

ESTUDO DA CINÉTICA DE ADSORÇÃO EMPREGANDO BIOMASSA DE AGUAPÉ (EICHHORNIA CRASSIPES) PARA CORANTES TÊXTEIS EM SOLUÇÕES AQUOSAS

III Congresso Online de Engenharia de Materiais. inscrições encerradas, 4ª edição, de 27/04/2021 a 30/04/2021
ISBN dos Anais: 978-65-89908-00-5

CARNEIRO; Marcelo Teixeira¹, BARROS; Ana Zuleica Bezerra², MORAIS; Alan Ícaro Sousa³, MELO; André Luiz Ferreira de Carvalho⁴, BEZERRA; Roosevelt Delano S.⁵, FILHO; Edson Cavalcanti da Silva⁶

RESUMO

RESUMOGlobalmente, as águas residuais da indústria têxtil representam uma grande preocupação ambiental, e diversos métodos de tratamento têm sido empregados para a remoção de efluentes industriais, como o método de adsorção. O objetivo desse trabalho é analisar a cinética de adsorção da biomassa de aguapé “Eichhornia crassipes” para corantes têxteis em soluções aquosas. Os bioadsorventes foram aplicados na adsorção do corante catiônico azul de metileno, no qual foram avaliados parâmetros de pH, tempo de contato e concentração do adsorvato no processo de adsorção. As biomassas de aguapé apresentaram capacidade de adsorção acima de 91% para todos os pHs na faixa de 3 a 11. O estudo cinético apontou que o processo de adsorção é melhor descrito pelo modelo cinético de pseudo-segunda ordem. Portanto, a biomassa de aguapé apresenta-se promissora como bioadsorvente na remoção de azul de metileno em meio aquoso, ao mesmo passo em que a utilização nesse contexto pode ajudar a mitigar a poluição aquática causada pelo crescimento desordenado da macrófita.

ABSTRACTGlobally, wastewater from the textile industry represents a major environmental concern, and several treatment methods have been used to remove industrial effluents, such as the adsorption method. The objective of this work is to analyse the adsorption kinetics of water hyacinth biomass “Eichhornia crassipes” for textile dyes in aqueous solutions. The bioadsorbers were applied in the methylene blue cationic dye adsorption from parameters evaluation of the pH, contact time and concentration of adsorbate in the adsorption process. The hyacinth biomasses showed adsorption capacity above 91% for all pH ranged between 3 to 11. The kinetic study showed that the adsorption process is better described by the pseudo-second order kinetic model. Thus, water hyacinth biomass is promising as a bioadsorber in the removal of methylene blue in an aqueous medium, while the use in this context can help to mitigate water pollution caused by the disordered growth of the macrophyte. Keywords: adsorption, aquatic depollution, environment, methylene blue.

1. INTRODUÇÃOGlobalmente, as águas residuais da indústria têxtil tornam-se um sério problema de saúde, segurança e meio ambiente, em virtude de sua toxicidade (TEMESGEN; GABBIYE; SAHU, 2018) e bioacumulação nos ecossistemas (VILLABONA-ORTÍZ; TEJADA-TOVAR; ORTEGA-TORO, 2020). Nesse âmbito, os corantes constituem um dos materiais mais perigosos nos efluentes industriais, podendo causar diversos problemas de saúde nos organismos vivos. Por esse motivo, a remoção de corantes de efluentes tem atraído cada vez mais atenção na última década (ALENE; ABATE; HABTE, 2020). Considerando este cenário, processos adsorventes e vários materiais adsorventes têm sido usados para descontaminação. Entre os materiais adsorventes, aqueles de origem natural são geralmente derivados de biomassa agroindustrial e têm sido notados por serem abundantes, renováveis e de baixo custo para a remediação de efluentes com metais pesados na forma ionizada (LEANDRO-SILVA et al., 2020). Seguindo esse direcionamento, estudos com a utilização de bioadsorventes têm sido desenvolvidos, com aplicação de casca de banana (TEMESGEN; GABBIYE; SAHU, 2018); casca de arroz (VERMA; SINGH; RAJENDRA, 2020); palha de carnaúba (PEREIRA et al., 2020); casca de dendê e casca de coco (LEE et al., 2018); entre

