

PRODUÇÃO DE HIDROCHAR'S E APLICAÇÃO COMO ADSORVENTES DE CORANTES EM MEIO AQUOSO

Willian da Silva¹, Alexilda Oliveira de Souza².

RESUMO

A remoção de corantes utilizando adsorventes de baixo custo é uma abordagem importante para reduzir o impacto ambiental causado pelo descarte desses compostos em corpos d'água, tornando a água residual mais segura para o meio ambiente. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi produzir materiais do tipo hidrochar e aplicar na adsorção do azul de metileno em meio aquoso. As biomassas utilizadas foram submetidas a um tratamento hidrotérmico com diferentes horas, dando origem as amostras HPC1 (24 h) e HCG3 (72 h). Através dos resultados obtidos verificou-se que as duas amostras foram capazes de remover 95% do corante. Os estudos cinéticos demonstraram que os resultados se ajustaram ao modelo cinético de pseudo-segunda ordem. Quanto ao estudo das isotermas, verificou-se que o modelo de Freundlich descreveu melhor os dados de equilíbrio na faixa de concentração investigada, sugerindo a heterogeneidade da superfície dos adsorventes, bem como que houve interações entre as moléculas adsorvidas. Os materiais produzidos foram eficientes na remoção do corante azul de metileno em meio aquoso, a rota de síntese utilizada foi simples e de baixo custo, destacando o potencial desses materiais como adsorventes para remoção de poluentes orgânicos como os corantes têxteis.

Palavras-chaves: Adsorção, corantes têxteis, resíduos agroindustriais.

ABSTRACT

The removal of dyes using low-cost adsorbents is an important approach to reducing the environmental impact caused by disposing of these compounds into water bodies, making wastewater safer for the environment. Therefore, the objective of this work was to produce hydrochar-type materials and apply them to the adsorption of methylene blue in an aqueous medium. The biomasses used were subjected to hydrothermal treatment at different times, giving rise to samples HPC1 (24 h) and HCG3 (72 h). Through the results obtained, it was verified that the two samples were capable of removing 95% of the dye. The kinetic studies demonstrated that the results fit the pseudo-second order kinetic model. Regarding the study of isotherms, it was found that the Freundlich model best described the equilibrium data in the concentration range investigated, suggesting the heterogeneity of the surface of the adsorbents, as well as that there were interactions between the adsorbed molecules. The materials produced were efficient in removing methylene blue dye in an aqueous medium. The synthesis route used was simple and low-cost, highlighting the potential of these materials as adsorbents for removing organic pollutants such as textile dyes.

Keywords: Adsorption, textile dyes, agro-industrial waste.

¹ Discente do curso de Licenciatura em Química, UESB campus Itapetinga.

² Professora Plena, DCEN - UESB, Campus de Itapetinga.

INTRODUÇÃO

A preservação ambiental é um tema bastante discutido e debatido principalmente devido a fatores como o crescimento populacional, o aumento da atividade industrial com significativa geração de resíduos e o rápido desenvolvimento econômico. Uma grande quantidade de águas residuais é gerada em todo o mundo e não é coletada e nem tratada, entre estas, estão as águas contaminadas por corantes. Devido ao grande volume gerado, as águas residuais oriundas da indústria têxtil se destacam, chamando a atenção dos pesquisadores e dos órgãos de controle ambiental (DAI et al., 2023; WEI; SHEN; LIU, 2022). Águas residuais industriais, incluindo têxteis e plásticos, contêm corantes que prejudicam a fotossíntese e representam riscos cancerígenos e tóxicos para o ecossistema e a saúde humana (Guo et al., 2022; Miao et al., 2022). Sendo assim, a necessidade de tecnologias ambientalmente amigáveis para tratar esses poluentes, sendo isso de suma importância.

Nesse contexto, a adsorção tem se destacado devido a elevada eficiência, por gerar baixa quantidade de resíduos, bem como por possibilitar a reutilização do adsorvente (CARVALO, 2010). A adsorção é um fenômeno que tem como definição a adesão de uma espécie química (adsorbato) na superfície de um sólido (adsorvente), podendo ter troca de elétrons (quimissorção) ou não troca de elétrons (fisissorção) entre essas espécies (Chiou, 2002).

