

Estudo da remoção de corante azul de metileno de soluções aquosas usando o bambu in natura (*Bambusa Vulgaris*) como adsorvente.

Study of the removal of methylene blue dye from aqueous solutions using in natura bamboo (*Bambusa Vulgaris*) as adsorbent.

Estudio de la eliminación del colorante azul de metileno de soluciones acuosas utilizando bambú in natura (*Bambusa Vulgaris*) como adsorbente.

Recebido: 18/04/2022 | Revisado: 25/04/2022 | Aceito: 02/05/2022 | Publicado: 04/05/2022

Alrivan Gomes do Rêgo Júnior

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1957-2450>
Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Brasil
E-mail: alrivanjunior@hotmail.com

Geraldine Angelica Silva da Nobrega

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2729-1197>
Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Brasil
E-mail: geraldinenobrega@ufersa.edu.br

Ruthilene Catarina Lima da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4108-7873>
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Brasil
E-mail: ruthlene.lima@ifrn.edu.br

Diego Ângelo Araújo Gomes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7370-5966>
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Brasil
E-mail: diego.gomes@ifrn.edu.br

Resumo

Preocupações com o meio ambiente e com a saúde pública têm impulsionado a busca por adsorventes in natura, chamados de biossorventes, para serem usados em processos de adsorção no tratamento de efluentes industriais. O objetivo deste trabalho foi estudar a eficiência do bambu (*Bambusa Vulgaris*) na condição in natura como adsorvente na remoção do azul de metileno de solução aquosa, pois apresentam colmos que podem ultrapassar 6 metros de altura e 5 centímetros de diâmetro. Para os testes cinéticos as amostras foram agitadas e após intervalos apropriados de tempo de contato foram retiradas alíquotas para determinação de suas concentrações, os dados obtidos foram analisados de acordo com os modelos cinéticos de pseudo primeira ordem e pseudo segunda ordem, bem como o material foi caracterizado através de análise de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). Os resultados mostraram uma cinética de adsorção de segunda ordem, com um percentual de remoção em torno de 90%, com um tempo de equilíbrio de 840 min, com uma capacidade adsorptiva q_e de 35,7 mg/g de material adsorvente. Confirmou-se que o uso do bambu in natura como adsorvente torna-se uma técnica ecologicamente eficiente em processos de adsorção para tratamento de efluentes contendo este tipo de corante.

Palavras-chave: Bambu; Adsorção; Azul de metileno; Cinética.

Abstract

Concerns about the environment and public health have driven the search for in natura adsorbents, called biosorbents, to be used in adsorption processes in the treatment of industrial effluents. The objective of this work was to study the efficiency of bamboo (*Bambusa Vulgaris*) in the in natura condition as an adsorbent in the removal of methylene blue from aqueous solution, as they have culms that can exceed 6 meters in height and 5 centimeters in diameter. For the kinetic tests, the samples were shaken and after appropriate intervals of contact time, aliquots were removed to determine their concentrations, the data obtained were analyzed according to the pseudo first order and pseudo second order kinetic models, as well as the material was characterized through Scanning Electron Microscopy (SEM) analysis. The results showed a second order adsorption kinetics, with a removal percentage around 90%, with an equilibrium time of 840 min, with an adsorptive capacity q_e of 35.7 mg/g of adsorbent material. It was confirmed that the use of in natura bamboo as an adsorbent becomes an ecologically efficient technique in adsorption processes for the treatment of effluents containing this type of dye.

Keywords: Bamboo; Adsorption; Methylene blue; Kinetics.

Resumen

Las preocupaciones por el medio ambiente y la salud pública han impulsado la búsqueda de adsorbentes in natura, denominados biosorbentes, para ser utilizados en procesos de adsorción en el tratamiento de efluentes industriales. El objetivo de este trabajo fue estudiar la eficiencia del bambú (*Bambusa Vulgaris*) en estado in natura como adsorbente en la remoción de azul de metileno de solución acuosa, ya que presentan tallos que pueden superar los 6 metros de altura y los 5 centímetros de diámetro. Para las pruebas cinéticas, las muestras se agitaron y luego de intervalos adecuados de tiempo de contacto, se retiraron alícuotas para determinar sus concentraciones, los datos obtenidos se analizaron según los modelos cinéticos de pseudo primer orden y pseudo segundo orden, así como también se caracterizó el material a través del análisis de microscopía electrónica de barrido (SEM). Los resultados mostraron una cinética de adsorción de segundo orden, con un porcentaje de remoción en torno al 90%, con un tiempo de equilibrio de 840 min, con una capacidad de adsorción de 35,7 mg/g de material adsorbente. Se comprobó que el uso de bambú in natura como adsorbente se convierte en una técnica ecológicamente eficiente en procesos de adsorción para el tratamiento de efluentes que contienen este tipo de colorante.

