



ADSORÇÃO ASSISTIDA POR FLOCULAÇÃO IÔNICA PARA TRATAMENTO DA ÁGUA PRODUZIDA

Antonio Jerffeson Lima Araújo¹, Ricardo Paulo Fonseca Melo²

¹Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), ²Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA).

RESUMO

Um grande progresso nas tecnologias de fontes energéticas sustentáveis tem sido algo de interesse principalmente das indústrias petrolíferas, devido a vasta geração de efluentes. Como uma alternativa para tratamento destes efluentes, a adsorção com carvão ativado se destaca como uma técnica eficaz para remover contaminantes em águas residuais. Neste contexto, a presente pesquisa buscará avaliar o tratamento de uma água produzida sintética contendo fenol utilizando a adsorção em carvão ativado assistida pela floculação iônica. Desse modo, no presente estudo, realizou-se as primeiras análises da pesquisa utilizando-se palmitato de sódio e estearato de sódio como tensoativo na floculação iônica, a fim de averiguar o percentual de remoção e a eficiência dos mesmos. A floculação dos dois tensoativos estudados se deu após ser adicionado o composto cloreto de cálcio, sendo em seguida adicionado ao efluente sintético contendo fenol com concentração inicial de 100 ppm, alcançando-se um percentual de remoção para o palmitato de sódio e estearato de sódio acima de 57 e 58%, respectivamente. Esses resultados foram obtidos com concentrações de tensoativos e cálcio de 2150 ppm e 1075 ppm, em uma velocidade de agitação de 150 rpm e tempo de contato de 180 e 120 min. O estudo considerará outros parâmetros ao longo da pesquisa como, variação da concentração de tensoativos, pH, temperatura, salinidade, e outros.

Palavras-chave: Palmitato de sódio; Estearato de sódio; Tensoativos.

INTRODUÇÃO

No processo de exploração e produção de petróleo, a maioria das reservas contém água, óleo, gás, impurezas e contaminantes. Todavia, há uma alta produção de água contaminada, principalmente com hidrocarbonetos (ANDRADE *et al.*, 2010) que, em sequência, passa por processos de separação do óleo e gás, que é tratada para descarte, reuso ou reinjeção em reservatórios (REYNOLDS, 2003).

Segundo a base de dados da Agência Nacional de Petróleo - ANP (2023), a produção desse efluente se estende cada vez mais pelo mundo. No Brasil, houve uma redução de 10,78% na produção de efluentes de 527,54 mil m³/d para 470,67 mil m³/d

entre 2013 e 2022. Ainda assim, a produção desse efluente é significativa na indústria petrolífera, permitindo seu reuso ou descarte.

Entretanto, as leis ambientais desempenham um papel essencial na redução dos agentes poluentes resultantes das atividades humanas. No Brasil, através da resolução nº 357 de 17 de março de 2005 pelo CONAMA, e o decreto nº 8468 de 8 de setembro de 1976 pelo CETESB, determinam um valor de 0,5 mg/L como limite máximo de fenóis totais a ser emitido por qualquer tipo de efluente (BRASIL, 2005; SÃO PAULO, 1976).

Dentre as técnicas para remoção do fenol, estão, a adsorção e a floculação iônica. A adsorção, conforme Foust *et al.* (1982), é eficaz na transferência de constituintes de uma fase fluida para a superfície de uma fase sólida. O carvão ativado é muito utilizado devido ser de baixo custo e ter uma alta área superficial (ALJEBOREE *et al.*, 2017).

A floculação iônica consiste na reação entre tensoativo aniônico e cálcio, formando um floco com propriedades anfífilas para facilitar o contato de compostos orgânicos com sua parte apolar. Posteriormente, o precipitado, contendo material orgânico na superfície, pode ser removido do efluente por filtração ou sedimentação, resultando em um efluente com menor concentração de poluentes (BARROS, 2019).

Dessa forma, é essencial adotar tecnologias para reduzir os impactos ambientais da indústria petrolífera, especialmente no tratamento de efluentes com fenol. Assim, a presente pesquisa buscará avaliar o tratamento de uma água produzida sintética contendo fenol utilizando a adsorção em carvão ativado assistida pela floculação iônica.

METODOLOGIA

Inicialmente, o preparo do efluente sintético partiu-se do fenol (Massa molar = 94,11 g/mol; $\lambda_{\text{máx}}$ = 273 nm). Primeiramente, pesou-se em um becker, a quantidade desta substância necessária para se obter uma solução de 100 ppm dissolvida em água destilada com o auxílio de um bastão de vidro. Em seguida, utilizando um funil de vidro transferiu-se a solução preparada para um balão volumétrico de 500 mL, completandoo até o seu menisco com água destilada.

