

## APLICAÇÃO DO PROCESSO DE SEPARAÇÃO POR MEMBRANAS NA REMOÇÃO DE CONTAMINANTE EMERGENTE DE EFLUENTE

Maria Eduarda dos Santos Ribeiro da Silva (PIBIC/CNPq/FA/UEM), Sirlei Marques Paschoal (Coorientadora), Sérgio Henrique Bernardo de Faria (Orientador).  
E-mail: ra126354@uem.br/ shbfaria@uem.br

Universidade Estadual de Maringá, Centro de Tecnologia, Maringá, PR.

**Área e subárea do conhecimento: Engenharia Química, Operações Industriais e Equipamentos para Engenharia Química / Operações de Separação e Mistura.**

**Palavras-chave:** Herbicida 2,4-D; membrana polimérica; funcionalização.

### RESUMO

O tratamento de água de forma adequada é primordial para o desenvolvimento sustentável. As operações unitárias existentes nas estações de tratamento não são eficazes para a remoção de contaminantes emergentes, assim, o processo de separação por membrana surge como uma tecnologia promissora para complementar os tratamentos convencionais. Neste trabalho aplicou-se o processo de separação por membrana, avaliando-se os fatores que influenciam na remoção de herbicida. A filtração foi realizada na pressão de 1,5 bar, a temperatura ambiente, utilizando-se um processo combinado com membranas de polisulfona com permeabilidade de  $1,327 \text{ kg h}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ bar}^{-1}$ . A remoção de 2,4-D obtida foi de 78,1%. Deste modo, conclui-se que o processo de separação por membranas apresentou capacidade de remoção do contaminante.

### INTRODUÇÃO

Para desenvolver um mundo mais sustentável é de extrema importância que se realize o tratamento de água de forma adequada, sendo destacado dois objetivos: a garantia de água potável e da vida na água. Frente a isto, surge a problemática em desenvolver tratamentos eficientes de água e efluentes, visto que as operações unitárias existentes nas estações de tratamento não são eficazes para remover os contaminantes. (BILAL *et al.*, 2019)

Os contaminantes emergentes são substâncias de natureza não biodegradável, que apresentam um potencial tóxico para a vida aquática e humana, demandando um tratamento mais seletivo. Assim, o processo de separação por

membranas surge como uma nova tecnologia para complementar os tratamentos existentes (SHAHID *et al.*, 2021).

Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo a aplicação do processo de separação por membrana para a purificação de efluente contendo contaminante emergente.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização deste projeto foi escolhido como contaminante o herbicida 2,4-D (ácido diclorofenoxiacético). A concentração inicial de herbicida no efluente foi definida em 50 mg L<sup>-1</sup>. A concentração de 2,4-D após o processo de filtração foi determinada a partir da curva de calibração do espectrofotômetro UV/Vis, construída a partir da leitura de absorbância, a 230 nm, de 5 amostras com diferentes concentrações de herbicida, sendo: 25, 50, 75, 100 e 125 mg L<sup>-1</sup>.

Utilizou-se o método de inversão de fases para produzir membranas de polisulfona (PSF) com a seguinte composição: 15% PSF, 10% PVP e 75% DMA, para uma massa total de 20 g.

O processo de separação foi realizado em um módulo de filtração perpendicular, alimentando-se uma mistura sintética contendo 50 mg/L do herbicida 2,4-D em água contendo os sais (NaCl e NaCO<sub>3</sub>), adicionados a fim de formar aglomerados iônicos. Filtrou-se a solução durante 1 hora, a temperatura ambiente, com agitação magnética e aplicando-se pressão com auxílio de ar comprimido.

Para o processo em que foram utilizadas membranas funcionalizadas, adicionou-se uma camada de carvão ativado da casca do pinhão na superfície da membrana. Duas soluções, denominadas S1 e S2 foram preparadas, sendo a S1 com 0,5 g de carvão, 0,1 g de alginato de sódio e 15 mL de água destilada, e a S2 preparada com 0,45 g de cloreto de cálcio e 15 mL de água destilada. Espalhou-se a S1 na superfície da membrana uniformemente, e em sequência pipetou-se a S2 para solidificar a camada formada. No processo com membranas em combinação, realizou-se a funcionalização da membrana superior, enquanto a membrana inferior foi utilizada sem a camada de carvão.