¹ IFPI, marcelo.teixeira@ifpi.edu.br

² UFPI, anazuleica2@gmail.com

³ UFPI, alanicaros@gmail.com

⁴ IFPI, andreluiz@ifpi.edu.br

⁵ IFPI, rooseveltdsb@ifpi.edu.br

⁶ UFPI, edsonfilho@ufpi.edu.br

outros. Portanto, evidencia-se o interesse científico de se produzir adsorventes com um menor custo de obtenção, os chamados adsorventes alternativos (SOUZA et al., 2020). Nesse contexto, o aproveitamento de plantas aquáticas emerge como alternativa sustentável. O uso de aguapé (*Eichhornia crassipes*), uma macrófita que causa eutrofização, pode ser uma alternativa para a biossorção de corantes. Também conhecidos como jacinto d'água, os aguapés são plantas que se proliferam em ambientes de água eutrofizadas (RIGUETO et al., 2020). Devido à sua capacidade de retenção de nutrientes, essas macrófitas podem ser benéficas para o corpo hídrico, porém, a sua proliferação ocorre de forma rápida, podendo acumular 800kg de massa verde por dia e até 480 toneladas em um ano (ALVES et al., 2003). Dessa forma, a capacidade de reprodução destas macrófitas pode ser vista como oportunidade de aproveitamento para a larga produção da sua biomassa, ao mesmo passo em que previne que se tornem poluentes aquáticos devido ao crescimento descontrolado. A sua tolerância à poluição e capacidade de absorção de nutrientes e metais pesados, a qualifica como adsorvente na recuperação de efluentes contaminados com corantes (CHAGAS et al., 2010; HOLANDA et al., 2015; SANMUGA PRIYA; SENTHAMIL SELVAN, 2017). O resíduo de aguapé é, portanto, uma possibilidade a ser considerada para a síntese de novos adsorventes na remoção de contaminantes ambientais, além de agregar valor comercial ao produto (SOUZA et al., 2020). O objetivo do trabalho é analisar a cinética de adsorção da biomassa de aguapé (*Eichhornia crassipes*) para corantes têxteis em soluções aquosas.

2. METODOLOGIA
2.1. Materiais e Reagentes Azul de metileno (C₁₆H₁₈N₃Cl, Dinâmica), Hidróxido de sódio (NaOH, Dinâmica, 98%), Ácido clorídrico (HCl, Dinâmica, 38%), Cloreto de sódio (NaCl, Dinâmica, 99%), Água destilada. Os aguapés (*Eichhornia crassipes*), foram obtidos no Parque Ambiental Matias Augusto Oliveira Matos, na cidade de Teresina, Piauí, Brasil.
2.2. Preparo do material adsorvente As raízes das plantas de aguapé foram removidas e descartadas, as plantas foram lavadas em água corrente e deixadas ao sol para secagem por três dias, em local aberto e expostos ao sol. Então, foram separados entre caules e folhas, os quais foram colocados em estufa a 50°C por 24 horas. Em seguida, ambos foram triturados separadamente e deixados em estufa a 45°C por mais 24h, e por fim, passados por uma peneira granulométrica de 425 µm.
2.3. Cinética de adsorção Os ensaios cinéticos de adsorção foram conduzidos em triplicata, à temperatura de 25 °C e pH natural da solução do corante (7,01), determinado por testes realizados previamente. As amostras de 100 mg das biomassas de folha e caule foram colocadas em contato com 20 mL das soluções de azul de metileno, onde foram mantidas sob agitação constante de 140 rpm por 4h. Após o tempo de contato, alíquotas foram centrifugadas e lidas em espectrofotômetro UV-Vis utilizando a curva de calibração pré estabelecida. Por fim, as cinéticas obtidas foram adequadas aos modelos cinéticos de pseudo-primeira e segunda ordem. A forma linearizada dos modelos cinéticos de pseudo-primeira e pseudo-segunda ordem estão expressas nas Equações 1 e 2, respectivamente (SILVA et al., 2012). Onde e

