



CONGRESSO BRASILEIRO  
DE ENGENHARIA QUÍMICA EM  
INICIAÇÃO CIENTÍFICA

21-24 Julho de 2019  
Uberlândia/MG



## ESTUDO CINÉTICO DO PECÍOLO DE BURITI COMO BIOSSORVENTE DO CORANTE AZUL DE METILENO

A. R. de OLIVEIRA<sup>1</sup>, G. Thompson, R. N. da CUNHA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centro Universitário de Patos de Minas, Departamento de Engenharia Química  
E-mail para contato: anamariardo@gmail.com

**RESUMO** – As indústrias têxteis estão entre as empresas que mais utilizam corantes durante o processo produtivo, entretanto, devido à baixa taxa de fixação ao longo de seu processamento, grande parcela é descartada nos efluentes industriais. Nesse sentido, o processo de adsorção empregando descartes agrícolas destaca-se como um método alternativo para o tratamento desses efluentes, devido ao custo reduzido e significativa eficiência na remoção dos poluentes. Dentro desse contexto, o presente estudo objetivou avaliar a capacidade do pecíolo de Buriti (*Mauritia flexuosa* L.f.) sobre a adsorção do corante azul de metileno. Os ensaios experimentais foram conduzidos em sistema batelada, determinando-se o ponto de carga zero, a cinética de adsorção e o ajuste dos modelos teóricos preditivos. O ponto de carga zero ( $pH_{PZC}$ ) obtido para o pecíolo de Buriti foi de 6,5. O adsorvente se mostrou satisfatório, pois apresentou porcentagens de remoção de corante acima de 90%. Os estudos cinéticos revelaram que a equação de Pseudo-segunda ordem forneceu os melhores ajustes aos dados experimentais.

### 1. INTRODUÇÃO

A indústria têxtil é uma das principais atividades industriais no mundo, representando no Brasil 5% do PIB nacional. O setor têxtil necessita de grandes quantidades de água em seus processos, ou seja, 15% de toda água industrial no país. A água elimina resíduos indesejáveis nas fibras e também transporta produtos químicos até o tecido, como, por exemplo, os corantes. Sendo assim, os efluentes das indústrias têxteis são significativamente contaminados e coloridos (COGO, 2011).

Alguns processos são utilizados para amenizar a concentração de corantes nos efluentes, sendo a adsorção vista como a mais eficaz e economicamente viável. Todavia, adsorventes com alto potencial de remoção possuem elevado custo o que dificulta sua aplicação na escala industrial, a título de exemplo o carvão ativado, que possui grande poder de adsorção, porém seu uso torna-se excessivamente dispendioso (SILVA et al., 2012).

No segmento de bioassorventes cita-se o pecíolo (caule foliar) do Buriti como adsorvente alternativo para remoção de corantes e outros contaminantes. O Buriti (*Mauritia flexuosa* L.F.) é uma palmeira encontrada na região amazônica, próxima a áreas alagadas. É uma importante fonte de renda na região, sendo matéria-prima para fabricação de diversos produtos, como artesanatos, brinquedos, doces, picolés e produção de álcool combustível.



Rico em vitamina A, é bastante utilizado na culinária local. O óleo extraído dos frutos vem sendo utilizado na fabricação de protetor solar e desodorante corporal (CYMERYS, 2010).

Pesquisas envolvendo o pecíolo de Buriti como adsorvente de corantes, dentre eles o azul remazol, vêm sendo realizadas no âmbito científico. Silva et al. (2012) verificaram que o processo é influenciado por diversos fatores, tais como carga superficial do adsorvente, pH, tempo de equilíbrio e concentração inicial do corante. Nesse sentido, o presente estudo visa verificar a eficácia do pecíolo de Buriti sobre a adsorção do azul de metileno, corante presente em efluentes têxteis industriais. Faz ainda parte do escopo desta pesquisa o estudo cinético da adsorção e a determinação do ponto de carga zero.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1. Material adsorvente

A coleta do biomaterial foi realizada em uma fazenda no município de Brasilândia de Minas, cidade localizada no Noroeste de Minas Gerais. O material coletado foi envolto em plástico escuro, evitando-se desse modo sua exposição à luz e armazenado em local seco. Posteriormente as amostras foram conduzidas ao Laboratório de Engenharia Química-UNIPAM. Como objeto de estudo utilizou-se o caule foliar do buritizeiro, conhecido como pecíolo, o qual foi picado e triturado em liquidificador industrial marca METVISA. O material *in natura* foi submetido a um conjunto de peneiras vibratórias para classificação granulométrica das partículas.

