

ESTUDO NUMÉRICO DO PROCESSO DE TRATAMENTO DE ÁGUA OLEOSA VIA MEMBRANA CERÂMICA PROVENIENTE DA INDÚSTRIA PETROQUÍMICA

Helton Gomes Alves¹; Hortência Luma Fernandes Magalhães²; Wanessa Raphaella Gomes dos Santos³; Antonio Gilson Barbosa de Lima⁴; Severino Rodrigues de Farias Neto⁵
^{1,2,5} UAEQ/UFCG, helton.02@hotmail.com; hortencia.luma@gmail.com; s.fariasn@gmail.com
³ UAEP/UFCG, wanessa.raphaella@yahoo.com.br
⁴ DEM/UFCG, gilson@dem.ufcg.edu.br

Introdução

Durante o processo de produção de petróleo ocorre geralmente a produção simultânea de óleo, água, gás e areia. Inicialmente a separação líquido-gasosa é realizada através de separadores bifásico-trifásicos em série. A corrente de gás dependendo da quantidade segue para uma UPGN (Unidade de Processamento de Gás natural) ou pode ser queimado devido à inviabilidade econômica de tratamento. O óleo na saída do tanque de lavagem está misturado com água na forma de gotículas dispersas, segue para tratadores eletrostáticos para retirada da água e outros contaminantes (SILVEIRA, 2006). E a água oleosa segue para unidade de tratamento para ser reutilizada ou descartada. Nessa etapa utilizam-se flotores, hidrociclones, membranas, dentre outros.

Os processos de separação por membranas vêm se destacando por ocorrerem, normalmente, sem que haja mudança de fase, economizando energia, e as propriedades das membranas podem ser ajustadas de acordo com a aplicação em questão (THOMAS *et al.*, 2001). Durante o processo de separação as membranas dividem os componentes das suspensões baseando-se no tamanho, carga, forma e interações moleculares entre soluto e sua superfície. Nesses processos, uma corrente de alimentação é fracionada em duas, o concentrado, corrente que contém os contaminantes inicialmente presentes na corrente de alimentação, e o permeado, fração de líquido que passou através da membrana.

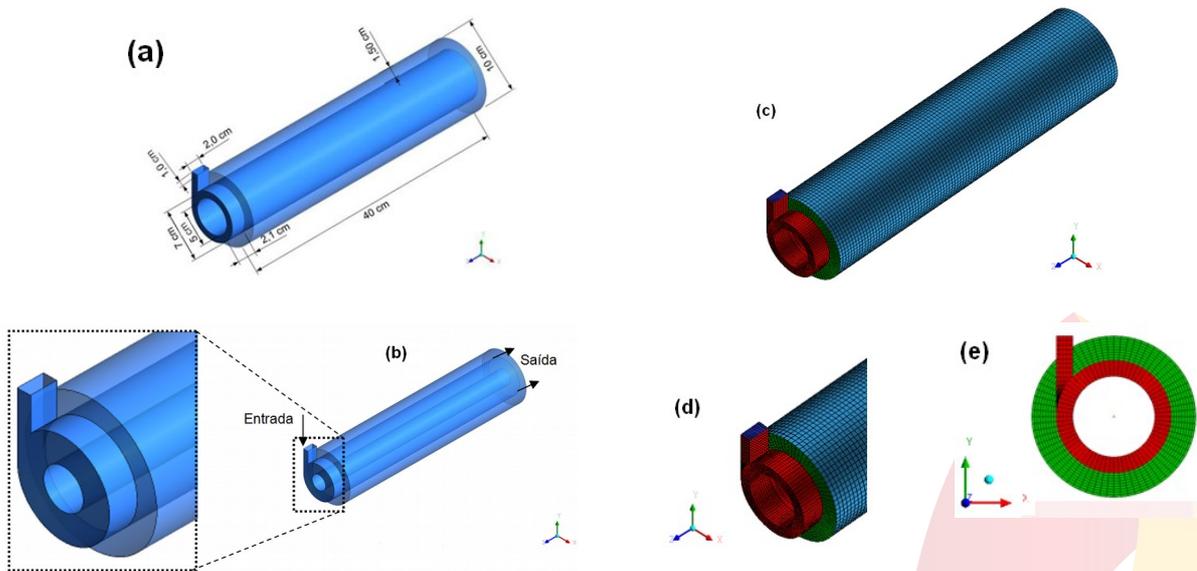
Baseado no exposto, o presente trabalho é motivado pela crescente importância dos processos de separação usando membranas, em especial as cerâmicas (classe especial das membranas) e pelo fato de que a maioria dos trabalhos reportados na literatura empregam membranas poliméricas, tanto experimentais como numéricos, tem como objetivo avaliar numericamente o processo de separação água/óleo utilizando um módulo do tipo duplo tubo com uma entrada e uma saída tangencial, sendo o tubo externo uma membrana cerâmica.

