

SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO COMPÓSITO DE CARVÃO SOLVOTÉRMICO ATIVO/ ALGINATO DE SÓDIO PARA ADSORÇÃO DE CLOROQUINA EM SOLUÇÃO AQUOSA

João Vitor Salvadego Manzotti (PIBIC/CNPq/FA/UEM), Débora Federici dos Santos (Co-orientadora), Maria Angélica Simões Dornellas de Barros (Orientadora). E-mail: masdbarros@uem.br

Engenharias, Engenharia Química /Tratamentos e Aproveitamentos de Rejeitos

Palavras-chave: Adsorção; Cloroquina; Carbonização solvotérmica.

RESUMO

A presença de contaminantes emergentes nos recursos hídricos é uma preocupação global. O surgimento da pandemia de Sars-Cov-2 ocasionou o uso desenfreado, dentre outras drogas, de cloroquina, aumentando, por consequência, a presença de seus metabolitos nas águas. Diante desse cenário, existe a necessidade iminente do desenvolvimento e aplicação de tecnologias que sejam eficientes na remoção de tal poluente. Dentre as técnicas de remoção a adsorção destaca-se por ser de baixo custo, versátil e de simples operação. Na busca de novos materiais adsorventes, esse projeto visa a síntese do compósito de carvão solvotérmico ativado derivado do MDF para a remoção de cloroquina do ambiente. O material foi caracterizado por técnicas como FTIR, MEV e adsorção/dessorção de N_2 . O modelo de Freundlich melhor descreveu os dados de adsorção em batelada, sugerindo adsorção em multicamadas e uma superfície heterogênea. Os resultados explorados indicaram a obtenção de um material mesoporoso.

INTRODUÇÃO

Dentre as tecnologias de tratamento de águas disponíveis, a adsorção tem sido amplamente utilizada por ser considerada uma técnica de baixo custo, versátil e de simples operação (AL SHARABATI et al., 2021). O uso de carvão ativado no processo adsorptivo é frequente, pois o mesmo é eficaz na remoção de produtos farmacêuticos devido suas características físico-químicas como estrutura porosa interna e grupos funcionais oxigenados (GONZÁLEZ-GARCÍA, 2018). Dentro deste contexto, o presente trabalho tem como objetivo sintetizar o compósito de carvão solvotérmico ativado proveniente de MDF e glicerol encapsulado em hidrogel de alginato de sódio e também, avaliar sua eficiência na remoção de cloroquina

presente em soluções aquosas por meio dos experimentais de adsorção em batelada.

MATERIAIS E MÉTODOS

Síntese do carvão solvotérmico ativado

Resíduo de MDF e glicerol foram adicionados em um recipiente de teflon de forma que o volume total preenchesse 60% do volume do recipiente. A razão massa/volume de MDF e glicerol foi de 1:10 m/v e tempo de reação de 30 h. Em seguida, o recipiente de teflon foi introduzido em uma autoclave e aquecido em uma estufa a 200 °C à uma taxa de aquecimento de 10 °C/min. Posteriormente, o carvão solvotérmico foi ativado com hidróxido de potássio (KOH). Inicialmente, 50 g do carvão solvotérmico foi misturado em 200 mL de água destilada com KOH em proporção mássica de 1:4. Essa mistura foi agitada por 3h a 210 °C e, em seguida, seca em uma estufa a 105 °C por 24 h. Na sequência, essa mistura foi introduzida em um reator tubular sob fluxo de nitrogênio (150 mL min^{-1}) a 900 °C por 1 h.

Síntese do compósito carvão solvotérmico ativado encapsulado em hidrogel de alginato de sódio

A solução de alginato de sódio (2%) foi preparada com água deionizada, aquecida e agitada para completa homogeneização. Em seguida, o carvão solvotérmico ativado foi adicionado na solução de alginato de sódio homogeneizado na proporção de 0.5:0.95 m/v. A mistura foi extrudada por meio de uma seringa com auxílio de uma bomba peristáltica em um recipiente contendo solução de cloreto de cálcio (2%). As esferas de compósito formadas permaneceram em contato com a solução de cloreto de cálcio por 4 h. Posteriormente, as esferas de compósitos foram filtradas e lavadas com água destilada para retirada do excesso da solução de cálcio e depois secos a 50°C por 24 h.

Caracterizações físico-químicas

Serão empregadas as técnicas de espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier (FTIR), microscopia eletrônica de varredura (MEV), adsorção/dessorção de N_2 à 77 K e ponto de carga zero (PCZ). As análises foram realizadas no Laboratório no Complexo de Centrais de Apoio à Pesquisa (COMCAP) e no Laboratório de Desenvolvimento de Processos Sustentáveis (LDPS) da Universidade Estadual de Maringá.

