



PROCESSOS DE TRATAMENTOS DE EFLUENTES OLEOSOS INDUSTRIAIS

José Everton Soares de Souza¹
Vanessa Rosales Bezerra²
Keila Machado de Medeiros³
Carlos Antônio Pereira de Lima⁴

INTRODUÇÃO

O tratamento de efluentes industriais oleosos (EIO) produzidos em diferentes setores como petroquímica, metalúrgica, alimentícia, farmacêutica e óleo e gás tornou-se uma grande preocupação em todo o mundo. O descarte de EIO sem tratamento provoca diversos efeitos adversos ao meio ambiente ao poluir as águas superficiais, subterrâneas e também o solo (AHMAD, GURIA E MANDAL, 2020). No Brasil, as condições, exigências e padrões de lançamento de efluentes são regulamentados e definidos pela Resolução n° 430, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, que determina que óleos e graxas de origem mineral, só poderão ser descartados no meio ambiente quando apresentar uma concentração máxima de até 20 mg.L⁻¹ (CONAMA, 2011).

As tecnologias mais utilizadas para tratamento de EIO são: flotação, coagulação/floculação, tratamento biológico, separação por membrana (Liu, 2016).

A separação de águas residuais oleosas com base em microbolhas é amplamente utilizada devido à sua alta eficiência e baixo custo. Usando uma célula ou coluna de flotação, microbolhas são geradas pelo sistema gerador de bolhas e gotículas de óleo formarão os agregados de gotículas de ar/óleo após aglomerar e aderir, emergirão então para o topo das unidades de flotação, resultando na separação do óleo das águas residuais (RAN et al., 2013).

A coagulação / floculação é conhecida como um dos processos mais consolidados e eficazes, podendo remover a maior parte dos colóides da água residuária oleosa por meio da formação de flocos (ZHAO et al., 2020).

¹ Mestrando do Curso de Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba- UEPB - PB, everton_g3@hotmail.com;

² Doutorando do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba - PB, rosalesuepb@gmail.com;

³ Doutora, Professora da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB - BA, keilamedeiros@ufrb.edu.br;

⁴ Professor orientador: Doutor em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal da Paraíba – UFPB - PB, caplima@uepb.edu.br; Professor da UEPB – PB.



O tratamento biológico de EIO é atrelado a tecnologia já consolidadas e é frequentemente usado em métodos de lodo ativado e filtro biológico. O lodo ativado nos tanques de aeração usa o vetor de estado atual como microrganismos purificadores, por adsorção, que utiliza o concentrado na superfície dos microrganismos do lodo ativado para decompor a matéria orgânica. O método do filtro biológico, o biofiltro é interno, de modo que os microrganismos são fixados ao filtro, as águas residuais do topo descem pela superfície do filtro durante a adsorção de poluentes orgânicos promovendo a decomposição por microrganismos (YU, HAN E HE, 2017).

De maneira geral, membrana é uma barreira que separa duas fases e que restringe total ou parcialmente o transporte de uma ou várias espécies químicas presentes nas fases (HABERT; BORGES e NOBREGA, 2006). A utilização dos PSM depende de sua área de aplicação como nas indústrias químicas, farmacêuticas, tratamento de águas e efluentes, medicina, entre outras. Os processos que utilizam membranas variam de: microfiltração, ultrafiltração, osmose inversa, diálise, eletrodialise, permeação de gases e pervaporação (BAKER, 2004; SINGH, 2006). As membranas de microfiltração mostram-se como uma solução eficaz para o tratamento de efluentes industriais e águas residuárias, devido ao tamanho de seus poros que normalmente varia de 0,1 a 10 μm (BASILE, CASSANO e RASTOGI, 2015). Diante do exposto, esse trabalho tem como objetivo estudar os processos de tratamentos de efluentes industriais oleosos.

METODOLOGIA (OU MATERIAIS E MÉTODOS)

Para elaboração deste trabalho utilizou-se livros, artigos científicos específicos nacionais e internacionais, dentro da temática publicada nos últimos anos. Além do embasamento teórico, foi levado em consideração o conhecimento das principais tecnologias utilizadas para o tratamento de efluentes industriais oleosos, especificando o processo avançado de separação por membranas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dias et al. (2009) estudaram o tratamento de efluentes oleosos através de sistema biológico anaeróbio. O trabalho experimental foi dividido em dois tratamentos no qual foi instalado e monitorado um reator UASB. No tratamento 1 foi utilizado uma concentração de



0,05% de óleo e de surfactante. No tratamento 2 foi utilizado uma concentração de 0,1% de óleo e de surfactante. O tratamento 1 teve uma eficiência de remoção de DQO próxima a 47% e o tratamento 2 de 20%, o tratamento 1 apresentou uma remoção de 66% e o tratamento 2 uma eficiência média de remoção, em termos de sólidos totais voláteis de 19%.

