



APLICAÇÃO DE NANOSORVENTE OBTIDO DO REJEITO DA MINERAÇÃO DE FERRO NA ADSORÇÃO DE POLUENTES EMERGENTES.

Luan F. Costa (G)^{1*}, Maria C. Chaves (G)¹, Maria C. Silva (PQ)¹

¹ Departamento de Ciências Naturais (DCNAT), Universidade Federal de São João del Rei, São João del Rei–MG, Brasil.

* luanfcosta.lfc@aluno.ufsj.edu.br

RESUMO

O quadrilátero ferrífero em Minas Gerais é conhecido pela intensa exploração de minério de ferro, atividade que gera muitos resíduos, e seu aproveitamento tem sido foco de muitas pesquisas. Neste trabalho, um nanosorvente magnético a base de carvão ativado e magnetita (sintetizada a partir do rejeito da mineração de ferro) – (CA/Fe₃O₄) – foi aplicado em ensaios de adsorção do corante têxtil Reactive Blue 21. A máxima adsorção do corante (95,4±0,2%) foi obtida em: pH 3, tempo de 60 minutos e 50 mg de material adsorvente. O modelo cinético de Pseudo Segunda Ordem (PSO) ajustou-se melhor aos dados (R²=0,99) com capacidade de adsorção de 23,63 mg.g⁻¹, próxima ao valor experimental obtido. O material magnético mostrou alta eficiência na adsorção do corante, sendo uma alternativa de baixo custo, e uma vez que é obtida a partir do rejeito da mineração de ferro, apresenta também um forte viés ambiental.

Palavras-chave: corante, adsorção, compósito, isoterma, cinética.

Introdução

Com uma longa história de mineração, o centro-sul de Minas Gerais, conhecido como Quadrilátero Ferrífero, enfrenta um grande desafio ambiental: a gestão de enormes volumes de rejeitos (1). O descarte inadequado no passado e desastres como o rompimento da barragem em Mariana em 2015, que liberou 50 milhões de metros cúbicos de rejeitos no Rio Doce, evidenciaram a necessidade urgente de encontrar soluções seguras e sustentáveis para esses resíduos (2).

Neste contexto, este estudo propõe uma solução inovadora: transformar o rejeito da mineração de ferro em um material de valor agregado. Foi desenvolvido um nanocompósito magnético (CA/Fe₃O₄) a partir da combinação de nanopartículas de magnetita (Fe₃O₄), obtidas do próprio rejeito, e carvão ativado, um conhecido adsorvente. A magnetita confere ao material propriedades magnéticas, facilitando sua remoção da água após o uso.

O objetivo foi aplicar este novo material para solucionar outro grave problema ambiental: a poluição da água pela indústria têxtil. Este setor consome grandes volumes de água e descarta efluentes com alta carga de corantes, como o Reactive Blue 21 (RB21), que são difíceis de tratar pelos métodos convencionais.

A pesquisa investigou a capacidade do nanocompósito de remover esse corante da água pelo processo de adsorção, que consiste na retenção das moléculas de corante na superfície do material (3). Foram otimizados parâmetros como pH, tempo de contato e quantidade de adsorvente para maximizar a eficiência.

Experimental

1. Lixiviação ácida e quantificação de Fe

Para a lixiviação ácida foram utilizados 74,0 g do rejeito (Fe 40,98%), 15,0 mL de água destilada e 170 mL de HCl P.A., sendo aquecida à 80°C e agitada por 2h. Após resfriamento e decantação, a solução de FeCl₃ obtida foi filtrada e quantificada por espectrofotometria no UV-visível (2-4).

2. Síntese CA/Fe₃O₄

Foram avolumados 68 mmol de Fe III (do FeCl₃ obtido anteriormente) em 250 mL de água destilada, adicionado 8g de carvão ativado comercial e a suspensão foi mantida sob agitação e aquecimento à 80 °C em atmosfera de N₂, foram adicionados 34,5 mmol de FeSO₄.7H₂O e 50 mL de NH₄OH 28 % (v/v) foi gotejado, onde ficou sob agitação por 1h. O precipitado preto obtido foi coletado por separação magnética, lavado até pH neutro e seco em estufa a 60 °C overnight (2-4-5).

3. Ensaios de adsorção

3.1 Efeito do pH

O efeito do pH foi avaliado variando-se o pH da solução de corante em 3, 5, 7, 9 e 11 em triplicata. Em frascos erlenmeyer foram adicionados 25 mg do adsorvente e 25 mL da solução de RB21 (50 ppm) em diferentes pHs. O meio reacional foi agitado em uma incubadora com agitação a 200 rpm, por 60 minutos a 25° C.

Após esse intervalo, as soluções foram deixadas em repouso por 2 min em um ímã de neodímio e em seguida, as absorbâncias foram medidas em espectrofotômetro UV-Vis à 624 nm (6).

3.2 Efeito da quantidade de material

Após determinação do pH ótimo para remoção de RB21 em solução aquosa, ensaios de adsorção foram realizados nas mesmas condições acima variando-se a massa de adsorvente (10, 25, 50, 75 e 100 mg). A determinação da concentração residual foi medida (6).

3.3 Efeito do tempo de contato/Cinética de adsorção

Para o estudo cinético, experimentos de adsorção foram conduzidos (em triplicata) em frascos separados para cada intervalo de tempo investigado (1, 2, 3, 5, 15, 30, 45, 60, 90 e 120 minutos). Os ensaios foram realizados a partir dos valores ótimos obtidos anteriormente. Após cada intervalo de tempo investigado, a concentração residual do RB21 foi determinada (6).

