



UTILIZAÇÃO DE SEMENTE DE MORINGA OLEIFERA *Lam.* COMO BIOADSORVENTE

CRISTIANE FERRAZ DE AZEVEDO¹; OTÁVIO DOS SANTOS ESCOBAR²;
ALEXANDRE SWAROWSKY³; MATTHEW AYORINDE ADEBAYO⁴; MATIAS
SCHADECK NETTO⁵; FERNANDO MACHADO MACHADO⁶

¹Universidade Federal de Pelotas – cristiane.quim@gmail.com

²Universidade Federal de Santa Maria

³Universidade Federal de Santa Maria

⁴Universidade Federal de Tecnologia de Akure

⁵Universidade Federal de Santa Maria

⁶Universidade Federal de Pelotas – fernando.machado@ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

A atividade humana e o crescimento industrial vêm causando problemas ambientais devido a contaminação das reservas hídricas. Logo, diversos métodos alternativos de tratamento de águas estão sendo explorados (ESCOBAR et al., 2021). Dentre esses métodos empregados para remoção de contaminantes do meio aquoso, a adsorção se destaca por ser uma técnica simples, de baixo custo e fácil implementação (CARVALHO et al., 2019). E, visando o desenvolvimento de tecnologias sustentáveis, os bioadsorventes que já são conhecidos há bastante tempo, vêm ganhado destaque por serem biodegradáveis, apresentarem baixo custo e não serem tóxicos (ADENIYI; IGHALO, 2019).

A Moringa oleifera *Lam.* (MO) é uma planta abundante nas regiões tropicais e subtropicais. Suas sementes apresentam uma diversidade de grupos funcionais que favorecem os processos adsorptivos, o que as torna uma alternativa promissora, biodegradável e com baixo custo associado para produção de bioadsorventes destinados ao tratamento de águas residuais. Além disso, a utilização de diferentes partes da MO já vem sendo amplamente reportada na produção de biomateriais destinados ao tratamento de águas (ESCOBAR et al., 2021).

A ampla utilização dos corantes por diferentes setores da indústria (papel, alimentação, cosméticos e têxtil, por exemplo) gera grande quantidade de resíduos que acabam por causar impactos ambientais (ŞENOL et al., 2020). Mesmo em pequena quantidade a presença de corantes no meio aquoso reduz a passagem da luz prejudicando a fotossíntese e causando desequilíbrio ambiental (ESCOBAR et al., 2021).

O corante azul brilhante FCF (AB) é utilizado por indústrias do setor têxtil, de alimentos, automotivo, cosméticos, entre outros, sendo que apresenta relatos de potenciais efeitos tóxicos e carcinogênicos. É altamente solúvel em água e sua molécula é de difícil degradação (ESCOBAR et al., 2021). Fazendo com que sua remoção do meio aquoso seja necessária.

Assim, este trabalho tem por objetivo avaliar a capacidade de adsorção apresentada por um bioadsorvente produzido a partir da polpa de semente de Moringa oleifera frente ao corante AB.

2. METODOLOGIA



As sementes de *Moringa oleifera* foram separadas em casca e polpa. A polpa foi lavada com água destilada e seca a 60°C por 48h. Após, foi triturada em moinho de facas e lavada com álcool etílico absoluto para extração do excesso de óleo. A seguir, foram novamente lavadas com água destiladas e secas conforme descrição prévia, dando origem ao bioadsorvente de polpa de *Moringa oleifera* (PMO).

A eficiência do adsorvente foi testada frente a adsorção do corante azul brilhante FCF. Para realização do estudo cinético foram utilizadas 25 mg do adsorvente e 50 mL de solução corante nas concentrações de 50, 100, 150, 200, 300 e 500 mg L⁻¹. O ensaio foi realizado a 25°C, para o intervalo de tempo entre 5 e 120 minutos. Para realização do estudo de equilíbrio, foram avaliadas as temperaturas de 25, 35, 45 e 55°C durante 120 minutos considerando o intervalo de concentração de solução corante na faixa de 50 à 500 mg L⁻¹. Os estudos foram realizados em pH 2,2 em uma mesa agitadora com velocidade de 135 rpm.