Ran et al. (2013) desenvolveram coluna de flotação com microbolhas estáticas ciclônicas para a separação de águas residuais oleosas. A eficiência de separação foi considerada altamente dependente da retenção de gás e da distribuição do tamanho das bolhas. Ao alterar a pressão de circulação, a taxa de fluxo do gás, a concentração do espumante, o efeito dos parâmetros de operação na retenção do gás e a eficiência da remoção de óleo foram obtidos. Uma modelagem matemática entre a constante cinética e o holdup de gás foi estabelecida para o processo de separação de água oleosa. Os resultados mostram que maior retenção de gás e tamanhos menores de microbolhas são benéficos para melhorar a eficiência de remoção de óleo.

Sun et al. (2017) prepararam silicato polimérico de alumínio férrico (PAFSi), que é um coagulante composto, para o tratamento de águas residuais com alto teor de óleo. Difração de raios-X, microscopia eletrônica de varredura e espectros de infravermelho foram usados para caracterizar a estrutura dos coagulantes PAFSi. Os resultados da caracterização mostraram que o PAFSi é um composto não estequiométrico de sal de sulfato de ferro básico com estrutura de cluster tridimensional. A COD e a taxa de remoção de óleo foram empregadas como índices para avaliar a capacidade de coagulação do PAFSi no tratamento de águas residuais com alto teor de óleo. A razão molar Si / Fe de 1:4, razão molar Al / Fe de 1:1, basicidade de 0,5 e temperatura de preparação de 70 ° C foram favoráveis ao processo de preparação. Os testes de coagulação mostraram que as condições ideais para a remoção de alta concentração de óleo foram 60-120 mg / L, pH 4-9 e valor G de 300-600 s⁻¹ com 98,2% de remoção de DQO e 98,4% de remoção de óleo. A análise do potencial Zeta indicou que a neutralização de carga foi o principal mecanismo na redução da carga superficial de partículas coloidais no tratamento de águas residuais oleosas. Além disso, o PAFSi apresentou desempenho superior de coagulação-floculação em tratamento de águas residuais com alto teor de óleo. Este coagulante pode ser usado como um método alternativo para o pré-tratamento de águas residuais com alto teor de óleo em indústrias.

Medeiros et al. (2018) analisaram membranas híbridas de poliamida 6 (PA6), nas proporções de 1,0%, 3,0% e 5,0% em peso de montmorilonita (MMT) e montmorilonita organofílica (OMMT), com um agente porogênico. As membranas contendo CaCl₂ foram



caracterizadas por microscopia eletrônica de varredura (MET), porosimetria por intrusão de mercúrio (PIM), microscopia óptica (MO), medições de fluxo e eficiência. A partir das fotomicrografias de MEV, observou-se que a adição de argila e agente porogênico nas membranas causaram aumento na quantidade e distribuição dos poros existentes na superfície e seção transversal dessas membranas em comparação com a membrana PA6 pura. Por PMI, observou-se que a presença de MMT, OMMT e CaCl_2 nas membranas causou um aumento nos diâmetros médios dos poros. Nas fotomicrografias por MO, verificou-se que a variação da concentração de óleo e o tempo de agitação usados na preparação das emulsões de óleo não alteraram o diâmetro médio das gotas de óleo. Os testes de separação óleo-água mostraram uma redução significativa de óleo no permeado, apresentando potencial para separação de óleos em sistemas de microemulsão.

Santos Filho et al. (2019) obtiveram membranas de poliamida 6 (PA6) e híbridas com 1, 3 e 5% em peso de argila montmorilonita (MMT), adicionando sal inorgânico. A argila foi caracterizada por DRX e FTIR. As membranas foram caracterizadas por DRX, FTIR, MEV, AC, MF e rendimento. Por MEV, observou-se que a adição gradual de argila nas membranas proporcionou um aumento no número e tamanho dos poros. Por meio do AC, verificou-se que as membranas híbridas apresentaram ângulos menores quando comparadas ao PA6. O óleo presente na água nos testes de separação das membranas, independentemente da pressão utilizada, indicaram uma redução significativa de óleo no permeado com rendimentos promissores acima de 87%, apresentando potencial para o tratamento de águas residuais contaminadas por óleo.