Palabras clave: Bambú; Adsorción; Azul de metileno; Cinética.

1. Introdução

A atividade industrial seja ela nos ramos químicos, farmacêuticos, têxteis, cosméticos, cresce cada dia mais, tendo uma alta variabilidade de corantes produzidos nesses setores. Os problemas inerentes a essa produção vêm se destacando cada vez mais, sendo estes de cunho ambiental que preocupa a poluição das águas sejam elas superficiais ou subterrâneas. Diante desse contexto, a indústria têxtil é a que mais requer uma atenção especial, pois geram grandes volumes de efluentes que se não tratados podem causar desastres ambientais. Existem atualmente tecnologias disponíveis que utilizam métodos físico – químico (floculação, oxidação química, fotocatalise, ozonização, irradiação, troca iônica e adsorção) para auxiliarem na remoção de vários corantes em soluções aquosas. Tendo a última uma superioridade entre as demais devido à alta eficiência, seu baixo custo e a não formação de substâncias nocivas (Abdulhameed et al., 2019; Beltran et al., 2020).

Segundo (Upendar & Adhikari, 2017) a indústria têxtil representa um papel fundamental na economia de muitos países, requerem em sua atividade grandes quantidades de água sendo uma das maiores produtoras de efluentes líquidos, onde normalmente possuem cerca de 0,6 – 0,8 g/L de corante, porém a grande preocupação se dá a estabilidade os corantes os tornam difíceis de serem degradados.

A coloração de tecidos e fios é uma das etapas do setor têxtil onde se demanda alto consumo de água e, portanto, seus efluentes são ricos em corantes, que em grandes proporções, dificultam a quantidade e qualidade da luz que penetra nas camadas mais profundas dos corpos hídricos, provocando alterações e o desequilíbrio da biota aquática e, em alguns casos, a toxicidade aguda e crônica desses ecossistemas (Yilmaz et al., 2021). Além disso, a etapa de coloração com corantes catiônicos produz emissões de calor poluindo o ar, geram resíduos sólidos poluindo o solo e a água com os banhos residuais de tingimento (Abdulhameed et al., 2019).

Dentre os corantes usados na indústria, o corante catiônico azul de metileno apresenta amplo uso no tingimento do algodão, madeira e seda, porém, ele apresenta efeitos prejudiciais, tanto para o ecossistema aquático, quanto para os seres humanos, nestes últimos podendo causar náuseas, vômitos, hipertensão, aumento da frequência cardíaca dor de cabeça intensa, necrose do tecido humano. Além disso, a degradação deste corante pode levar a geração de subprodutos altamente tóxicos para o corpo humano (Brião et al., 2018; Yilmaz et al., 2021).

O processo de adsorção pode ser influenciado principalmente por diversos fatores como; variações de temperatura, de pressão, área superficial, velocidade de agitação, pH, tempo de residência, dose adsorvente e as características físicas do material utilizado (Badawi et al., 2021; Zhou et al., 2019).

Em relação aos adsorventes, diversos estudos apontam o carvão ativado como bom adsorvente devido à sua estrutura porosa, grande área superficial e elevada capacidade adsorvente (Adib et al., 2017). Porém, seu elevado custo de produção pode tornar seu uso em processos de tratamento de efluentes por adsorção economicamente inviável (Xavier et al., 2021).

Desta forma, por se tratarem de matéria prima renovável e de baixo custo, os adsorventes ditos como biomateriais vem sendo substituídos pelo carvão ativado, que apresenta ótimas características adsorptivas, porém um alto custo. Diversos materiais adsorventes estão sendo estudados para a remoção de contaminantes, incluindo o das indústrias têxteis (Guimarães et al., 2020). São exemplos de biosorventes: casca de soja (Cusioli et al., 2020), casca da castanha-do-pará (Georgin et al., 2018), casca de abacaxi (Antunes et al., 2018), casca de coco (Jawad et al., 2020), casca da tangerina (Beltran et al., 2020), casca de frutas cítricas (Aichour et al., 2019), bagaço de cana de açúcar (Buthiyappan et al., 2019; Siqueira et al., 2020), casca de arroz (Salem et al., 2018; Silva & Santos, 2019), casca de banana (Almeida & Santos, 2020), resíduos de milho (Ferreira et al., 2019; Ismail et al., 2019), pó de serragem (Müller et al., 2019), resíduo de acerola (Nogueira et al., 2019), entre diversos outros encontrados na literatura.

