

SIMULAÇÃO NUMÉRICA DO TRATAMENTO DE ÁGUAS PRODUZIDAS VIA MEMBRANA CERÂMICA TUBULAR

Hortência Luma Fernandes Magalhães¹; Helton Gomes Alves²; Veruska do Nascimento Simões³;
Antonio Gilson Barbosa de Lima⁴; Severino Rodrigues de Farias Neto⁵
^{1,2,3,5} UAEQ/UFCG, hortencia.luma@gmail.com; helton.02@hotmail.com;
veruskasimoes@hotmail.com; severino.rodrigues@ufcg.edu.br
⁴ DEM/UFCG, antonio.gilson@ufcg.edu.br

Introdução

O descarte de águas contaminadas com óleo oriundas das atividades de exploração e produção de óleo e gás é uma problemática crescente na indústria de petróleo, onde essas águas produzidas precisam ser tratadas antes de sua devolução ao meio ambiente. Segundo as especificações regulamentadas pelo órgão de controle ambiental, o teor de óleos e graxas em efluentes não podem exceder 20mg/l (CONAMA N°20/Art.21, 1986).

A água produzida pode ser definida como qualquer água presente em um reservatório. Durante a fase de produção a água escoada juntamente com o petróleo bruto ou gás natural para a superfície. Essa água é, geralmente, composta por uma mistura de hidrocarbonetos gasosos ou líquidos, sólidos dissolvidos (carbonatos, sulfatos, cloreto de sódio, cloreto de potássio, cloreto de cálcio e cloreto de magnésio) e de sólidos em suspensão (areia, lama, argila, gesso, etc.). Óleo disperso pode ser considerado como um poluente importante, por causa dos seus efeitos tóxicos, impactando a vizinhança da área de descarte. A concentração deste contaminante depende de diferentes fatores, tais como: a densidade do óleo, tensão interfacial entre as fases óleos/água, o tipo e a eficiência do tratamento químico, e do tipo, tamanho, e eficiência do equipamento de separação física (FARIAS *et al.*, 2011).

Os métodos utilizados atualmente no tratamento de águas oleosas empregam métodos físico-químicos e têm se mostrado onerosos e, em muitas situações, de baixo desempenho em situações complexas e heterogêneas. Dentre essas técnicas podem ser destacadas a decantação, separação centrífuga, flotação, filtração, entre outros.

Os processos que envolvem a filtração, em especial os que utilizam membranas como meio filtrante, têm se destacado devido às várias características que as levam a ter melhor relação custo/benefício, simplicidade de operação, baixo custo energético, vida útil longa e uniformidade da qualidade do permeado durante todo o processo.

Alguns trabalhos têm sido reportados na literatura empregando a fluidodinâmica computacional como uma ferramenta no estudo dos processos de separação por membranas, dos quais podem ser destacados os trabalhos de Darcovich *et al.* (1997) e Geraldles *et al.* (2000) utilizando membranas do tipo placa plana; Serra *et al.* (1999) e Serra e Wiesner (2000) usando membranas circulares; Bellhouse *et al.* (2001) e Souza (2014) utilizaram membranas tubulares.

Neste sentido, o objetivo do presente trabalho foi avaliar empregando a fluidodinâmica computacional (CFD), o efeito da variação local da espessura da camada limite de concentração e do diâmetro da partícula de soluto (óleo) sobre os perfis de concentração no processo de separação água/óleo via membrana cerâmica tubular bidimensional.

Metodologia

O domínio de estudo corresponde a membrana tubular cerâmica constituída por um tubo de diâmetro de 0,03 m, e 3 m de comprimento, de acordo com as dimensões utilizadas no trabalho de Damak *et al.*, (2004), sendo, portanto, submetida a um escoamento tangencial de

águas oleosas. Como a membrana possui simetria angular, foi utilizada apenas uma seção transversal no plano YZ. Para a realização da simulação numérica foi gerada uma malha, utilizando o software ICEM CFD, com 205056 elementos e 180000 nós, com concentração dos elementos próximo à superfície da membrana. As equações de conservação de massa, momento linear e transporte de massa foram resolvidas com auxílio do software ANSYS CFX 15, adotando as seguintes considerações: viscosidade e densidade dos fluidos constantes e iguais às do solvente puro, o coeficiente de difusão do soluto é considerado constante, escoamento em regime laminar e permanente, incompressível e meio poroso isotrópico, a velocidade de permeação local é determinada de acordo com a teoria de resistências em série, a camada de concentração é assumida como sendo homogênea e a equação Carmen-Kozeny é válida, o efeito gravitacional desprezível, o perfil de velocidade é assumido axial parabólico e laminar totalmente desenvolvido na seção transversal de entrada da membrana tubular, simetria em relação à coordenada angular, a obstrução do meio poroso pelo soluto é desconsiderada, a adsorção do soluto na superfície de contato da membrana, juntamente com possíveis reações são desconsideradas, a resistência proveniente da polarização por concentração, ou seja, da camada de concentração que se forma na interface fluido-membrana foi considerada, a rugosidade local foi desprezada.