Zhang et al. (2020) desenvolveram membranas de polissulfona de ultrafiltração (UF) e de polipiperazina-amida de nanofiltração (NF) foram obtidas por inversão de fase e a superfície das membranas foi modificada com TiO_2 por polimerização interfacial. As membranas modificadas com nanopartículas de TiO_2 para UF e NF exibiram um desempenho anti-incrustante e separação muito melhor para dois tipos de emulsões de óleo em água. O fluxo de água de UF modificado diminuiu levemente e o fluxo de água estabilizado foi 2,2 vezes e 15,6% superior ao das membranas sem modificação para a emulsão óleo em água preparada e a água produzida, respectivamente. De acordo com os cinco modelos de incrustação para UF, a membrana de UF modificada com TiO_2 poderia aliviar a incrustação na superfície da membrana e aumentar bastante o fluxo de água, reduzindo a adsorção, deposição, bloqueio dos poros da membrana e formação da camada de torta para os dois tipos de emulsão de óleo em água. Para NF, o fluxo de água da membrana modificada aumentou



em 66,1% e 22,8% para a emulsão de óleo em água preparada e água produzida, respectivamente. A modificação com TiO_2 aliviou efetivamente a adesão do óleo e a formação da camada de torta na superfície da membrana.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O descarte de efluentes industriais oleosos trazem graves problemas ambientais, pois são extremamente prejudiciais ao meio aquático devido à sua matéria orgânica e elevados níveis de turbidez. De maneira geral, percebemos que os processos de tratamento de efluentes industriais precisam de aprimoramento e mais estudos para aumentar a eficiência da remoção do óleo. Diante dos estudos elencados, destacamos o processo avançado de separação por membranas que apresentou um resultado acima de 87% de remoção do óleo, tornando-se uma tecnologia promissora para esta aplicação.

Palavras-chave: Efluentes oleosos; Tratamento avançado, Separação por membranas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo auxílio financeiro.

REFERÊNCIAS

AHMAD, T.; GURIA, C.; MANDAL, A. A review of oily wastewater treatment using ultrafiltration membrane: A parametric study to enhance the membrane performance. **Journal of Water Process Engineering**, v. 36, 2020.

BAKER, R. W. **Membrane Technology and Applications**. 2 ed. Menlo Park: John Wiley & Sons Ltd, 2004.

BASILE, A.; CASSANO, A.; RASTOGI, N.K. **Advances In Membrane Technologies For Water Treatment**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2015.

CONAMA. **Resolução n° 430 de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes de óleos e graxas de origem mineral**. Publicado no DOU n° 92 em 16/05/2011, p. 89, 2011.



DIAS, J.; LOPES, W. S.; OLIVEIRA, M. J.; CAMPOS, D. C. Tratamento Biológico de Efluente Contaminado por Óleo. **Revista Saúde & Ambiente**, v. 4, p. 12-18, 2009.

HABERT, A. C.; BORGES C. P.; NOBREGA, R. **Processos de Separação por Membranas**. Rio de Janeiro: E-papers, 2006.

LIU Y. Advanced treatment of biologically treated heavy oil wastewater for reuse as boiler feed-water by combining ultrafiltration and nanofiltration. **Desalination Water Treatment**; v. 57, p. 13113-13119, 2016.

MEDEIROS, K. M.; Araújo, E. M.; Lira, H. L.; Lima, D. F.; Lima, C. A. P.; Lima, G. G. C. Analysis of pore size of hybrid membranes for separation of microemulsions. **Desalination and Water Treatment**. v. 110, p. 65-75, 2018.

RAN, J.; LIU, J.; ZHANG, C.; WANG, D.; LI, X. Experimental investigation and modeling of flotation column for treatment of oily wastewater. **International Journal of Mining Science and Technology**, v. 23, 2013.

SINGH, R. **Hybrid Membrane Systems for Water Purification: Technology, Systems, Design and Operations**. Elsevier Science & Technology Books, 2006.

SUN, Y.; ZHU, C.; ZHENG, H.; SUN, W.; XU, Y.; XIAO, X.; YOU, Z.; LIU, C. Characterization and coagulation behavior of polymeric aluminum ferric silicate for high-concentration oily wastewater treatment. **Chemical Engineering Research and Design**, v. 119, p. 119, 23-32, 2017.

YU, L.; HAN, M.; HE, F. A review of treating oily wastewater. **Arabian Journal of Chemistry**, v.10, p. 1913-1922, 2017.

ZHANG, T.; KONG, F. X.; LI, X. C.; LIU, Q.; CHEN, J. F.; GUO, C. M. Comparison of the performance of prepared pristine and TiO₂ coated UF/NF membranes for two types of oil-in-water emulsion separation. **Chemosphere**, v. 244, p. 1-10, 2020.

ZHAO, C.; ZHOU, J.; YAN, Y.; YANG, L.; XING, G.; LI, H.; WU, P.; WANG, M.; ZHENG, H. Application of coagulation/flocculation in oily wastewater treatment: A review. **Science of The Total Environment**, 2020.