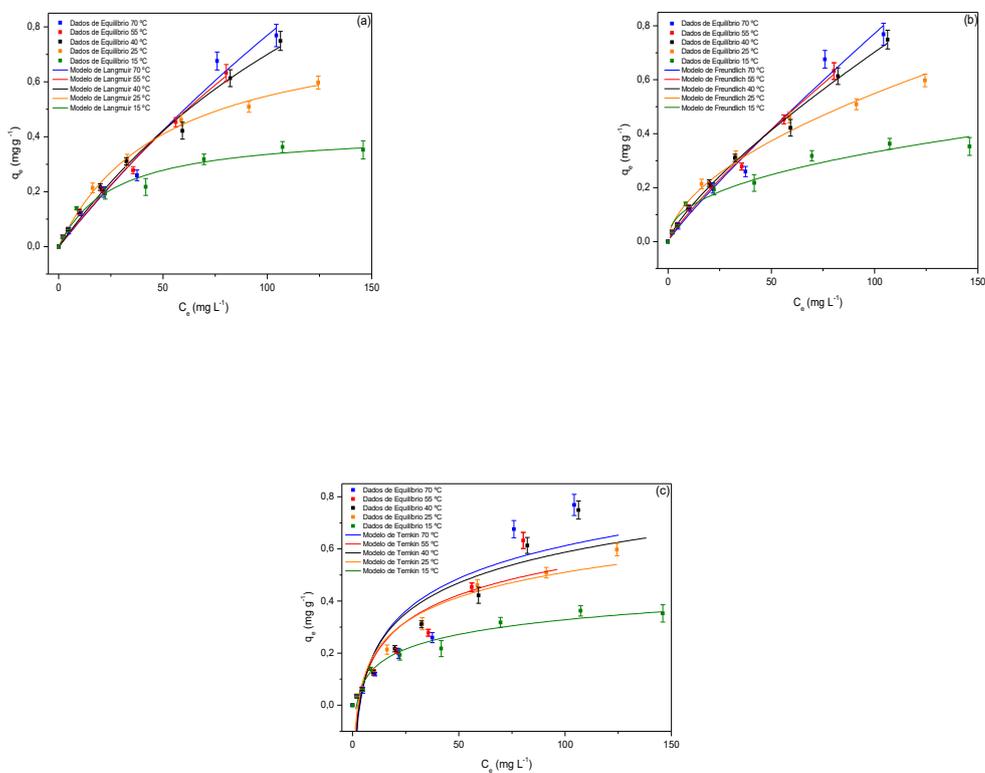
V: volume da solução de corante (L);

m: massa de zeína (g).

### 4 Resultados e Discussão

Pela Figura 1, é possível observar que, nas menores concentrações de corante, a

adsorção ocorreu com maior intensidade, caracterizando a afinidade entre o corante e a zeína.



**Figura 1** Equilíbrio de adsorção do corante azul de metileno e ajustes das isotermas de Langmuir (a), Freundlich (b) e Temkin (c).

Conforme o aumento das concentrações iniciais do corante azul de metileno, houve uma diminuição da adsorção, que pode ser devido à saturação dos sítios ativos do material adsorvente.

Os parâmetros obtidos a partir do ajuste das isotermas de Langmuir e de Freundlich estão apresentados na Tabela 1.

**Tabela 4.** Parâmetros dos modelos de isotermas estudados na remoção do azul de metileno pela zeína em diferentes temperaturas.

Modelos	Parâmetros	Temperatura (°C)				
		15	25	40	55	70
Isoterma de Langmuir	$q_{\text{máx}}$ (mg g <sup>-1</sup> )	0,42 ±0,03	0,83±0,03	2,05±0,51	3,07±0,50	4,24±0,40
	$K_L$ (L mg <sup>-1</sup> )	0,038±0,008	0,019±0,002	0,005±0,001	0,0031±0,001	0,002±0,002
	$R^2$	0,971	0,996	0,988	0,989	0,980
Isoterma de Freundlich	$K_F$ (L g <sup>-1</sup> )	0,047±0,010	0,042±0,008	0,020±0,003	0,015±0,002	0,012±0,005
	$\frac{1}{n}$	0,42±0,05	0,55±0,04	0,76±0,03	0,84±0,04	0,89±0,09
	$R^2$	0,940	0,977	0,992	0,992	0,976
Isoterma de Temkin	$K_T$ (L mg <sup>-1</sup> )	0,57±0,01	0,40±0,01	0,32±0,01	0,34±0,02	0,29±0,01
	$b$ (J mol <sup>-1</sup> )	29,5±0,2	18,0±0,4	15,4±0,3	15,2±0,4	15,7±0,3
	$R^2$	0,969	0,940	0,868	0,847	0,786