Metodologia

O domínio de estudo corresponde a um módulo do tipo duplo tubo, sendo o tubo externo o meio poroso (membrana cerâmica) de espessura de 3,5cm, que funciona como barreira a passagem das gotículas de óleo e o tubo interno impermeável. Na Figura 1.a está representada a geometria do domínio de estudo e suas respectivas dimensões. Foi utilizado o ICEM CFD para criar o domínio de estudo a partir de criação de pontos, curvas e superfície que delimitam e compõem as dimensões do módulo. A malha estruturada foi confeccionada utilizando a estratégia de blocagem predefinida empregando elementos hexaédricos. Na Figura 1.c encontra-se a malha utilizada para realizar as simulações, obtida após diferentes refinamentos foi obtida uma malha estruturada formada por 87403 elementos hexaédricos.

Figura 1 – Representação do módulo de separação munido com uma membrana cerâmica (a) e Detalhes da

entrada (b). Representação da malha numérica do módulo de separação em estudo (c), bem como os detalhes de cada entrada (d) e (e).



O modelo matemático definido para descrever o processo de separação água/óleo com auxílio de um meio poroso é baseado na generalização das equações (Navier-Stokes) de conservação de massa e quantidade de movimento adotando a abordagem Euleriana-Euleriana, bem como o modelo de turbulência RNG $k-\epsilon$. Foram adotadas as seguintes considerações: Fluido Newtoniano incompressível e com propriedades físicas e químicas constantes; Regime permanente; Escoamento isotérmico; A reação química, transferência de massa entre as fases e fonte de massas são desconsiderados; As forças interfaciais de arraste foram consideradas; As gotículas de óleo (0,010 mm de diâmetro) são consideradas esféricas e não deformam; O modelo matemático não prediz o fenômeno de retenção das partículas ou das moléculas em um meio poroso, contudo considera a dificuldade ou a resistência à passagem das fases (óleo e água) em meios porosos.

Resultados e discussão

Foi realizada uma análise qualitativa sobre os campos de fração volumétrica, campos de pressão e velocidade superficial da água sobre os planos longitudinal e transversal.

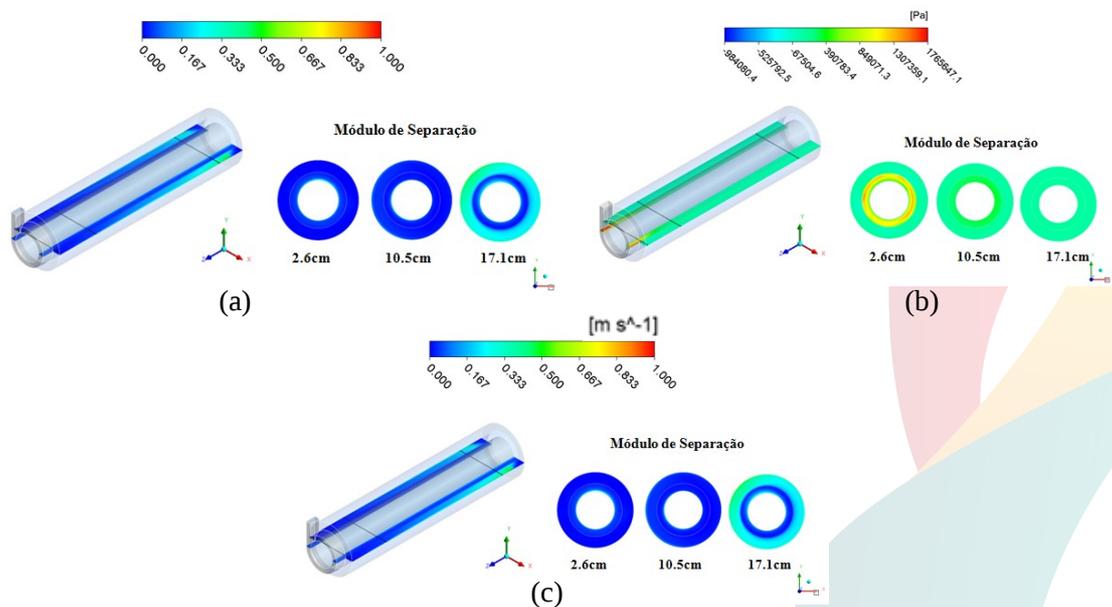
A Figura 2.a apresenta os campos de fração volumétrica sobre os planos longitudinal e transversal. Os resultados obtidos evidenciam um avanço lento do óleo no interior da membrana, indica que estas dimensões dificultam a saturação da membrana com óleo. Nota-se, uma saturação da membrana apenas nas proximidades da saída da corrente do concentrado, onde a intensidade turbilhonar é mínima (onde o momento angular é inferior ao momento axial) conduzindo um aumento na saturação do óleo, comportamento semelhante obtido por Vieira *et al.* (2012) ao estudar a influência da área de seção transversal do duto retangular de alimentação no dispositivo anular com uma membrana cerâmica no processo de separação água/óleo, e Costa (2014) ao avaliar numericamente a influência da porosidade de uma membrana cerâmica em um o processo de separação água/óleo.