Como a adsorção envolve o estudo da remoção de moléculas específicas conforme o tempo de contato e possíveis interações, existem diversos modelos matemáticos que fazem os ajustes do processo de sorção, indicando quais os tipos de interações podem estar ocorrendo. Os principais modelos utilizados são as isotermas de Langmuir (1918), que se baseia no princípio de que a adsorção ocorre na superfície do adsorvente, onde apenas sítios específicos irão interagir com o adsorbato, ocupando assim um número finito de sítios, ocorrendo à formação de monocamadas e, Freundlich (1906), que propõe que os sítios de ligação do adsorvente são ocupados exponencialmente, formando múltiplas camadas, isso indica também a heterogeneidade da superfície do material adsorvente, onde mais de um sítio de ligação irá interagir com o adsorbato, ocupando esses sítios de ligação de forma decrescente (PODKOSCIELNY; NIESZPOREK, 2011, SABER-SAMANDARI; HEYDARIPOUR, 2015).

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo desenvolver materiais alternativos de baixo custo do tipo hidrochar's. Tais materiais são na maioria das vezes, produzidos utilizando biomassas de caroços de frutas, cascas e palhas submetidas a um tratamento hidrotérmico. Os materiais obtidos foram

aplicados na remoção do corante azul de metileno (AM) que foi utilizado como sistema modelo de poluente.

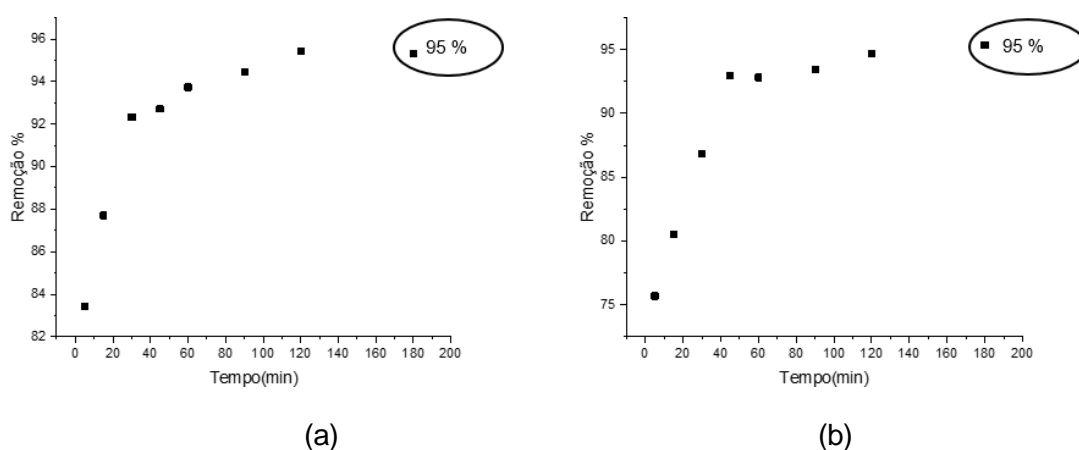
MATERIAIS E MÉTODOS

A carbonização hidrotérmica das biomassas do caroço de goiaba (BCG) e palha de café (BPC) foi realizada em uma autoclave de aço inoxidável. Em cada ensaio, aproximadamente 10,0 g de cada biomassa foram dispersas em 80 mL de água deionizada, e após agitação numa placa agitadora durante 30 minutos, a mistura foi transferida para a autoclave. O sistema foi então mantido à temperatura de 180°C durante 24 h para a BPC e 72 h para a BCG. Os produtos formados hidrotérmicamente foram arrefecidos até a temperatura ambiente e secos a 100 °C durante 48 h. Ao final do processo obtiveram-se as amostras “hidrochar palha de café” (HPC1) e “hidrochar caroço da goiaba” (HCG3) as quais foram armazenadas em recipientes adequado e posteriormente aplicadas na remoção do corante orgânico.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com os estudos de massas realizados, a melhor para aplicação de remoção do AM 10 mg/L foi de 0,02 g para o HPC1 e 0,05 g para o HCG3. Após a determinação da melhor massa, realizou-se o estudo cinético para avaliar a capacidade de remoção dos materiais em função do tempo. O estudo cinético permitiu identificar o tempo no qual o sistema entrou em equilíbrio e com isso, calculou-se a ordem da reação. A partir das Figuras 1 (a) e (b) foi possível verificar o comportamento cinético dos sistemas estudados utilizando as amostras HPC1 e HCG3, respectivamente.

FIGURA 1: Estudo cinético para a remoção do corante azul de metileno.