Fonte: os autores (2020)

Pela tabela 1, o modelo de isoterma que melhor se ajustou aos dados experimentais ( $R^2$ ) foi o modelo de Langmuir. A constante de Langmuir ( $K_L$ ) refere-se à energia de ligação entre adsorvente e adsorvato, e os resultados mostraram que o aumento da temperatura de adsorção diminuiu esta constante, indicando que em maiores temperaturas a energia de ligação entre a zeína e o corante foi reduzindo.

A constante  $K_F$  é um parâmetro relacionado a capacidade de adsorção, e os resultados neste trabalho mostraram que o aumento da temperatura resultou na diminuição de  $K_F$ . A constante  $1/n$  indica a dificuldade de adsorção, e este parâmetro nas temperaturas investigadas ficaram entre 0,42 a 0,89, sendo este um indicativo que o corante azul de metileno não apresentou grandes dificuldades para ser adsorvido pela zeína.

A constante da isoterma de Temkin ( $K_T$ ) nos diz que a adsorção é caracterizada por uma distribuição de energia uniforme até um certo limite. Os valores encontrados para essa isoterma ( $R^2$ ) indicaram que ela foi a que menos se ajustou aos dados experimentais. No entanto, observa-se que em baixas temperaturas o modelo apresentou bons ajustes aos dados.

Pela Figura 1 e pelo parâmetro  $q_{\text{máx}}$  (Tabela 1), é observado que com o aumento da temperatura houve o favorecimento da adsorção do corante. O aumento da quantidade máxima de corante adsorvido por grama de adsorvente ( $q_{\text{máx}}$ ) em função da temperatura foi significativo. Na maior temperatura investigada (70 °C) foi obtido o maior valor de  $q_{\text{máx}}$  (4,24 mg.g<sup>-1</sup>), indicando que o processo foi favorecido pelo aumento do grau de agitação molecular e que nesta temperatura ainda não ocorreu a degradação do material adsorvente.

## 5 Conclusão

Os dados de equilíbrio de adsorção mostraram que a capacidade máxima de adsorção foi favorecida pelo aumento da temperatura. O modelo de isoterma que melhor se ajustou aos

dados de equilíbrio foi a isoterma de Langmuir o que mostra que a adsorção é um fenômeno de quimissorção, obtendo o maior valor de  $q_{\text{máx}}$  ( $4,24 \text{ mg.g}^{-1}$ ) a  $70 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .

### Referências Bibliográficas

BARROSO, J. A. D.; LOPES, L. R.; DA CUNHA, R. N. Estudo da adsorção de azul de metileno utilizando cascas de pequi. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 12, p. 29349-29356, 2019.

COSTA, M.G. **Avaliação da lama vermelha como adsorvente de níquel e cádmio em soluções aquosas**. 2010. 79 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010.

SALLEH, M. A. M., MAHMOUD, D. K., WAN AZLINA WAN ABDUL KARIM, W. A. W. A., IDRIS, A. Cationic and anionic dye adsorption by agricultural solid wastes: A comprehensive review. **Desalination**, v. 280, p. 1–13, 2011.

UDDIN, Mohammad Kashif. A review on the adsorption of heavy metals by clay minerals, with special focus on the past decade. **Chemical Engineering Journal**, [S.L.], v. 308, p. 438-462, jan. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cej.2016.09.029>.

THAMER, Badr M.; ALDALBAHI, Ali; A, Meera Moydeen; RAHAMAN, Mostafizur; EL-NEWEHY, Mohamed H.. Modified Electrospun Polymeric Nanofibers and Their Nanocomposites as Nanoadsorbents for Toxic Dye Removal from Contaminated Waters: a review. **Polymers**, [S.L.], v. 13, n. 1, p. 20, 23 dez. 2020. MDPI AG.

**Palavras-chave:** adsorção, corante, isotermas

**Nº de Registro no sistema Prisma:** PES-2020-0276

**Financiamento:** UFFS