### 2.2. Preparo das soluções de corante azul de metileno

As soluções de azul de metileno foram obtidas pela diluição do reagente PA. em pó, sendo preparadas soluções nas concentrações de 0,1 a 30  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , utilizando-se para tanto, água destilada e deionizada. Os ajustes no valor de pH foram realizados com adição de ácido clorídrico ( $0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ) ou hidróxido de sódio ( $0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ). Para monitorar o processo de adsorção do corante adotou-se o comprimento de onda de 661nm (espectrofotômetro UV/Vis marca Genesys 10uv). O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) da curva de calibração foi de 0,9984, indicativo de boa linearidade dos pontos e elevado ajuste aos dados experimentais.

### 2.3. Ponto de carga zero

Para o pecíolo de Buriti avaliou-se o ponto de carga zero, definido como o pH em que a superfície do sólido possui carga neutra. O mesmo foi obtido adicionando-se 0,1 g do biossorvente em 25 mL de solução de  $\text{NaCl}$  ( $0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ) com pH variando de 1 a 12. Tais pHs foram ajustados com soluções de  $\text{HCl}$  ( $0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ) e  $\text{NaOH}$  ( $0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ) utilizando-se o pHmetro marca MS Tecnopen. As misturas ficaram em contato por 24 h sendo essas, posteriormente, filtradas. Para os filtrados obtidos foram avaliados seus pHs. Os resultados foram expressos por meio do gráfico de pH final versus pH inicial, sendo que o  $\text{pH}_{\text{PCZ}}$  corresponderá à faixa em que o pH final se mantiver constante (independentemente do pH inicial), ou seja, a superfície comporta-se como um tampão.

## 2.4. A cinética de adsorção

Para a determinação da cinética de adsorção, adicionaram-se 0,5 g de adsorvente a 100 mL de solução de adsorbato, mantidas constantes as condições operacionais: concentração de corante (22,4 mg.L<sup>-1</sup>), pH (7) e granulometria (-9+16 mesh). Os ensaios foram repetidos em intervalos distintos de tempo até obtenção do equilíbrio. Após a adsorção as amostras foram submetidas à filtração, sendo determinadas as concentrações das soluções remanescentes por meio de técnicas espectrofotométricas. Para o estudo cinético, os resultados experimentais foram ajustados aos modelos teóricos descritos na Tabela 1.

Tabela 1- Modelos matemáticos de cinética de adsorção

Designação do modelo	Modelo
Pseudo-primeira ordem	$q_t = q_e(1 - e^{-k_1 t})$
Pseudo-segunda ordem	$q_t = q_e^2 k_2 t / (1 + q_e k_2 t)$
Weber e Morris	$q_t = k_d t^{1/2} + c$
Elovich	$q_t = \frac{1}{\beta} \ln(\alpha\beta) + \frac{1}{\beta} \ln t$

Fonte: Nascimento (2014)

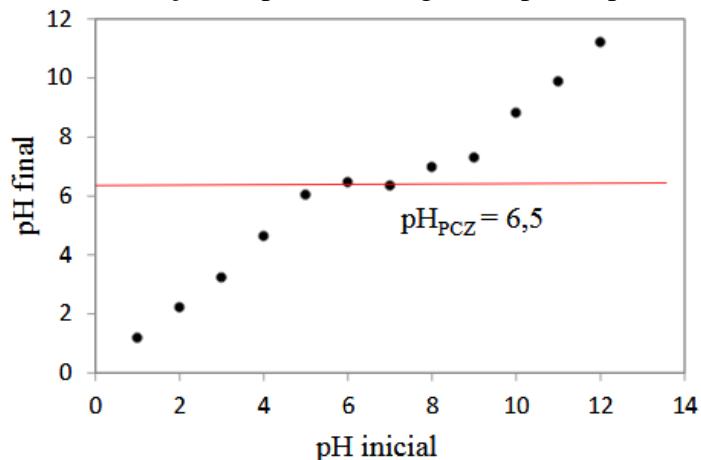
## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1. Ponto de carga zero