No processo de floculação, o cálcio foi obtido de uma solução mais concentrada de cloreto de cálcio, sendo sua concentração a metade da usada para o tensoativo nos experimentos. Foi empregado o tensoativo aniônico feito em laboratório a partir de

ácido palmítico e esteárico, adicionado ao cálcio para induzir uma floculação preliminar entre os elementos. Em seguida, adicionou o tensoativo floculado ao efluente sintético contendo fenol e submetido ao processo de agitação. Os tempos de contato avaliados foram de 5, 10, 20, 30, 60, 90, 120, 150, 180 min.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos dados iniciais obtidos pela presente pesquisa, no estudo do tempo de equilíbrio, a floculação dos dois tensoativos estudados se deu após ser adicionado o composto cloreto de cálcio, sendo em seguida adicionado ao efluente sintético contendo fenol com concentração inicial de 100 ppm, alcançando-se um percentual de remoção através da equação, $\text{percentual de remoção} = [1 - \text{concentração final}/\text{concentração inicial}] \times 100\%$, para o palmitato de sódio e estearato de sódio acima de 57 e 58%, respectivamente. Esses resultados foram obtidos com concentrações de tensoativos e cálcio de 2150 ppm e 1075 ppm, em uma velocidade de agitação de 150 rpm e tempo de contato de 180 e 120 min.

Segundo Simonatto (2017), a remoção de fenol por adsorção em carvão ativado mostrou-se mais rápida no início, desacelerando-se próximo ao equilíbrio, que ocorreu em 120 e 180 min. Este mesmo padrão foi semelhante aos resultados da presente pesquisa, que também apresentou uma desaceleração na remoção de fenol, ocorrendo entre 90 e 150 minuto. Como mencionado por Barbosa *et al.* (2014), isso se deve à redução na disponibilidade de sítios de adsorção à medida que o tempo avança.

CONCLUSÃO

Diante das primeiras análises, observou-se que a remoção do fenol com dois tensoativos tem um limite de tempo de 180 min para o palmitato de sódio e 120 min para o estearato de sódio, com uma remoção constante acima de 57% e 58%, respectivamente. Desse modo, o estudo cinético avalia a eficiência da adsorção assistida por floculação iônica.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Formação de Recursos Humanos da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (PRH-ANP-55.1) gerenciada pela Finep. E a UFRSA pela infraestrutura.

REFERÊNCIAS

- ALJEBOREE, A.M., ALSHIRIFI, A.N., ALKAIM, A.F. Kinetics and equilibrium study for the adsorption of textile dyes on coconut shell activated carbon. *Arabian Journal of Chemistry*, 2017, v. 10, p. 3381–3393.
- ANDRADE, V. T.; ANDRADE, B. G.; COSTA, B. R. S.; PEREIRA, O. A.; DEZOTTI, M. Toxicity assessment of oil field produced water treated by evaporative processes to produce water to irrigation. *Water Science and Technology*. v. 62, p. 693-700, 2010.
- ANP – Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Boletim mensal da produção de petróleo e gás natural. Disponível em: <app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiNzVmNzI1MzQtNTY1NC00ZGVhLTk5N2ltNzBkMDNhY2IxZTlxliwidCI6IjQ0OTlmNGZmLTl0YTtytNGl0Mi1iN2VmLTExNGFmY2FkYzkyYyJ9>. Acesso em: 04 out. 2023.
- BARROS, Edlin Letícia Barbosa de. Remoção de corante de efluente têxtil sintético utilizando floculação iônica. 2019. 41f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) - Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA n° 357, de 2005. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 17 mar. 2005. Disponível em:<<http://www.unesp.br/pgr/pdf/resolucao35705conama.pdf>>. Acesso em: 18 out. 2023.
- FOUST, A. S. Princípios das operações unitárias. 2ª Edição. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1982.
- REYNOLDS, R. R. Produced Water and Associated Issues. Oklahoma Geological Survey Open-file Report, 2003.
- SÃO PAULO. (Estado). Decreto n° 8468, de 8 de setembro de 1976. Dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente. Lex: Coletânea de legislação e jurisprudência, São Paulo, SP, 8 set. 1976.
- SIMONATTO, Ariane. Remoção de fenol em efluente sintético através de adsorção com carvão ativado. 2017. 40f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental), Universidade Federal da Fronteira Sul, Erechim, 2017.