A Figura 2.b apresenta os campos de pressão sobre os planos longitudinal e transversal. Percebe-se, de um modo geral, que há uma pequena variação, apenas próxima a entrada tangencial, onde a intensidade turbilhonar é mais proeminente, resultado semelhante obtido por Souza (2014) ao realizar um estudo da fluidodinâmica do escoamento de fluidos em tubos permeáveis (membrana cerâmica porosa tubular), em regime laminar. Ao se afastar da entrada tangencial há uma redução da intensidade turbilhonar decorrente da redução do

momento angular devido ao aumento do momento axial. Este fato é consequência da transferência de quantidade de movimento do fluido ao atingir as paredes do tubo interno e da membrana do módulo de separação convertendo assim parte da energia cinética em energia potencial, ruído e calor.

A Figura 2.c apresenta os campos de velocidade superficial da água sobre os planos longitudinal e transversal. Nota-se um comportamento semelhante ao do campo de pressão. É possível destacar que a variação, tanto nos campos de pressão, quanto nos campos de velocidade, são mais proeminentes próximos à entrada tangencial, onde a força centrífuga age com maior influência sobre as forças que atuam sobre o fluido.

Figura 2 – (a) Distribuição da fração volumétrica; **(b)** Distribuição da pressão e **(c)** Perfil de velocidade superficial da água no plano longitudinal ZX nas posições angulares e pelos planos transversais em diferentes posições sobre o plano XY.



Conclusões

Com os resultados numéricos da simulação do processo de separação de água/óleo através de um módulo munido com uma membrana cerâmica pode-se concluir que a modelagem matemática proposta foi capaz de representar os fenômenos físicos envolvidos no processo de separação de água/óleo via membrana cerâmica.

Palavras-Chave: Separação água/óleo; Membranas cerâmicas; Simulação; CFX.

Referências

- COSTA, A. B.; FARIAS NETO, S. R. **TRATAMENTO DE ÁGUAS CONTAMINADAS VIA MEMBRANA CERÂMICA: MODELAGEM E SIMULAÇÃO**. 2014. In: XI Congresso de iniciação científica da Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2014.
- SILVEIRA, M. A. C. R. **Controle de um processo de tratamento primário de petróleo**. 2006. Dissertação de Mestrado – COPPE - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2006.
- SOUZA, J. S. **Estudo Teórico do Processo de Microfiltração em membranas cerâmicas**. 2014. Tese de Doutorado (Engenharia de Processos) – PPGEF - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB, 2014.
- THOMAS, J.E.; TRIGGIA, A. A.; CORREIA, C.A.; VEROTTO FILHO, C.; XAVIER, J.AD.; MACHADO, J.C.V., **Fundamentos de Engenharia do Petróleo**, ed. Interciência: Petrobrás, Rio de Janeiro, Brasil, 2001
- VIEIRA, T. M.; SOUZA, J. S.; BARBOSA, S. E.; CUNHA, A. L.; FARIAS NETO, S.R.; LIMA, A. G. B., Numerical Study of oil/water separation by ceramic membranes in the presence of turbulent flow. **Advances in Chemical Engineering and Science**, v. 2, p. 257, 2012.