Em seguida, foi realizada a modelagem cinética para os dois sólidos e verificou-se que os dois hidrochar's se ajustaram ao modelo cinético de pseudo-segunda ordem, sugerindo que o sistema adsorvente-adsorvato apresenta comportamento químico

(quimiossorção). A modelagem cinética também permitiu encontrar o tempo de equilíbrio de adsorção, que foi de 60 minutos para os dois sistemas.

A partir dessas informações foram obtidas as isotermas de adsorção, fixando a massa dos hidrochar's e variando a concentração do soluto dentro do tempo de equilíbrio. Em cada variação de concentração, os valores de q_e (mg/g) e C_e (mg/L) foram encontrados e através de um gráfico de q_e versus C_e as isotermas foram plotadas. Para aplicação dos principais modelos de isotermas de adsorção, foi utilizado o *software* OriginPro 8.5 para determinação dos parâmetros das equações de Langmuir e Freundlich.

A Tabela 1 (a) e (b) mostra os valores obtidos aplicando o modelo de Langmuir e Freundlich para as duas amostras, respectivamente.

TABELA 1 (A): Parâmetros para isoterma de Langmuir.

Adsorvente	AM (mg/L)	KL	qmáx	$q_{e,exp}$ (mg/g)	$q_{e,calc}$ (mg/g)	R_2^2
HPC1	10,14	0,00109	9322,4	4,85	4,44	0,9459
HCG3	10,11	1,0232	5,1147	1,927	1,675	0,7706

TABELA 1 (B): Parâmetros para isoterma de Freundlich.

Adsorvente	AM (mg/L)	Kf	n	$q_{e,exp}$ (mg/g)	$q_{e,calc}$ (mg/g)	R_2^2
HPC1	10,14	12,43	0,8171	4,85	4,52	0,9639
HCG3	10,11	2,3911	1,8920	1,927	1,617	0,8111

Observando estes dados, foi possível evidenciar que os coeficientes de determinação obtidos no modelo de Freundlich são mais adequados que os obtidos pelo modelo de Langmuir, bem como os de $q_{e,calc}$ estão mais próximos dos $q_{e,exp}$ pelo mesmo modelo.

CONCLUSÃO

O procedimento experimental simples e de baixo custo utilizado no presente trabalho levou à formação de hidrochar's com capacidade de removedora de 95% do corante, indicando que o material produzido apresenta potencial para aplicação como adsorvente na adsorção de corantes orgânicos em meio aquoso. Conclui-se também que os dois hidrochar's se ajustaram ao modelo de isoterma de Freundlich, sugerindo uma adsorção heterogênea (formação de multicamadas).

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de iniciação científica.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, T. E. M. **Adsorção de corantes ânionicos de solução aquosa em cinza leve de carvão e zeolita de cinzas leve de carvão**. Dissertação de mestrado. São Paulo, 2010.

CHIOU, C. T. **Partition and adsorption of organic contaminants in environmental systems**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2002.

DAI, N. et al. Typical synthesis of an iron-modified Laponite @diatomite composite for photo-Fenton degradation of methyl orange dyes. **Applied Surface Science**, v. 607, p. 154886, 1 jan. 2023.

GUO, W. et al. Enhanced isoprene gas sensing performance based on p-CaFe₂O₄/n-ZnFe₂O₄ heterojunction composites. **Sensors and Actuators B: Chemical**, v. 354, p. 131243, 1 mar. 2022a.

MIAO, S. et al. Metal-organic frameworks-derived CoFeN-NC materials with the enhanced catalytic activity and selectivity for the degradation of organic dyes via adsorption and heterogeneous photo-Fenton. **Applied Surface Science**, v. 601, p. 154028, 1 nov. 2022.

PODKOSCIELNY, P.; NIESZPOREK, K. Adsorption of phenols from aqueous solutions: Equilibria, calorimetry and kinetics of adsorption. **Journal of Colloid and Interface Science**, v. 354, p. 282-291, 2011.

SABER-SAMANDARI, S.; HEYDARIPOUR, J. Onion membrane: An efficient adsorbent for decoloring of wastewater. **Journal of Environmental Health Science & Engineering**, v. 13, p. 16, 2015.

WEI, J.; SHEN, W.; LIU, Y. Facile synthesis of SrWO₄@MIL-88A(Fe) heterojunctions and their deep treatment of dye wastewater and municipal landfill leachate using photo-Fenton technology. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, 13 dez. 2022.