Dentre os parâmetros que afetam a capacidade de adsorção dos cátions metálicos no bioadsorvente destaca-se o pH do meio, devido à competição existente por sítios ativos e espécies protônicas e os íons metálicos (VAGHETTI, 2009). O estudo pH<sub>PCZ</sub> do adsorvente indica o valor de pH no qual um sólido apresenta carga eletricamente nula em sua superfície, ou seja, o número de cargas positivas é igual ao número de cargas negativas. Quando o pH da solução é menor do que o pH<sub>PCZ</sub> do material sólido a superfície deste ficará carregada positivamente, enquanto que se o pH da solução for maior do que o pH<sub>PCZ</sub> do material sólido a superfície deste ficará carregada negativamente (DEOLIN, 2013). Silva et al. (2012) acrescentam que este parâmetro se destaca na avaliação da adsorção pois permite predizer os efeitos do pH sobre a carga na superfície do adsorvente. A Figura 1 explicita a relação entre o pH inicial e o pH final obtida para o pecíolo de Buriti.

Observa-se pela Figura 1 que o ponto de carga zero, que se dá pela média aritmética dos pontos que possuem pH final constante, sendo esse de 6,5. Ressalta-se que quando se empregam soluções com pH acima do ponto de carga zero, a superfície se carrega negativamente, adsorvendo cátions, sendo mais eficaz no emprego de corantes catiônicos (DEOLIN et al., 2013). Destaca-se que o corante orgânico azul de metileno, tem como nomenclatura química cloridrato de metiltiamina, e composição química C<sub>16</sub>H<sub>18</sub>SN<sub>3</sub>Cl·3H<sub>2</sub>O. Trata-se de um corante catiônico, ou seja, em solução aquosa, dissocia-se em cátions de azul de metileno (MERCK & CO, 1952). Portanto, a adsorção ocorre de modo mais efetivo para as condições de pH acima do ponto de carga zero.

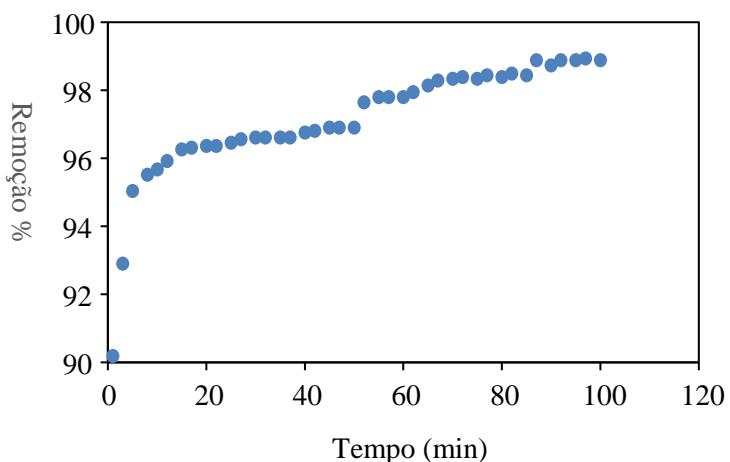
Figura 1- Determinação do ponto de carga zero para o pecíolo de Buriti



### 3.2. Cinética de adsorção

A cinética representa a velocidade de adsorção das moléculas do adsorbato na superfície do adsorvente. Os resultados da cinética são apresentados na Figura 2, em que se evidencia que o estado estacionário, ou seja, tempo de equilíbrio é atingido após 87 minutos. Observa-se que já no primeiro minuto ocorre uma remoção de 90 % e que o percentual de remoção de azul de metileno atinge 98,6%, demonstrando que o pecíolo de Buriti se mostra um adsorvente com alta eficiência em um curto período de tempo.