3.4 Materiais puros x nanocompósito

Testes de adsorção foram realizados utilizando o nanocompósito sintetizado CA/Fe₃O₄, Fe₃O₄ pura e CA puro. As concentrações residuais de RB21 foram determinadas.

3.5 Isoterma de adsorção

Para o estudo isotérmico, experimentos de adsorção foram conduzidos (em triplicata) em frascos separados para cada intervalo de concentração investigado (10, 100, 400, 600, 800, 1000, 1500, 2000, 2700, 3300 e 4000 mg.L⁻¹). Os ensaios foram realizados a partir dos valores ótimos obtidos anteriormente. Após cada intervalo de tempo investigado, a concentração residual do RB21 foi determinada (8).

Resultados e Discussão

A máxima quantidade de RB21 adsorvida foi de 23,63 mg.g⁻¹ (95,4±0,2%), e os parâmetros ótimos obtidos foram pH = 3; 50 mg de CA/Fe₃O₄ e 60 minutos de tempo de contato.

Ao realizar um teste de adsorção com os materiais carvão ativado (CA), magnetita pura e o compósito CA/Magnetita, os dados obtidos confirmam que o compósito de interesse deste projeto (CA/Fe₃O₄), foi o mais eficiente na adsorção (88,4±0,5%). Os valores de remoção do corante obtidos para o carvão ativado e magnetita pura foram (21,9±0,2%) e (67,8±0,4%), respectivamente. Esses dados sugerem um efeito sinérgico dos materiais precursores do compósito obtido.

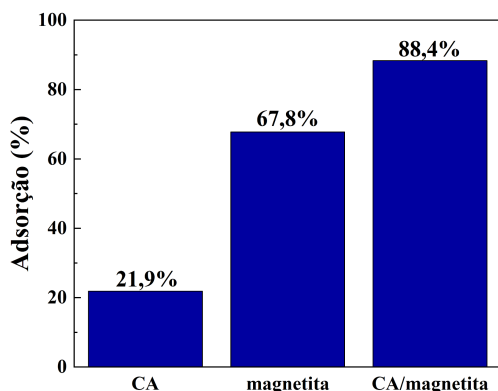


Figura 1. Testes de adsorção com diferentes materiais.

Dentre os modelos cinéticos testados o modelo cinético PSO foi o que apresentou melhor ajuste com o coeficiente de determinação R²=0,99 e baixo valor de Desvio Quadrático Médio Ponderado (DQMP= 0,0473). Além disso, a capacidade máxima de adsorção obtida (q_e=23,63 mg.g⁻¹) é muito próxima ao valor experimental (q_{e,exp}=23,71mg.g⁻¹). O modelo cinético PSO assume que a etapa limitante do processo de adsorção é controlada por quimissorção, a qual envolve doação ou troca de elétrons entre o adsorvato e o adsorvente (7).

Dentre os modelos isotérmicos testados (Modelo de Langmuir, de Freundlich, de Redlich-Peterson e de Sips), o de Sips (Langmuir-Freundlich) foi o que apresentou o melhor ajuste aos dados experimentais, com o maior coeficiente de determinação (R²=0,995) e o menor valor de DQMP =10,111. Além disso, a capacidade máxima de adsorção prevista pelo modelo (Q_m=155,43 mg.g⁻¹) é próxima ao valor experimentalmente obtido (q_{e,exp}=145,29 mg.g⁻¹), o que reforça a excelente adequação do modelo. O modelo de Sips é apropriado para sistemas de adsorção em superfícies heterogêneas, o que é coerente com a natureza do adsorvente, um nanocompósito de magnetita e carvão ativado (CA/Fe₃O₄). A heterogeneidade da superfície é confirmada pelo parâmetro *n* do modelo, cujo valor foi de 2,427 (*n* > 1), indicando que o processo de adsorção ocorre em uma superfície com diferentes afinidades energéticas (8).

Conclusões

O nanocompósito magnético CA/Fe₃O₄ sintetizado apresentou propriedades magnéticas e potencial para remediação de efluentes têxteis contendo o corante RB21, com porcentagem de remoção de até (95,5±0,3%) em apenas 60 minutos. Vale ressaltar que o adsorvente utilizado neste trabalho foi sintetizado a partir do rejeito da mineração de ferro, um resíduo de importância ambiental para o Estado de Minas Gerais.

Agradecimentos

À UFSJ, às agências de fomento CNPq, FAPEMIG (Projeto-APQ-00478-22, CAPES e ao meu Grupo de Pesquisa LABIM.

Referências

1. Castro, P. T. A. *Desastres de Mariana e Brumadinho: o que aprendemos ou deixamos de aprender?*, Centro de Informação Técnica (CIT), 2020.
2. De Almeida, V. O. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2019.
3. Melo, N. H. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Goiás, 2016.
4. Sakthivel, R.; Jothivenkatachalam, K.; Berkshire, A.; Chandra, D. R. *Powder Technology* **2010**, *201*, 187-190.
5. Lopes, K. L.; Fascin, D. P.; da Silva, M. L. P.; de Andrade, C. K. *Z. Microchemical Journal* **2021**, *168*, 106366.
6. Sun, L.; Yu, H.; Zhang, S.; Wang, J.; Wang, C. *RSC Advances* **2015**, *5*, 11837-11844.
7. Azizian, S. *Journal of Colloid and Interface Science* **2004**, *276*, 47-52.
8. Nascimento, R. F.; Lima, A. C. A.; Vidal, C. B.; Melo, D. Q.; Raulino, G. S. C. *Adsorção: aspectos teóricos e aplicações ambientais*, Imprensa Universitária, Fortaleza, 2020.