Resultados e discussão

Foi realizada uma análise da variação local da espessura da camada limite de concentração e da influência do diâmetro da partícula sobre os perfis de concentração, em uma membrana tubular bidimensional, para valores do número de Reynolds (300, 600 e 1000). Observa-se que a camada limite aumenta com a distância adimensional z/d , e que sua espessura diminui com o aumento do número de Reynolds, ocasionando o aumento da pressão transmembrana, e com isso o transporte por convecção de um número maior de partículas para próximo da superfície da membrana, resultado semelhante foi observado por Damak *et al.* (2004), Pak *et al.* (2008). Além disso, foi analisado a influência do diâmetro da partícula de soluto sobre os perfis de concentração adimensional ao longo do eixo z para diferentes valores (47 μm , 51 μm e 55 μm). Observa-se que a variação do diâmetro da gota de óleo, d_p , influencia no perfil de concentração de soluto, como também pode-se verificar um aumento na concentração adimensional de óleo na superfície da membrana, de 2,11 para 2,53, com a variação do diâmetro de 47 μm para 55 μm .

Conclusões

Baseado nos resultados obtidos nas simulações numéricas do processo de separação água/óleo via membrana tubular pode-se concluir que:

- O modelo matemático conseguiu prever o comportamento do fluido no processo de separação água/óleo via membrana tubular, proporcionando um bom entendimento da fluidodinâmica do escoamento;
- Os resultados numéricos demonstram que aumento do número de Reynolds axial conduz a uma redução da espessura da camada limite de concentração;
- O aumento do diâmetro da partícula de óleo (soluto) influencia na formação da camada de polarização por concentração tornando-a mais permeável.

Palavras-Chave: Polarização por concentração, Fluidodinâmica computacional, Meio poroso.

Referências

CONAMA N°20/ART.21, RE. Resolução CONAMA n°20, de 18 de junho de 1986.

FARIAS, F.P.M.; SOUZA, J.S.; LIMA, W.C.P.B.; MACÊDO, A.C.; FARIAS NETO, S.R; LIMA, A.G.B., Influence of Geometric Parameters of the Hydrocyclone and Sand Concentration on the Water/Sand/Heavy-Oil Separation Process: Modeling and Simulation. The International Journal of Multiphysics, v. 5, n. 3, p. 202, 2011.

DARCOVICH, K.; DAL-CIN, M.M.; BALLEVRE, S.; WAVELET, J.P., CFD assisted thin channel membrane characterization module. Journal of Membrane Science, v.124, n. 2, p. 181-193, 1997.

GERALDES, V.; SEMIÃO, V.; PINHO, M.N., Numerical modeling of mass transfer in slits with semi-permeable membrane walls. Engineering Computations, v. 17, n. 3, p. 192-217, 2000.

SERRA, C.A.; WIESNER, M.R.; LAÏNÉ, J.M., Rotating membrane disk filters: design evaluation using computational fluid dynamics, Chemical Engineering Journal, v. 72, n. 1, p. 1-17, 1999.

SERRA, C.A.; WIESNER, M.R., A comparison of rotating and stationary membrane disk filters using computational fluid dynamics, Journal of Membrane Science, v. 165, n. 1, p.19-29, 2000.

BELLHOUSE, B.J.; COSTIGAN, G.; ABHINAVA, K.; MERRY, A., The performance of helical screw-thread inserts in tubular membranes, Separation and Purification Technology v.22-23, p.89-113, 2001.

SOUZA, J. S. DE., Estudo teórico do processo de microfiltração em membranas cerâmicas, 2014. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos), Universidade Federal de Campina Grande, PB, Brasil, p.134.

DAMAK, K.; AYADI, A.; SCHMITZ, P.; ZEGHMATI, B., Modeling of cross-flow membrane separation processes under laminar flow conditions in tubular membrane, Desalination, v.168, p. 231-239, 2004.

PAK, A.; MOHAMMAD, T.; HOSSEINALIPOUR, S.M.; ALLAHDINIB, V., CFD modeling of porous membranes, Desalination, v.222, n. 1-3, p. 482-488, 2008.

CUNHA, A. L., Tratamento de efluentes da indústria de petróleo via membranas cerâmicas – Modelagem e simulação, Tese (Doutorado em Engenharia de Processos), Universidade Federal de Campina Grande, PB, Brasil, 201p, 2014.

MAGALHÃES, H. L. F., Estudo da termofluidodinâmica do tratamento de efluentes usando membranas cerâmicas: Modelagem e simulação, Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Universidade Federal de Campina Grande, PB, Brasil, 100p, 2017.