Figura 2 - Efeito do tempo na adsorção de azul de metileno em pecíolo de Buriti



Lima (2017) ao empregar o pecíolo de Buriti em seus estudos, observou um percentual de remoção de 60% no primeiro minuto, e seu tempo de equilíbrio foi atingido após 30 minutos de ensaio, além de obter um valor máximo de 95 %. Essa discrepância se deve à diferença dos métodos aplicados, uma vez que o autor utilizou ensaio contínuo em coluna de leito fixo.

Segundo Silva (2005) o mecanismo de adsorção de corantes pode envolver quatro estágios: (a) difusão de moléculas da solução para a camada periférica do adsorvente; (b)

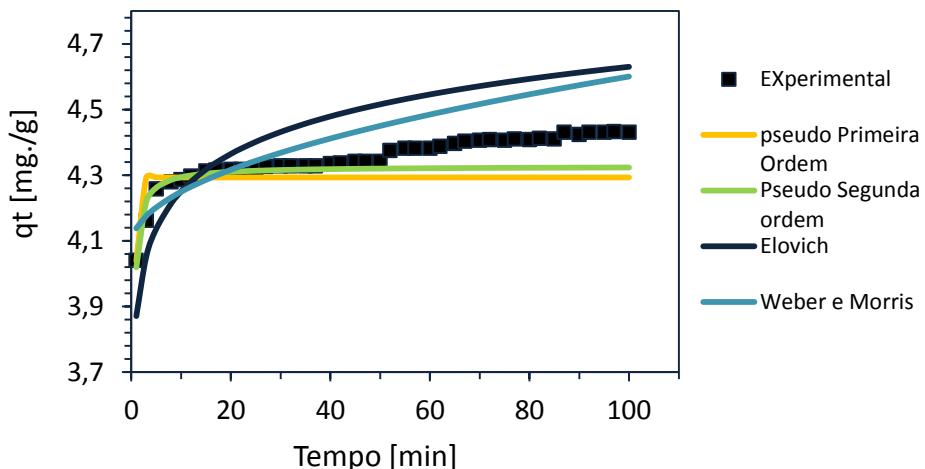
difusão das moléculas na interface e adsorção pelos sítios da superfície externa; (c) difusão de moléculas para dentro dos poros do adsorvente (difusão intrapartícula); (d) interação das moléculas com os sítios disponíveis na superfície interna, ligando aos espaços porosos e capilares do adsorvente. Destaca-se que a velocidade de adsorção e a quantidade de corante adsorvida dependem de um ou mais estágios indicados e estão relacionadas às interações eletrostáticas entre adsorvente/adsorbato quando o adsorvente possui uma carga superficial. Visando avaliar a etapa determinante na velocidade de adsorção do azul de metileno pelo pecíolo de Buriti, modelos cinéticos teóricos foram empregados sendo suas constantes e coeficientes de determinação explicitados pela Tabela 2.

Os resultados apontam que processo de adsorção se ajustou melhor ao mecanismo de Pseudo-segunda ordem, fato esse evidenciado pelo coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 0,9939 e pelo erro menor que 0,05. A predição pelo modelo de Pseudo-segunda ordem revela que o processo envolve um mecanismo de adsorção ativado ou quimissorção, e que é um tipo de adsorção de caráter intermediário entre a adsorção química e física (FUNGARO; BORRELY; CARVALHO, 2010). O resultado também foi confirmado pelo melhor ajuste dos valores experimentais de  $q_t$  em relação aos preditos pelo modelo (Figura 3).