Após a realização dos ensaios, as soluções foram centrifugadas e uma alíquota de 1 mL foi reservada para leitura de absorbância, para tanto foi utilizado um espectofotômetro (Biospectro SP-22) no comprimento de onda de 626 nm.

A quantidade de corante removida do meio aquoso e o percentual de remoção foram determinados pela aplicação das Equações 1 e 2.

$$q = \frac{(C_0 - C_f)}{m} \cdot V \quad (\text{Equação 1})$$

$$\% \text{ Remoção} = \frac{(C_0 - C_f)}{C_0} \cdot 100 \quad (\text{Equação 2})$$

onde, q (mg g⁻¹) é a quantidade de adsorvato adsorvido no equilíbrio; C₀ (mg L⁻¹) e C_f (mg L⁻¹) são respectivamente a concentração inicial e a concentração no equilíbrio do adsorvato; m (g) é a massa de adsorvente utilizado e V (L) é o volume da solução de adsorvato (ESCOBAR et al., 2021).

Os dados cinéticos foram ajustados aos modelos de pseudo-primeira ordem, pseudo-segunda ordem e ordem fracionária de Avrami e as isotermas aos modelos de Freundlich, Langmuir e Liu.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos dados apresentados na Tabela 1 mostra que o modelo de ordem fracionária de Avrami apresenta valores de R², R²_{adj}, mais próximos de 1 e menores valores de SD, indicando que este modelo teórico é o que mais se aproxima dos dados obtidos experimentalmente (Puchana-Rosero et al. 2016; Escobar et al. 2021). Além disso, é possível verificar que o processo de adsorção ocorre rapidamente, e que 95% do corante é removido do meio aquoso em 49,41 minutos.

Tabela 1: Parâmetros cinéticos da adsorção de corante AB em MOP.

Ordem fracionária de Avrami	Concentração (mg L ⁻¹)					
	50	100	150	200	300	500
q _e (mg g ⁻¹)	63,83	149,4	236,8	328,8	511,1	544,5
SD	0,9555	3,049	3,833	2,761	8,489	8,339
R ²	0,9989	0,9983	0,9989	0,9996	0,9985	0,9991
R ² adj	0,9975	0,9958	0,9972	0,9992	0,9960	0,9974
t _{9,5} (min)	38,01	38,24	36,48	43,37	46,38	49,41



Pseudo-primeira ordem

q_e (mg g ⁻¹)	60,40	146,4	230,2	312,1	427,3	498,7
SD	2,410	4,621	8,778	15,40	32,90	45,19
R^2	0,9929	0,9957	0,9936	0,9893	0,9748	0,9641
R^2_{adj}	0,9840	0,9906	0,9859	0,9790	0,9443	0,9207

Pseudo-segunda ordem

q_e (mg g ⁻¹)	63,87	162,2	251,1	337,5	459,4	545,5
SD	0,8269	4,154	5,183	3,919	16,31	24,09
R^2	0,9982	0,9965	0,9977	0,9992	0,9935	0,9898
R^2_{adj}	0,9980	0,9923	0,9951	0,9983	0,9857	0,9773

De acordo com os dados apresentados na Tabela 2, o modelo de Liu é que apresenta maiores valores de R^2 , e menores valores de SD, quando comparado aos modelos de Langmuir e Freundlich, o que indica melhor ajuste de dados do modelo teórico aos dados experimentais (CARVALHO et al., 2019; ESCOBAR et al., 2021).

Tabela 2: Parâmetros de equilíbrio para adsorção de AB em MOP.

	Temperatura (°C)			
	25	35	45	55
Langmuir				
Q_{max} (mg g ⁻¹)	735,8	790,1	861,2	869,1
SD	34,18	31,64	31,64	30,63
R^2	0,9882	0,9907	0,9913	0,9923
R^2_{adj}	0,9721	0,9776	0,9792	0,9817
Freundlich				
K_F ((mg g ⁻¹ (mg L ⁻¹) ^{-1/nF})	49,52	47,90	47,13	53,00
SD	64,07	61,92	60,523	61,93
R^2	0,9580	0,9637	0,9680	0,9685
R^2_{adj}	0,9015	0,9148	0,9243	0,9257
Liu				
Q_{max} (mg g ⁻¹)	581,6	626,9	675,7	694,2
SD	5,354	4,367	1,942	3,135
R^2	0,9996	0,9999	0,9999	0,9999
R^2_{adj}	0,9987	0,9996	0,9999	0,9997

Na Figura 1 (A) são apresentadas as curvas cinéticas para adsorção de AB (500 mg L⁻¹) em MOP, está concentração foi escolhida para demonstração por representar a maior quantidade de AB adsorvido em MOP. Já na Figura 1(B) são apresentadas as isotermas de adsorção à 55°C, está temperatura foi escolhida para demonstração porque representa a maior capacidade de adsorção de AB em MOP.