Nesse contexto se insere a possibilidade de uso do bambu, na forma in natura, em processos de adsorção, por se tratar de uma espécie com alta concentração de carbono e por apresentar características fibrovasculares que podem contribuir para uma boa eficiência de adsorção (Santana et al., 2019). Desta forma, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a eficiência de adsorção do bambu da espécie *Bambusa Vulgaris*, na forma in natura, para remoção do azul de metileno de soluções aquosas. Os dados de cinética e equilíbrio do estudo de adsorção foram processados visando entender o mecanismo de adsorção do corante no bambu in natura.

2. Metodologia

2.1 Coleta e Preparação do Bambu

O Bambu da espécie *Bambusa Vulgaris* foi coletado em uma fazenda em Fortaleza, CE, Brasil, proveniente de plantio de aproximadamente um ano e meio, após a escolha do material foram retirados os colmos e cortados em comprimentos de aproximadamente 60 cm. Foi lavado com água corrente para remoção da sujeira e seco em estufa a 80 °C por 72 h. Após esse período, foi triturado e peneirado usando um moinho de facas (SL-01, SOLAB) e retido na malha de TYLER 32, que corresponde a abertura de 0,5 mm.

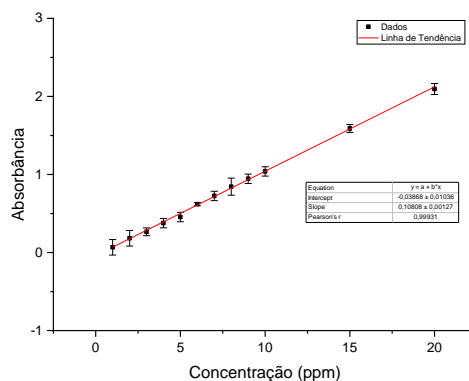
2.2 Caracterização superficial do bambu por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

As partículas com diâmetro de 0,5 mm foram colocadas em um suporte de amostra de metal usando uma fita condutora de carbono (PELCO Tabs™, Ted Pella, Inc., Redding, CA, EUA) e pulverizadas (Q150R ES, Quorum Technologies Ltd., Laughton, East Sussex, Reino Unido) com uma camada de ouro de 9 nm de espessura. Este procedimento foi usado para melhorar a condutividade do material, gerando uma imagem de melhor qualidade. As imagens foram capturadas com um detector de elétron secundário (SE) em MEV (VEGA 3 LMU, Tescan, República Tcheca), operando com um feixe de elétrons de 20 kV, realizado no laboratório de microscopia eletrônica de varredura, situado na Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA).

2.3 Determinações analíticas

A concentração de Azul de metileno (AM) foi determinada a partir da análise de absorvância na região visível usando um espectrofotômetro UV/vis (modelo IL-593-S-BI, KASUAKI), com comprimento de onda característico de 664 nm. A curva de calibração foi preparada a partir de uma solução de 1000 mg/L onde foram realizadas diluições na faixa de 1 – 20 ppm. O gráfico de absorvância versus concentração de azul de metileno apresentou um valor R^2 de 0,999 onde pode ser observado na Figura 1.

Figura 1 – Curva de Calibração Azul de metileno.



Fonte: Autores.

E a quantidade de corante adsorvido no Bambu (q_e em mg/g) foi determinada usando a Equação (1):

$$q_e = \frac{(C_0 - C_e)}{m} V \quad (1)$$

Onde C_0 (mg/L) é a concentração inicial da solução de azul de metileno, C_e (mg/L) é a concentração no equilíbrio após o contato com o Bambu, V (L) é o volume da solução, e m (g) é a massa do material adsorvente.

2.4 Cinética de adsorção

Para os testes cinéticos, realizados em triplicatas, foram adicionados 10 mg da fibra in natura a 20 mL de solução Azul de Metileno (20 mg/L) a pH de 5,35. As amostras foram agitadas e após intervalos apropriados de tempo de contato (5, 15 e 30 min, 1, 3, 6, 14, 18, 24, 38 e 48 h) alíquotas foram retiradas e as concentrações de Azul de Metileno foram determinadas.