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO
3.1. Cinética de adsorção Partindo de soluções com concentração de 300,0 mg/L, as Tabelas 1 e 2 demonstram os resultados obtidos para a quantidade adsorvida e percentual de remoção do azul de metileno em função do tempo pela biomassa de caule e folha, respectivamente. Tabela 1: Dados de quantidade de corante adsorvida e eficiência da biomassa de caule de aguapé na remoção do corante, ao longo do tempo. | Tempo (min) | Massa adsorvida (mg do corante/g do adsorvente) | Eficiência (%) | 5 | 45,4657 | 82,3% | 10 | 49,1059 | 88,9% | 20 | 49,4430 | 89,5% | 30 | 49,6029 | 89,8% | 60 | 50,5566 | 91,5% | 120 | 50,4844 | 91,4% | 180 | 50,6031 | 91,6% | 240 | 50,2012 | 90,8%
 Fonte: Autor
 Tabela 2: Dados de quantidade de corante adsorvida e eficiência da biomassa de folha de aguapé na remoção do corante, ao longo do tempo. | Tempo (min) | Massa adsorvida (mg do corante/g do adsorvente) | Eficiência (%) | 5 | 37,5580 | 71,3% | 10 | 40,4165 | 77,2% | 20 | 43,8074 | 83,8% | 30 | 44,5634 | 85,3% | 60 | 45,8118 | 88,0% | 120 | 46,2912 | 88,8% | 180 | 46,2451 |

¹ IFPI, marcelo.teixeira@ifpi.edu.br

² UFPI, anazuleica2@gmail.com

³ UFPI, alanicar@gmail.com

⁴ IFPI, andreluiz@ifpi.edu.br

⁵ IFPI, rooseveltdsb@ifpi.edu.br

⁶ UFPI, edsonfilho@ufpi.edu.br

88,7% | 240 | 46,7418 | 89,9%
 Fonte: Autor Em relação às quantidades adsorvidas após o tempo de contato de 4h, cuja concentração inicial foi 300,0 mg.L⁻¹, as biomassas de caule e folha removeram aproximadamente 226,11 mg.L⁻¹ e 205,50 mg.L⁻¹ da totalidade do adsorvato, respectivamente. Por meio da Figura 1, é possível observar a cinética de adsorção do sistema, onde as taxas de remoção do corante foram rápidas durante o tempo de contato inicial. A quantidade adsorvida aumentou rapidamente com o tempo, até que o sistema entra em equilíbrio em aproximadamente 60 minutos, no qual após esse ponto não há mudança significativa de concentração, tanto para caule como para folha. De posse destes dados, os modelos de pseudo-primeira ordem e pseudo-segunda ordem foram testados para observar em qual destes ocorre um melhor ajuste dos dados experimentais, sendo possível assim, indicar o mecanismo de adsorção do azul de metileno nos biomateriais estudados. O modelo de pseudo-primeira e pseudo-segunda ordem foram plotados conforme as Figura 2 e 3, respectivamente. A partir dos gráficos, observa-se que os dados experimentais se ajustaram para o modelo de pseudo-segunda ordem, tanto para os sistemas utilizando o adsorvente folha, como para o caule, que obtiveram coeficientes de linearidade R² = 0,99996. Este modelo assume que a etapa determinante da velocidade depende das interações físico-químicas entre o adsorvato e os grupos da superfície do adsorvente, assim, descrevendo um processo de quimissorção (MIMURA et al., 2010).

4. CONCLUSÕES Diante dos resultados experimentais encontrados quanto à adsorção do corante azul de metileno pelos bioadsorventes de biomassa de caule e folha de aguapé, o presente estudo conclui que estes adsorventes podem ser aplicados no tratamento de efluentes da indústria têxtil. Analisando a remoção do corante em função do tempo, verificou-se que o modelo de pseudo-segunda ordem melhor descreve a cinética de sorção do azul de metileno. A cinética se mostrou rápida, com 91,50% e 88,03% de remoção para as biomassas de caule e folha, respectivamente, em tempo de contato de 60 minutos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS ALENE, A. N.; ABATE, G. Y.; HABTE, A. T. Bioadsorption of basic blue dye from aqueous solution onto raw and modified waste ash as economical alternative bioadsorbent. *Journal of Chemistry*, v. 2020, 2020. ALVES, E. et al. Avaliações fisiológicas e bioquímicas de plantas de aguapé (*Eichhornia crassipes*) cultivadas com níveis excessivos de nutrientes. *Planta Daninha*, v. 21, n. spe, p. 27–35, 2003. CHAGAS, O. A. et al. Aplicação da biomassa do aguapé (*Eichhornia Crassipes*) em pó na remoção de cor do vermelho congo. V CONNEPI - Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte e Nordeste de Educação Tecnológica, [S. l.], n. 1, p. sn, 2010. EL-KHAIRY, M. I. et al. Adsorption of methylene blue from aqueous solution by chemically treated water hyacinth. *Toxicological & Environmental Chemistry*, [S. l.], v. 91, n. 6, p. 1079–1094, 2009. HOLANDA, C. A. et al. Remoção do Corante Têxtil Turquesa de Remazol Empregando Aguapé (*Eichhornia crassipes*) como Adsorvente. *Orbital - The Electronic Journal of Chemistry*, [S. l.], v. 7, n. 2, 2015. LEANDRO-SILVA, E. et al. Application of Langmuir and Freundlich models in the study of banana peel as bioadsorbent of copper (II) in aqueous medium. *Revista Materia*, p. 1-12, 2020. LEE, C. L. et al., 2018. Production of bioadsorbent from phosphoric acid pretreated palm kernel shell and coconut shell by two-stage continuous physical activation via N₂ and air. *Royal Society Open Science*, v. 5, ed. 12, n.180775, 2018. MASCARENHAS, B. C. “Obtenção e funcionalização da superfície da zeólita FAU particulada e imobilizada em fibras de PLA para a adsorção de corantes”. [S. l.], 2017. MIMURA, A. M. S. et al. Aplicação da casca de arroz na adsorção dos íons Cu²⁺, Al³⁺, Ni²⁺ e Zn²⁺. *Química Nova*, [S. l.], v. 33, n. 6, p. 1279–1284, 2010. PEREIRA, J. E. et al. Carnauba straw powder treated with bentonite for copper adsorption in aqueous solution: isothermal, kinetic and thermodynamic study. *Water Science and Technology*, v. 82, n. 10, p. 2178-2192, 2020. RIGUETO, C. V. T. et al. Water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) roots, an amazon natural waste, as an alternative biosorbent to uptake a reactive textile dye from aqueous solutions. *Ecological*