**Tabela 2 – Ajuste de modelos teóricos para predição de cinética de adsorção**

Modelos	Parâmetros dos modelos	$R^2$	SE
Pseudo-primeira ordem	$K_1 = 2,825 \text{ min}^{-1}$ $q_e \text{ CAL} = 4,293 \text{ mg.g}^{-1}$ $q_e \text{ EXP} = 4,430 \text{ mg.g}^{-1}$	0,9674	0,024
Pseudo-segunda ordem	$K_2 = 3,018 \text{ g.mg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ $q_e \text{ CAL} = 4,327 \text{ mg.g}^{-1}$ $q_e \text{ EXP} = 4,430 \text{ mg.g}^{-1}$	0,9939	0,004
Elovich	$\alpha = 2,56E+09 \text{ mg.g}^{-1}.\text{min}^{-1}$ $\beta = 6,062 \text{ g.mg}^{-1}$	0,8708	0,093
Weber e Morris	$K_d = 0,051 \text{ mg.g}^{-1}.\text{min}^{-0,5}$ $C = 4,087 \text{ mg.g}^{-1}$	0,9701	0,022

**Figura 3- Resultados experimentais e ajuste dos modelos cinéticos de adsorção**





## 4. CONCLUSÃO

A partir dos estudos de adsorção de azul de metileno utilizando pecíolo de Buriti ressalta-se que:

- O ponto de carga zero obtido para o biossorvente foi de 6,5, ou seja, a adsorção de azul de metileno é favorecida em soluções com pH acima do ponto de carga zero.
- O pecíolo de Buriti se mostrou ser eficaz frente à adsorção do corante azul de metileno, obtendo-se remoções acima de 90%.
- Os resultados apontam que a utilização do pecíolo do Buriti apresenta ser uma alternativa vantajosa, econômica e ambientalmente viável.

## 5. REFERÊNCIAS

COGO, Marina da Cunha. *Estudo de caracterização e disposição dos resíduos de uma indústria têxtil do estado do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, Escola de engenharia da UFRGS, 2011

CYMERYS, Margareth. *Buriti, frutíferas e plantas úteis na vida amazônica*. 2. ed. *Mauritia flexuosa* L.f. Centro Internacional para Pesquisa Florestal (Cifor), 2010

DEOLIN, Mara Helen da Silva et al. Obtenção do ponto de carga zero de materiais adsorventes. In: ENCONTRO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA CESUMAR, 8º ed. 2013, Maringá. Anais. Maringá: Cesumar, p. 1 -4. 2013

FUNGARO, Denise Alves; BORRELY, Sueli I.; CARVALHO, Terezinha E. M. Remoção do corante reativo Laranja 16 de solução aquosa usando zeólita de cinzas de carvão modificada por surfactante. In: Congresso internacional de tecnologias para o meio ambiente, 2º Ed., 2010, Bento Gonçalves - RS. Anais. São Paulo - SP: IPE. p. 1 - 8.2010

LIMA, Sara Nepomuceno Patriota. *Caracterização das fibras de buriti e sua aplicabilidade como adsorvente de metais e corantes*. 2017, 97 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Biotecnologia, Universidade Federal do Tocantins, Gurupi - TO, 2017

MERCK E CO. *The Merck Index of Chemical and Drugs*. Rahway, Merck & CO., Inc. 1952.

NASCIMENTO, Ronaldo Ferreira do; LIMA, Ari Clecius Alves de; VIDAL, Carla Bastos; MELO, Diego de Quadros; RAULINO, Giselle Santiago Cabral. *ADSORÇÃO: Aspectos teóricos e aplicações ambientais*. Fortaleza: Imprensa Universitária, p. ,2014

SILVA, A. T. *Influência da temperatura na adsorção do corante azul de metileno utilizando serragem de Pinus Elliottii como um adsorvente alternativo: um modelo para o tratamento de efluentes têxteis*. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

SILVA, Domingos S. A. et al. Adsorção do corante têxtil azul remazol por pecíolo de buriti (*Mauritia flexuosa* L.f.). *Cadernos de Pesquisa*, São Luis - MA, v. 19, ed. especial, p.138146, jul. 2012.

VAGHETTI, J. C. P. *Utilização de Biossorventes para Remediação de Efluentes Contaminados por Íons Metálicos*. 2009. 99f. Tese (Doutorado em Química). Programa de Pós-Graduação em Química. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.