Os dados obtidos foram analisados de acordo com os principais modelos cinéticos: o modelo de pseudo primeira ordem e pseudo segunda ordem, sendo representados pelas Equações (2) e (3), respectivamente.

$$\ln(q_e - q_t) = \ln(q_e) - K_1 t \quad (2)$$

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{K_2 q_e^2} + \frac{t}{q_e} \quad (3)$$

Onde q_e (mg/g) e q_t (mg/g) são a quantidade de azul de metileno adsorvida no equilíbrio e no tempo t (min), respectivamente, e K_1 (min^{-1}) e K_2 (g/mg. min) são respectivamente as taxas de adsorção de pseudo primeira ordem e pseudo segunda ordem.

2.5 Percentual de remoção

O percentual de remoção foi obtido através da equação 4 explicita abaixo.

$$\% \text{Remoção} = \left(\frac{C_i - C_f}{C_i} \right) * 100 \quad (4)$$

Sendo C_i a concentração inicial da solução em mg/L e C_f (mg/L) a concentração final no tempo estipulado.

3. Resultados e Discussão

Análises por microscopia eletrônica de varredura (MEV) foram realizadas na amostra de fibra de bambu in natura (Figura 2). A morfologia superficial indica a presença de células de parede fina com numerosos pits (Figura 2a). Além disso,

pode-se observar regiões com vasos em forma de fenda organizados na parede da fibra. Características similares foram apresentadas por Adeniyi et al., (2020) em seu estudo da ultraestrutura do bambu da espécie *Bambusa Vulgaris*.

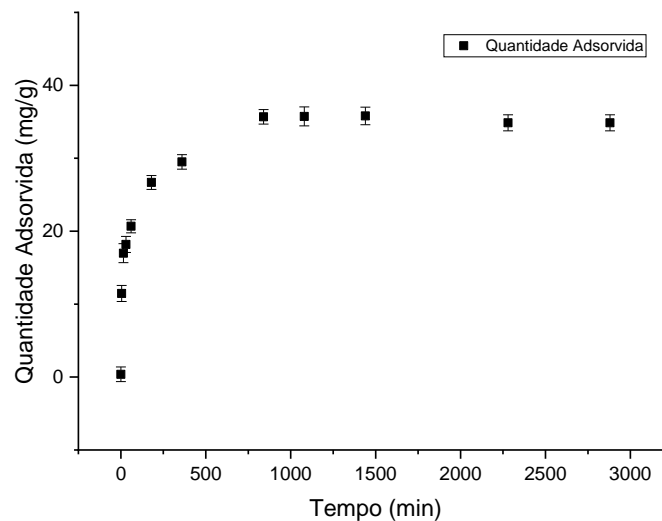
Figura 2 – Morfologia superficial obtida por microscopia eletrônica de varredura (MEV) do bambu in natura (a) ampliação de 500x (b) ampliação de 2000x.



Fonte: Autores.

Informações sobre a adsorção e seu processo, como tempo de obtenção do equilíbrio, velocidade com o qual o adsorvente adsorve as moléculas do adsorvato, podem ser obtidas através do estudo cinético (de Oliveira et al., 2018). O desenvolvimento da cinética de adsorção do azul de metileno utilizando como material adsorvente a fibra de Bambu in natura pode ser visualizada na Figura 3.