¹ IFPI, marcelo.teixeira@ifpi.edu.br

² UFPI, anazuleica2@gmail.com

³ UFPI, alanicar@gmail.com

⁴ IFPI, andreluiz@ifpi.edu.br

⁵ IFPI, rooseveltdsb@ifpi.edu.br

⁶ UFPI, edsonfilho@ufpi.edu.br

Engineering, v. 150, p. 105817, 2020. ROJAS-VALENCIA, O. G. et al. Effect of thermal treatment of activated carbon fiber felt for reuse in removal of methylene blue from a synthetic wastewater. *Revista Mexicana de Ingeniera Quimica*, [S. l.], v. 19, n. 3, p. 1515–1526, 2020. SANMUGA PRIYA, E.; SENTHAMIL SELVAN, P. Water hyacinth (*Eichhorniacrassipes*) – An efficient and economic adsorbent for textile effluent treatment – A review. *Arabian Journal of Chemistry*, [S. l.], v. 10, p. S3548–S3558, 2017. SILVA, M. M. F. et al. Adsorption of an industrial anionic dye by modified-KSF-montmorillonite: Evaluation of the kinetic, thermodynamic and equilibrium data. *Chemical Engineering Journal*, [S. l.], v. 203, p. 259–268, 2012. SOUZA, J. L. et al. Potencialidades da *Eichhornia azurea* (aguapé) na remoção do corante têxtil turquesa remazol em meio aquoso: Estudo dos mecanismos cinéticos de adsorção. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 10, p. 76037-76053, 2020. TEMESGEN, F.; GABBIYE, N.; SAHU, O. Biosorption of reactive red dye (RRD) on activated surface of banana and orange peels: Economical alternative for textile effluente. *Surfaces and Interfaces*, v.12, p. 151-159, 2018. VERMA, A.; SINGH, K.; RAJENDRA, K. Synthesis and Characterization of Novel Rice Husk Hydrogel and Cross Linked Acrylic Acid-Rice Husk Hydrogel for the Adsorption of Chromium(VI) from Wastewater. *Asian Journal of Chemistry*, v. 32, n. 9, p. 2365-2370, 2020. VILLABONA-ORTÍZ, A.; TEJADA-TOVAR, C. N.; ORTEGA-TORO, R. Modelling of the adsorption kinetics of chromium (VI) using waste biomaterials. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, v. 19, n. 1, p. 401-408, 2020.

PALAVRAS-CHAVE: adsorção, azul de metileno, meio ambiente, despoluição aquática

¹ IFPI, marcelo.teixeira@ifpi.edu.br

² UFPI, anazuleica2@gmail.com

³ UFPI, alanicar@gmail.com

⁴ IFPI, andreluiz@ifpi.edu.br

⁵ IFPI, rooseveltdsb@ifpi.edu.br

⁶ UFPI, edsonfilho@ufpi.edu.br