DESENVOLVIMENTO DE MÉTODOS DESPOLUENTES PARA RECUPERAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUAIS

Lizandra Alves Salazar Araujo, Alexandre Tadeu Paulino

Universidade do Estado de Santa Catarina, Departamento de Química, Rua Paulo Malschitzki, 200, Zona Industrial Norte, Joinville – SC, Brasil

INTRODUÇÃO

A contaminação de matrizes hídricas por corantes sintéticos representa uma problemática ambiental devido à estabilidade química e ao potencial impacto dessas moléculas sobre os ecossistemas aquáticos. Nesse contexto, o desenvolvimento de tecnologias de remediação eficientes e sustentáveis é necessário, destacando-se o uso de biomateriais de baixo custo, como a quitosana, associada a argilominerais como a montmorilonita (MMT) (FILHO *et al.*, 2023). O Azul de Metileno (AM), por sua natureza catiônica, é amplamente utilizado como contaminante modelo para avaliar a eficiência de adsorventes em sistemas de tratamento de efluentes (HASTUTI *et al.*, 2020) . A utilização de hidrogéis compósitos de quitosana/MMT pode contribuir para o aumento da capacidade de adsorção e para a melhoria das propriedades do material (RIBEIRO *et al.*, 2025) . Além disso, a adsorção por biomateriais apresenta vantagens relacionadas à simplicidade operacional e à viabilidade econômica (COSTA, da *et al.*, 2026) . Dessa forma, o objetivo nesse trabalho foi sintetizar hidrogéis de quitosana e hidrogéis compósitos de quitosana/MMT, avaliando suas eficiências na remoção de AM em meio aquoso.

DESENVOLVIMENTO

Para a síntese dos hidrogéis, foi utilizada quitosana a 1%, dissolvida em ácido acético a 2%. Foram adicionados 0,120 g de persulfato de potássio, utilizado para iniciar a reação, 0,150 g de N,N'-metilenobisacrilamida (MBA), utilizada como agente de ligação entre as cadeias poliméricas, e 3,40 g de ácido acrílico dissolvidos em 15 mL de H_2O. Para a preparação do hidrogel compósito, também foram adicionados 0,0127 g de montmorilonita (MMT).

Ensaios de adsorção: Para avaliar a capacidade dos biomateriais em remover AM da água, foram realizados ensaios mantendo os hidrogéis em contato com 50 mL de solução do corante na concentração de 10 mg L^{-1}. Após o período de contato definido para cada ensaio, as amostras foram analisadas por espectrofotometria UV-Vis, utilizando os comprimentos de onda de 664 e 666 nm. A concentração de AM remanescente na solução foi utilizada para determinar a quantidade de corante removida, permitindo comparar a eficiência dos diferentes biomateriais na remoção do contaminante.

RESULTADOS

Pelos resultados obtidos foi possível avaliar a influência do tempo de contato, do pH e da massa de adsorvente na remoção do AM. O ensaio de tempo de contato possibilitou a comparação entre os hidrogéis de quitosana e hidrogel de quitosana/MMT, enquanto os efeitos do pH e da massa foram avaliados apenas para o hidrogel de quitosana pura.

Efeito do tempo de contato: A análise do tempo de contato mostrou que os dois materiais apresentaram elevada capacidade de remoção do AM. A o hidrogel de quitosana apresentou uma remoção inicial entre 60 e 83%, alcançando 98,18% após 1440 min (24 horas). O hidrogel de quitosana/MMT apresentou uma remoção inicial mais rápida, atingindo aproximadamente 95,0% ao

final de 24 h. Esse comportamento sugere que o corante é inicialmente adsorvido nos sítios ativos presentes na superfície do material e, posteriormente, se difunde para o interior da estrutura porosa do hidrogel.

Efeito do pH: Os ensaios foram realizados em uma faixa de pH entre 4,5 e 9,4. O hidrogel de quitosana apresentou eficiências de remoção entre 89,2% e 94,55%. O aumento da eficiência de remoção em valores mais elevados de pH pode estar relacionado à desprotonação dos grupos funcionais da quitosana, com a conversão de grupos $–NH_3^+$ em $–NH_2$. Nessas condições, a menor repulsão eletrostática favorece a interação do corante com o biomaterial por meio de forças de Van der Waals e ligações de hidrogênio. Os resultados devem ser interpretados dentro da faixa avaliada, não sendo possível afirmar que o comportamento se mantenha em valores de pH fora das condições experimentais utilizadas.

Efeito da massa do adsorvente: O aumento da massa de adsorvente, de 25 para 150 mg, resultou no aumento da eficiência de remoção da quitosana pura, que passou de 87,0 para 98,0%. Esse comportamento pode estar relacionado ao aumento da quantidade de sítios disponíveis para interação com o corante. Embora o aumento da massa do adsorvente possa elevar a eficiência de remoção, quantidades muito elevadas podem favorecer a aglomeração das partículas. Isso pode dificultar o acesso aos poros e reduzir a área de superfície disponível para a adsorção. Assim, a determinação de uma quantidade adequada de adsorvente é importante para avaliar sua eficiência sem utilizar massa superior à necessária.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos demonstraram que o hidrogel de quitosana apresentou elevada eficiência na remoção de AM em meio aquoso, alcançando até 98,18% de remoção no ensaio de tempo de contato. Nos ensaios realizados com diferentes valores de pH e massas de adsorvente, a quitosana também apresentou elevada capacidade de remoção do corante. Dessa forma, o objetivo do trabalho foi alcançado por meio da síntese dos hidrogéis de quitosana e hidrogéis de quitosana/MMT e da avaliação de sua capacidade de remoção de AM. Os resultados indicam o potencial desses materiais como adsorventes para a remoção de corantes em meio aquoso. Entretanto, são necessários estudos adicionais para avaliar de forma mais abrangente o desempenho do compósito de quitosana/MMT, especialmente em diferentes valores de pH, massas de adsorvente e outras condições experimentais.

Palavras-chave: *quitosana; montmorilonita; MMT; hidrogel; azul de metileno.*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DA COSTA, T. B., DA SILVA, E. L., FERREIRA, R. R., CAMANI, P. H., DE SOUZA, A. G., PAULINO, A. T., & DOS SANTOS ROSA, D. Green starch/alginate hydrogel beads for separation of potentially toxic metal from water: synthesis optimization, performance assessment, and mechanistic insights. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 337, p. 149483, 2026. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2025.149483

FILHO, W. B. F., AGASSIN, S. T. R., NAIDEK, K. P., & PAULINO, A. T. Pectin hydrogels modified with montmorillonite: Case studies for the removal of dyes and herbicides from water.

Journal of Environmental Chemical Engineering, v. 11, p. 110846. DOI: 10.1016/j.jece.2023.110846

HASTUTI, B., NUR AFIFAH, S., MULYANI, B., & SUSILOWATI, E. Adsorption of Methylene Blue Dyes Using Pectin Membrane. **Journal of Physics: Conference Series**, v. 1503, p. 012031, 2020. DOI: 10.1088/1742-6596/1503/1/012031

RIBEIRO, J. G., RAIMONDI, R. M., DE SOUZA, A. G., DOS SANTOS ROSA, D., & PAULINO, A. T. An ecofriendly pectin-co-montmorillonite composite hydrogel for the separation of contaminant metal ions from water. **Journal of Water Process Engineering**, v. 69, p. 106629. DOI: 10.1016/j.jwpe.2024.106629