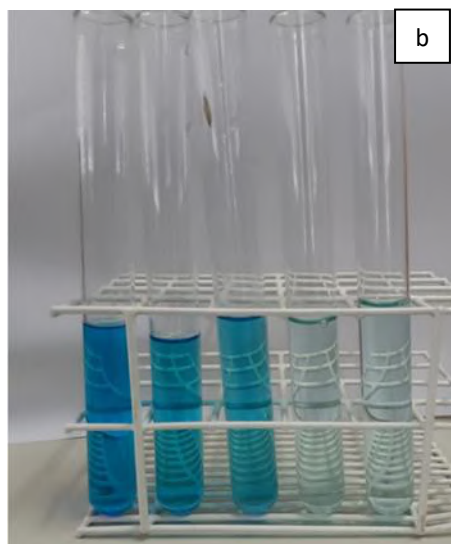
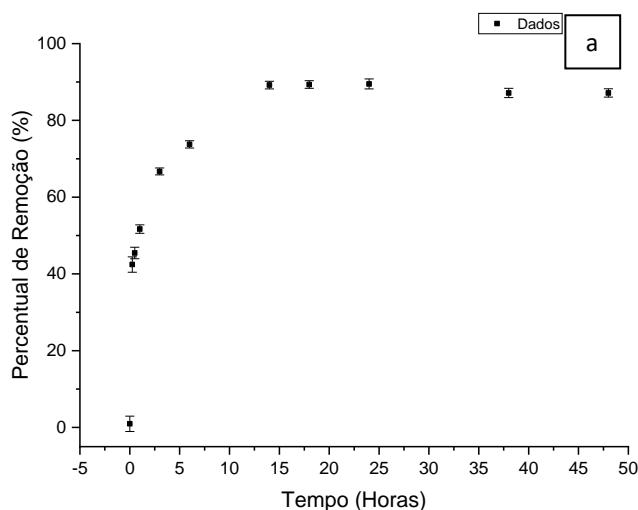
Figura 3 - Efeito do tempo de contato na quantidade adsorvida do azul de metileno na fibra de bambu in natura.



Fonte: Autores.

Conforme os resultados obtidos, observou-se que o gráfico de adsorção da fibra in natura apresentou um perfil suave, onde a velocidade de adsorção foi maior no início do processo, o que pode ser explicada devido a muitos sítios vazios no início da adsorção estarem disponíveis. O equilíbrio de adsorção foi atingido por volta de 840 min de contato (14 horas) com quantidade adsorvida, q_e , de 35,7 mg/g. Esse resultado se destaca em relação ao apresentado por Müller et al., (2019) quando estudaram a adsorção do bambu in natura da espécie *Drepanostachyum falcatum* na remoção do azul de metileno e obtiveram uma quantidade de adsorção no equilíbrio de 16 mg/g. Em seguida observa-se uma fase de adsorção lenta que se dá devido ao acúmulo de corante nos sítios adsorventes e a resistência eletrostática entre o material adsorvido, reduzindo assim a taxa de adsorção esse fenômeno é discutido por (Siqueira et al., 2020). A quantidade adsorvida reflete diretamente no percentual de remoção de azul de metileno da solução aquosa, o que pode ser observado analisando a Figura 4 que apresenta o percentual de remoção em função do tempo de contato.

Figura 4 – Percentual de remoção do azul de metileno da solução aquosa em contato com o bambu in natura.

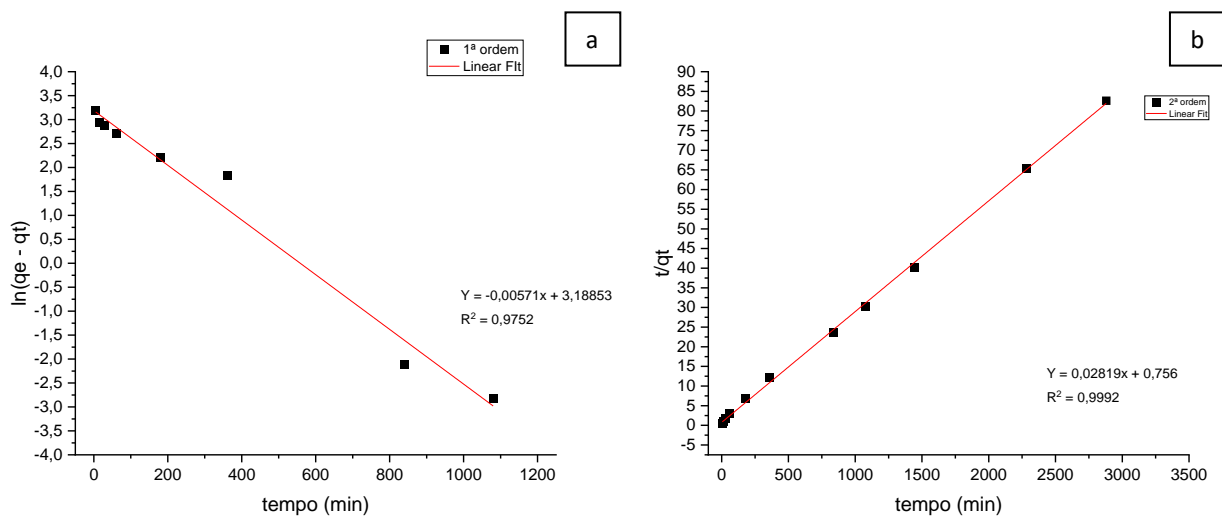


Fonte: Autores.