Ensaio de cinética e isoterma de adsorção

Os ensaios de adsorção foram realizados em batelada, em duplicata, a partir de 50 mL da solução sintética de cloroquina e 20 mg do compósito, em banho orbital a 25 °C e 150 rpm. A leitura da concentração do adsorbato foi realizada em um espectrofotômetro UV/Vis, em seu respectivo comprimento de onda. As capacidades de adsorção foram calculadas de acordo com a Equação 1:

$$q = \frac{(C_o - C_f)V}{m} \quad (1)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A cinética e isoterma de adsorção de cloroquina em CCSA são apresentadas nas Figuras 1A e 1B, respectivamente. Observa-se um ótimo ajuste ao modelo de Pseudo-Segunda-Ordem e ao modelo proposto por Freundlich. Isso sugere que os sítios ativos disponíveis na superfície do adsorvente estão diretamente relacionados à capacidade de adsorção de CQ e, que a superfície do material é heterogênea e que a adsorção ocorre em multicamadas.

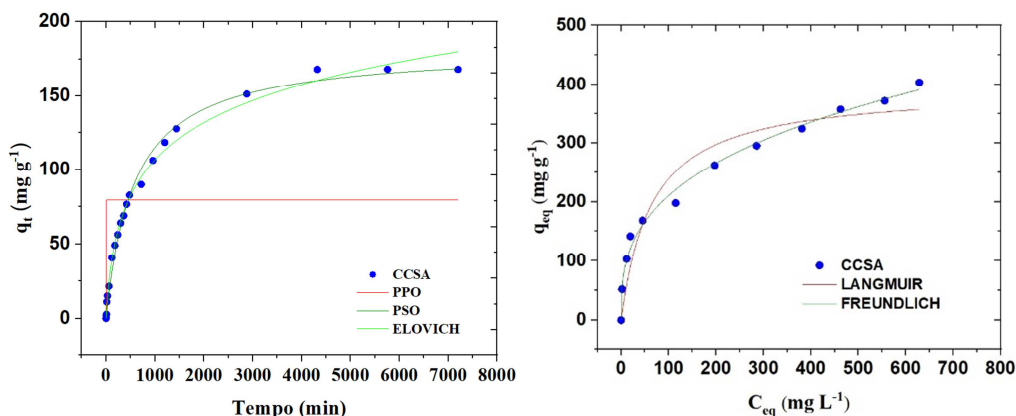


Figura 1 – (A) Cinética de adsorção; (B) Isotherma de adsorção de cloroquina em CCSA.

As características texturais dos materiais analisados, são apresentadas na Tabela 1. Uma vez que a área específica para o material precursor (MDF) e para o CS foram menores que 5 m² g⁻¹, não foi possível obter suas isotermas, o que indica a quase total ausência de poros nesses materiais. Após a etapa de ativação confirma-se a formação de poros no material, resultando em um adsorvente com 681,28 m² g⁻¹ de área específica e 0,557 cm³ g⁻¹ de volume de poros. A análise da distribuição dos poros demonstrou que o material sintetizado é predominantemente mesoporoso,

com um volume de mesoporos (V_{mesop}) de $0,350 \text{ cm}^3 \text{ g}^{-1}$, o que representa 62,83% do volume total de poros. Após o processo de encapsulamento do adsorvente com alginato de sódio, confirma-se a redução da área específica para $485,99 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ e do volume de poros para $0,407 \text{ cm}^3 \text{ g}^{-1}$, uma redução equivalente a cerca de 27%. A análise da distribuição dos poros indica uma redução proporcional de volume de micro e mesoporos, resultando um material predominantemente mesoporoso ($V_{\text{mesop}} = 0,251 \text{ cm}^3 \text{ g}^{-1}$).

Tabela 1 – Parâmetros texturais dos materiais.

Características	MDF	CS	CSA	CCSA
$A_{\text{BET}} (\text{m}^2 \text{ g}^{-1})$	<5,0	<5,0	681,28	485,99
$D_p (\text{nm})$	n.d	n.d	3,27	3,35
$V_p (\text{cm}^3 \text{ g}^{-1})$	n.d	n.d	0,557	0,407
$V_{\text{microp}} (\text{cm}^3 \text{ g}^{-1})$	n.d	n.d	0,207	0,156
$V_{\text{mesop}} (\text{cm}^3 \text{ g}^{-1})$	n.d	n.d	0,350	0,251

A_{BET} : área específica; D_p : diâmetro de poro; V_p : volume total de poros; V_{microp} : volume de microporos; V_{mesop} : volume de mesoporos.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que o CCSA apresenta uma alta eficiência na adsorção de cloroquina, com uma superfície predominantemente mesoporosa e uma área específica significativa, mesmo após o processo de encapsulamento com alginato de sódio. Foi obtido um ajuste satisfatório dos dados ao modelo de PSO e ao modelo de Freundlich.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica – PIBIC/CNPq pela bolsa de Iniciação Científica concedida para a realização dessa pesquisa.

REFERÊNCIAS

- AL SHARABATI, M. et al. Biodegradable polymers and their nano-composites for the removal of endocrine-disrupting chemicals (EDCs) from wastewater: A review. **Environmental Research**, v. 202, p. 111694, 1 nov. 2021.
- GONZÁLEZ-GARCÍA, P. Activated carbon from lignocellulosics precursors: A review of the synthesis methods, characterization techniques and applications. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 82, p. 1393–1414, 1 fev. 2018.