Durante a filtração foi analisado o fluxo de permeado (kg h<sup>-1</sup> m<sup>-2</sup>), calculado com base na Equação 1, em que  $\Delta m$  representa a variação da massa de permeado (kg),  $\Delta t$  o intervalo de tempo (h) e  $A$  a área da membrana (m<sup>2</sup>).

$$J = \frac{\Delta m}{\Delta t \cdot A} \quad (1)$$

Analisou-se também a permeabilidade hidráulica da membrana, utilizando-se a Equação 2, em que  $J_w$  representa o fluxo de água (kg h<sup>-1</sup> m<sup>-2</sup>),  $L_p$  a permeabilidade hidráulica (kg h<sup>-1</sup> m<sup>-2</sup> bar<sup>-1</sup>) e  $\Delta P$  a pressão (bar).

$$J_W = L_P \Delta P \quad (2)$$

Por fim, a remoção de herbicida foi calculada a partir da Equação 3, em que  $C_P$  é a concentração do permeado e  $C_A$  a concentração da alimentação.

$$\% \text{ remoção} = 100 - \left( \frac{C_P \cdot 100}{C_A} \right) \quad (3)$$

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Obteve-se a Equação (4), a partir da a curva de calibração do espectrofotômetro UV/Vis, que relaciona  $y$  (absorbância) e  $x$  (concentração).

$$y = 0,0217 x \quad (4)$$

Inicialmente, foi realizada a caracterização de uma membrana de PSF (M1), que apresentou uma permeabilidade hidráulica de  $7,77 \text{ kg h}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ bar}^{-1}$ . De acordo com o estudo de Habert *et al.* (2006), a permeabilidade hidráulica é um parâmetro que caracteriza o tamanho dos poros da membrana, portanto, a M1 pode ser enquadrada como uma membrana de nanofiltração.

Após, realizou-se a filtração, aplicando-se 1 bar, a temperatura ambiente, alcançando uma remoção de contaminante de 43,76%.

Hosseini e Toosi (2019) alcançaram uma remoção de aproximadamente 61% de 2,4-D e outros contaminantes, com concentração de  $20 \text{ mg L}^{-1}$ , filtrando a solução nas condições de 1 bar e  $25^\circ\text{C}$ , utilizando-se membranas de polisulfona funcionalizadas com óxido de grafeno e óxido de titânio.

Deste modo, a fim de aumentar a remoção, realizou-se a funcionalização na superfície de uma outra membrana de PSF (M2), proveniente da mesma folha polimérica que a M1. A M2 apresentou uma permeabilidade hidráulica de  $7,80 \text{ kg h}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ bar}^{-1}$ , caracterizando-a também, como uma membrana de nanofiltração. A filtração com a M2 foi realizada nas mesmas condições da primeira, e a remoção de 2,4-D foi de 50,19%. Percebe-se que com a presença da camada de carvão, melhorou-se a remoção de 2,4-D, indicando ser um mecanismo que aumenta a eficiência da membrana, proporcionando uma maior seletividade.

Frente a isso, foi realizada uma terceira filtração, utilizando-se uma combinação de duas membranas de PSF, conjunto denominado M3. A caracterização do conjunto resultou em uma permeabilidade de  $1,327 \text{ kg h}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ bar}^{-1}$ . A filtração foi realizada a 1,5 bar e temperatura ambiente, alcançando uma remoção de 78,1%.

Por fim, realizou-se uma filtração com um conjunto de 3 membranas de PSF, denominado M4, produzidas com uma composição de 10% PSF, 15% PVP e 75% DMA, a fim de verificar a remoção utilizando uma membrana funcionalizada e duas puras, com maior permeabilidade hidráulica. A permeabilidade hidráulica obtida para

o conjunto foi de  $8,854 \text{ kg h}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ bar}^{-1}$ . A filtração foi realizada a 1 bar e a temperatura ambiente, atingindo uma remoção de 67,6%. Com uma maior quantidade de PVP na composição da membrana, aumentou-se a permeabilidade, contudo, a remoção foi prejudicada. Desta forma, nota-se que é melhor utilizar o conjunto M3 para o processo.

## CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, constatou-se que o processo de separação apresentou capacidade para remover contaminante. O processo combinado de membranas com menor permeabilidade sendo uma funcionalizada, promoveu a retenção aproximadamente 80% de 2,4-D, proporcionando a junção de dois processos de separação: a adsorção e a filtração.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Estadual de Maringá (UEM) pela estrutura fornecida. Além disso, os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná (FA) pelo apoio financeiro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BILAL, M.; IQBAL, M. N.; BARCELÓ, D. Persistence of pesticides-based contaminants in the environment and their effective degradation using laccase-assisted biocatalytic systems. *Science of the Total Environment*, v. 695, p. 1–17, 2019. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.133896.

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

HOSSEINI, N., TOOSI, M. R. Removal of 2,4-D, glyphosate, trifluralin, and butachlor herbicides from water by polysulfone membranes mixed by graphene oxide/TiO<sub>2</sub> nanocomposite: study of filtration and batch adsorption. *J Environ Health Sci Engineer*, v. 17, p. 247–258, 2019. <https://doi.org/10.1007/s40201-019-00344-3>.

SHAHID, M. K.; KASHIF, A.; FUWAD, A.; CHOI, Y. Current advances in treatment technologies for removal of emerging contaminants from water – A critical review.

33° Encontro Anual de Iniciação Científica  
13° Encontro Anual de Iniciação Científica Júnior



10 e 11 de Outubro de 2024

Coordination Chemistry Reviews, v. 442, 213993, 2021. DOI:  
10.1016/j.ccr.2021.213993.