Foi possível identificar um crescimento gradativo no perfil de remoção do azul de metileno, atingindo aproximadamente 70% após o período de 6 horas e tendo seu pico máximo por volta das 24 horas onde apresentou cerca de 90%. Siqueira et al., (2020) encontraram máxima adsorção de azul de metileno no tempo de 24 horas, quando estudaram a adsorção desse corante no bagaço da cana de açúcar, sendo mais bem observado na figura 4b que demonstra visualmente essa remoção com em função do tempo. Após esse período observou-se leve queda, que pode estar associada ao início do processo de dessorção do material.

Para ratificar os dados experimentais, foram utilizados os modelos de pseudo primeira e pseudo segunda ordem, onde os parâmetros cinéticos de adsorção são apresentados na Tabela 1, para a concentração inicial de 20 ppm. Em posse dos resultados, observou-se que o modelo de pseudo segunda ordem foi o modelo que melhor representou os dados experimentais, pois apresentou um coeficiente de correlação, R^2 de 0,9992, que está mais próximo da unidade. A Figura 5 esboça o comportamento dos referidos modelos de forma linearizada através dos quais foi possível calcular os parâmetros presentes na Tabela 1.

Figura 5 – modelo cinético bambu *in natura*: (a) pseudo primeira e (b) pseudo segunda ordem.



Fonte: Autores.

Tabela 1 – Parâmetros dos modelos cinéticos de pseudo primeira e pseudo segunda ordem para a fibra de bambu *in natura*.

Experimental	Pseudo Primeira Ordem			Pseudo Segunda Ordem		
q_e (mg/g)	K_1 (min^{-1}) $\cdot 10^{-3}$	$q_{e,cal}$ (mg/g)	R^2	K_2 (g /mg.min) $\cdot 10^{-3}$	$q_{e,cal}$ (mg/g)	R^2
$35,7 \pm 0,5$	$5,71 \pm 0,12$	$24,25 \pm 0,2$	0,9781	$1,221 \pm 0,015$	$35,46 \pm 0,1$	0,9992

Fonte: Autores.

O melhor ajuste ao modelo de pseudo segunda ordem foi também identificado através da comparação entre os parâmetros de quantidade adsorvida no equilíbrio q_e , determinada experimentalmente e calculada, onde para o modelo de primeira ordem a $q_{e,cal}$ (calculada) não está de acordo com a experimental, como observado pelos valores mostrados na Tabela 1. Este dado comprova que o processo pode não ser ajustado à equação de pseudo primeira ordem. Já os parâmetros obtidos pelo modelo de pseudo segunda ordem mostram uma boa correlação entre o valor q_e calculada e o experimental. Isto indica que a adsorção obedece ao modelo de pseudo segunda ordem. Resultado similar foi encontrado por Yilmaz et al., (2021) quando estudaram adsorção de azul de metileno usando resíduo agrícola a base de gergelim como adsorvente. Eles constataram através de estudo cinético que a adsorção foi melhor representada pelo modelo de pseudo segunda ordem. Lima et al., (2020) e El Alouani et al., (2019) também encontraram dados de adsorção cinética melhor representados pelo modelo de pseudo segunda ordem em seus estudos com de hidrocarbões de resíduos têxteis e geopolimero a base de metacaulim.

4. Conclusão

Os resultados obtidos demonstraram que o bambu *in natura* é uma alternativa ecologicamente correta, pois além de ser um bioadsorvente bastante eficaz e promissor na aplicação de tratamento de efluente têxtil contaminado com azul de metileno, seu uso pode reduzir o descarte de resíduos agrícolas em aterros sanitários.

O tempo de contato foi um dos principais parâmetros para o processo de biossorção. Os estudos indicaram que o equilíbrio cinético utilizando as fibras *in natura* foi alcançado com o tempo de 14 horas de contato garantindo assim um percentual de remoção de 90%.

A cinética de adsorção foi descrita através da equação de pseudo segunda ordem obtendo valores de correlações satisfatórios que sugerem um processo químico para o mecanismo de biossorção.