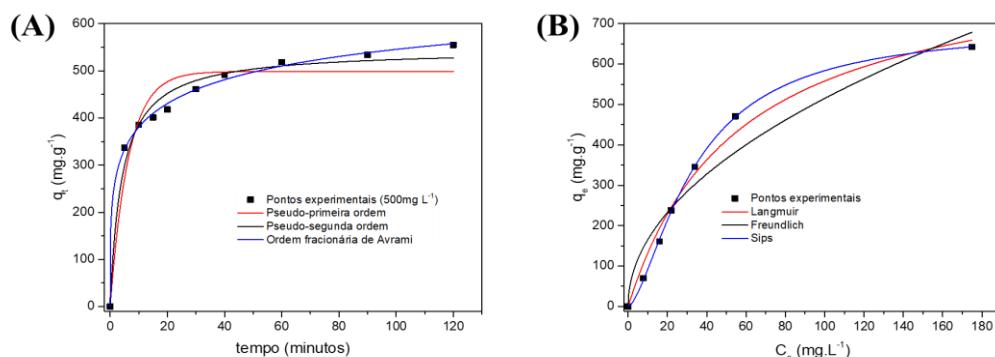


Figura 1: (A) Curvas cinéticas de adsorção para concentração de 500 mg L⁻¹; (B) Isotermas de adsorção à 55°C.

4. CONCLUSÕES

Foi possível produzir um bioadsorvente a partir de polpa de Moringa oleifera que apresenta boa capacidade de adsorver o corante azul brilhante FCF do meio aquoso. Verificou-se que os dados experimentais melhor se ajustaram ao modelo isotérmico de Liu, com o qual se observou capacidade máxima de adsorção de 694.2 mg g⁻¹. PMO apresentou rápida cinética de adsorção do corante AB e os dados cinéticos foram melhor ajustados ao modelo fracionário de Avrami.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADENIYI, A. G.; IGHALO, J. O. Biosorption of pollutants by plant leaves: An empirical review. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, Nigeria, v. 7, n. 3, p. 103100, 2019.
- CARVALHO, C. DE O.; RODRIGUES, D.L.C.; LIMA, E.C.; UMPIERRES, C.S.; CHAGUEZAC, D.F.C.; MACHADO, F.M. Kinetic, equilibrium, and thermodynamic studies on the adsorption of ciprofloxacin by activated carbon produced from Jerivá (*Syagrus romanzoffiana*). **Environmental Science and Pollution, Research**, Brazil, v. 26, n. 5, p. 4690–4702, 2019.
- ESCOBAR, O. DOS S.; DE AZEVEDO, C.F.; SWAROWSKY, A.; ADEBAYO, M.A.; NETTO, M.S.; MACHADO, F.M. Utilization of different parts of *Moringa oleifera* Lam. seeds as biosorbents to remove Acid Blue 9 synthetic dye. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, Brazil, v. 9, n. 4, p. 105553, 2021.
- PUCHAN-ROSERO, M.J.; ADEBAYO, M.A.; LIMA, E.C.; MACHADO, F.M.; THUE, P.S.; VAGHETTI, J.C.P.; UMPIERRES, C.S.; GUTTERRES, M. Microwave-assisted activated carbon obtained from the sludge of tannery-treatment effluent plant for removal of leather dyes. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, Brazil, v. 504, p. 105–115, 2016.
- ŞENOL, Z.M.; GÜRSOY, N.; ŞİMŞEK, S.; ÖZER, A.; KARAKUŞ, N. Removal of food dyes from aqueous solution by chitosan-vermiculite beads. **International Journal of Biological Macromolecules**, Turkey, v. 148, p. 635–646, 2020.