Referências

- Abdulhameed, A. S., Mohammad, A. T., & Jawad, A. H. (2019). Modeling and mechanism of reactive orange 16 dye adsorption by chitosan-glyoxal/ tio₂ nanocomposite: Application of response surface methodology. *Desalination and Water Treatment*, 164, 346–360. <https://doi.org/10.5004/dwt.2019.24384>
- Adeniyi, M. I., Salaudeen, G. T., & Ojo, R. A. (2020). Ultrastructure of Bamboo (*Bambusa vulgaris* Schrad. ex J.C. Wendl.). *Tropical Plant Research*, 7(1), 171–175. <https://doi.org/10.22271/tpr.2020.v7.i1.022>
- Adib, M., Razi, M., Attahirah, M. N., Hishammudin, M., & Hamdan, R. (2017). *Factor Affecting Textile Dye Removal Using Adsorbent From Activated Carbon: A Review*.
- Aichour, A., Zaghouane-Boudiaf, H., Mohamed Zuki, F. B., Kheireddine Aroua, M., & Ibbora, C. V. (2019). Low-cost, biodegradable and highly effective adsorbents for batch and column fixed bed adsorption processes of methylene blue. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 7(5). <https://doi.org/10.1016/j.jece.2019.103409>
- Almeida, N. P., & Santos, K. G. dos. (2020). Ensino do Laboratório de Engenharia Química baseado em projeto: adsorção de gasolina empregando casca de banana. *Research, Society and Development*, 9(3), e184932716. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i3.2716>
- Antunes, E. C. E. da S., Pereira, J. E. S., Ferreira, R. L. da S., Medeiros, M. de F. D. de, & Barros Neto, E. L. (2018). remoção de corante textil utilizando a casca do abacaxi como adsorvente natural. *holos*, 3, 81–97. <https://doi.org/10.15628/holos.2018.5334>
- Badawi, A. K., Abd Elkodous, M., & Ali, G. A. M. (2021). Recent advances in dye and metal ion removal using efficient adsorbents and novel nano-based materials: An overview. In *RSC Advances* (Vol. 11, Issue 58, pp. 36528–36553). Royal Society of Chemistry. <https://doi.org/10.1039/d1ra06892j>
- Beltran, L. B., Januário, E. F. D., Araújo, L. A. de, Souza, A. C., Meloni, C. E. P., Magiero, P. E., Bergamasco, R., & Vieira, A. M. S. (2020). Processo de biossorção de corante utilizando casca de tangerina (*citrus reticulata*). *Brazilian Journal of Development*, 6(6), 41760–41771. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n6-641>
- Brião, G. v., Jahn, S. L., Foletto, E. L., & Dotto, G. L. (2018). Highly efficient and reusable mesoporous zeolite synthesized from a biopolymer for cationic dyes adsorption. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 556, 43–50. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2018.08.019>
- Buthiyappan, A., Gopalan, J., & Abdul Raman, A. A. (2019). Synthesis of iron oxides impregnated green adsorbent from sugarcane bagasse: Characterization and evaluation of adsorption efficiency. *Journal of Environmental Management*, 249. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109323>
- Cusioli, L. F., Quesada, H. B., Baptista, A. T. A., Gomes, R. G., & Bergamasco, R. (2020). Soybean hulls as a low-cost biosorbent for removal of methylene blue contaminant. *Environmental Progress and Sustainable Energy*, 39(2). <https://doi.org/10.1002/ep.13328>
- de Lima, A. F., Fagnani, H. M. C., Santos, W. L. F., & de Barros, M. A. S. D. (2020). Methylene blue adsorption in hydrocarbons textile waste. *Revista Materia*, 25(4), 1–16. <https://doi.org/10.1590/S1517-707620200004.1185>
- de Oliveira, F. M., Coelho, L. M., & de Melo, E. I. (2018). Evaluation of the adsorption process using green coconut mesocarp for removal of methylene blue dye. *Revista Materia*, 23(4). <https://doi.org/10.1590/s1517-707620180004.0557>
- el Alouani, M., Alehyen, S., el Achouri, M., & Taibi, M. (2019). Preparation, Characterization, and Application of Metakaolin-Based Geopolymer for Removal of Methylene Blue from Aqueous Solution. *Journal of Chemistry*, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/4212901>
- Ferreira, E. F., Souza, S., Ferreira, E., Duarte Batista Da Silva, L., Guedes, C., Resende, F., & Nascentes, A. L. (2019). Avaliação da capacidade adsorvente do sabugo de milho triturado Assessment of the adsorptive capacity of shrimped corncob. In *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research Braz. J. Anim. Environ. Res* (Issue 4).
- Georgin, J., Marques, B. S., Peres, E. C., Allasia, D., & Dotto, G. L. (2018). Biosorption of cationic dyes by Pará chestnut husk (*Bertholletia excelsa*). *Water Science and Technology*, 77(6), 1612–1621. <https://doi.org/10.2166/wst.2018.041>
- Guimarães, B., Silva, J. T. T., Santos, K. G., & Vieira Neto, J. L. (2020). Sequencing of unit operations for integral and sustainable peanut processing. *Research, Society and Development*, 9(6), e67963449. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i6.3449>
- Ismail, M. I., Fadzil, M. S. M., Rosmadi, N. N. F., Razali, N. R. A. M., & Mohamad Daud, A. R. (2019). Acid treated corn stalk adsorbent for removal of alizarin yellow dye in wastewater. *Journal of Physics: Conference Series*, 1349(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1349/1/012105>
- Jawad, A. H., Abdulhameed, A. S., & Mastuli, M. S. (2020). Acid-fractionalized biomass material for methylene blue dye removal: a comprehensive adsorption and mechanism study. *Journal of Taibah University for Science*, 14(1), 305–313. <https://doi.org/10.1080/16583655.2020.1736767>
- Müller, L. C., de Almeida Alves, A. A., Mondardo, R. I., & Sens, M. L. (2019). Methylene blue adsorption in *Pinus Elliottii* (Pine) and *drepanostachyum falcatum* (bamboo) sawdust. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, 24(4), 687–695. <https://doi.org/10.1590/s1413-41522019160344>
- Nogueira, G. D. R., Duarte, C. R., & Barrozo, M. A. S. (2019). Hydrothermal carbonization of acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) wastes and its application as an adsorbent. *Waste Management*, 95, 466–475. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.06.039>
- Salem, I. A., Fayed, T. A., El-Nahass, M. N., & Dawood, M. (2018). A Comparative Study for Adsorption of Methylene Blue Dye from Wastewater on to Three Different Types of Rice Ash. *Journal of Pharmaceutical and Applied Chemistry*, 4(2), 99–107. <https://doi.org/10.18576/jpac/040204>

Santana, G. M., Trugilho, P. F., da Silva Borges, W. M., Bianchi, M. L., Paes, J. B., Nobre, J. R. C., & de Medeiros Morais, R. (2019). Activated carbon from bamboo (*bambusa vulgaris*) waste using co2 as activating agent for adsorption of methylene blue and phenol2. *Ciencia Florestal*, 29(2), 769–778. <https://doi.org/10.5902/1980509828648>

Silva, M. B., & Santos, J. H. P. (2019). Estudo experimental do uso da casca de arroz na adsorção do azul de metileno. *Brazilian Journal of Development*, 5(10), 19389–19394. <https://doi.org/10.34117/bjdv5n10-165>

Siqueira, T. C. A., da Silva, I. Z., Rubio, A. J., Bergamasco, R., Gasparotto, F., Paccola, E. A. de S., & Yamaguchi, N. U. (2020). Sugarcane bagasse as an efficient biosorbent for methylene blue removal: Kinetics, isotherms and thermodynamics. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(2). <https://doi.org/10.3390/ijerph17020526>

Upendar, G., & Adhikari, K. (2017). Adsorptive removal of methylene blue dye from simulated wastewater using shale : Experiment and modelling Abatement of Fluoride from Groundwater to supply safe drinking water to Rural people View project Preparation and characterization of natural degradable nano and micro capsules using layer by layer technique View project. In *Article in Journal of the Indian Chemical Society*. <https://www.researchgate.net/publication/319153733>

Xavier, C. S. F., Crispiniano, F. F., do Nascimento, K. K. R., de Almeida, M. M., & Vieira, F. F. (2021). Drying and evaluation of sugarcane bagasse, as adsorbent of textile dyes present in aqueous solutions. *Revista Materia*, 26(1). <https://doi.org/10.1590/s1517-707620210001.1237>

Yilmaz, P., Gunduz, D., & Ozbek, B. (2021). Utilization of low-cost bio-waste adsorbent for methylene blue dye removal from aqueous solutions and optimization of process variables by response surface methodology approach. *Desalination and Water Treatment*, 224, 367–388. <https://doi.org/10.5004/dwt.2021.27206>

Zhou, Y., Lu, J., Zhou, Y., & Liu, Y. (2019). Recent advances for dyes removal using novel adsorbents: A review. In *Environmental Pollution* (Vol. 252, pp. 352–365). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.05.072>