



## TRATAMENTO DE ÁGUA PRODUZIDA PROVENIENTE DA INDÚSTRIA DE PETRÓLEO VIA COLUNA FLOTANTE COM CHICANAS

Claudiane dos Santos Marinho<sup>1</sup>; João Inácio Soletti<sup>1</sup>; José Luis Gomes Marinho<sup>1</sup>; Sandra Helena Vieira de Carvalho<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Alagoas, Unidade Acadêmica de Engenharia Química – [jsoletti@ctec.ufal.br](mailto:jsoletti@ctec.ufal.br)

### RESUMO

Na indústria petrolífera, durante a extração do petróleo, ocorre uma acentuada produção secundária de água oriunda do processo de injeção de poços. Esta água produzida, quer seja para reinjeção ou descarte, deve ser tratada. Dentre os processos para seu tratamento, a flotação se destaca devido a sua simplicidade de operação e alta eficiência. A flotação consiste na aderência de microbolhas nas partículas oleosas, possibilitando a sua flutuação. O objetivo deste trabalho é projetar uma coluna flotante, com chicanas, objetivando aumentar o fluxo de bolhas e do efluente. A coluna projetada mostrou-se bastante eficiente com remoção de óleo de até 74,1%, ao utilizar uma configuração co-corrente.

**Palavras-chave:** Petróleo, Água Produzida, Flotação.

### 1. INTRODUÇÃO

A fiscalização, por partes dos órgãos públicos, com relação aos impactos ambientais tem sido bastante intensa e as indústrias têm se preocupado com o tratamento de seus efluentes e, principalmente, com a sua imagem perante a sociedade (SILVA *et al.*, 2008).

Na indústria petrolífera, na extração do óleo e gás, há geração de um enorme volume de água de produção. Ao longo da vida produtiva de um reservatório pode coexistir a produção de hidrocarbonetos e água, podendo chegar até 100% em volume de água, em virtude do decaimento da produção de óleo e gás. A água é um dos principais efluentes ligados às atividades de extração e produção do petróleo e esta contém componentes corrosivos, tais como os cloretos e os altos níveis de sólidos dissolvidos (DEYAB e EL-REHIM, 2014). Essa água é tratada com o intuito de recuperar parte do óleo presente e, posteriormente reinjetada ou descartada

em mananciais. O descarte, por sua vez, sem um prévio tratamento, afetará negativamente o meio ambiente, devido à presença de elevada quantidade de compostos orgânicos e produtos químicos tóxicos (CAMPOS *et al.*, 2012; SILVA *et al.*, 2010).

Nos acidentes com derramamento de petróleo em grandes extensões no mar, alguns dos principais impactos negativos estão relacionados à formação de uma camada de óleo sobre a área atingida, impedindo a passagem de luz para a realização da fotossíntese, quanto desequilibrando toda a cadeia alimentar.

O uso de vasos gravitacionais, flotação, centrifugação e utilização de hidrociclones são os principais meios de tratamento de água de produção (SILVA *et al.*, 2008).

Vários estudos foram realizados para verificar a remoção de óleo na água produzida usando algumas operações unitárias. Delin *et al.* (2007) investigou a separação através de um filtro biológico aerado, Ebrahimi *et al.* (2009) estudou a



remoção de óleo por membranas de cerâmica e Bensadok *et al.* (2007) estudou o processo de separação do óleo por coagulação seguida de flotação por ar dissolvido.

A flotação se destaca por apresentar simplicidade, flexibilidade e eficiência na sua operação, requer pouco espaço físico, gera um pequeno e concentrado volume de lama e pode ser utilizada em pequena, média e larga escala, além de ter o emprego de menores concentrações de coagulantes e/ou floculantes (MARTINS e CASQUEIRA, 2009).

Este processo é definido como um processo de separação de partículas via adesão de bolhas (SCHOENHALS *et al.*, 2006) e é dada pela injeção de microbolhas de ar no fundo da coluna. As micro-bolhas ao subirem aderem às partículas oleosas, formando compostos de “partícula-gás” com densidade menor que a do líquido, possibilitando-se com isso a sua flutuação (COUTINHO e SPERLING, 2007).

Gu e Chiang (1999) desenvolveram uma coluna flotante com multi-estágio para promover movimentação cíclica do fluido, aumentando a mistura do gás no líquido, reduzindo a coalescência das bolhas que circulam numa mesma direção.

Devido à necessidade de melhora de desempenho dos processos existentes para remoção de óleo em soluções aquosas, este trabalho visa avaliar a eficiência do tratamento da água de produção proveniente da indústria de petróleo através do processo de flotação por ar dissolvido, propondo alterações na concepção do projeto dos processos atualmente desenvolvidas pelo setor industrial. A implementação de chicanas na coluna flotante aumenta o contato partícula-gás, possibilitando a recirculação do fluido interno.

Desta forma, o presente trabalho visa avaliar a eficiência do tratamento da água produzida, proveniente da indústria de petróleo, através do processo de

flotação por ar dissolvido usando chicanas internas

## 2. METODOLOGIA

### 2.1. °API do Petróleo

O grau °API do petróleo foi calculado através da equação 1. A densidade do petróleo e da água foi obtida através do processo de picnometria a 15,6°C.

$$^{\circ} API = \frac{141,5}{\frac{\rho_{\text{óleo}}}{\rho_{\text{água}}}} - 131,5 \quad [1]$$

### 2.2. Unidade Experimental

A unidade experimental, Figura 1, é composta de uma coluna de flotação um vaso de pressão, onde são geradas as micro-bolhas, e um tanque onde foi gerado o efluente sintético. O efluente avaliado foi condicionado a 60 ppm de petróleo em água. O vaso de pressão foi mantido a 6 kgf/cm<sup>2</sup>.

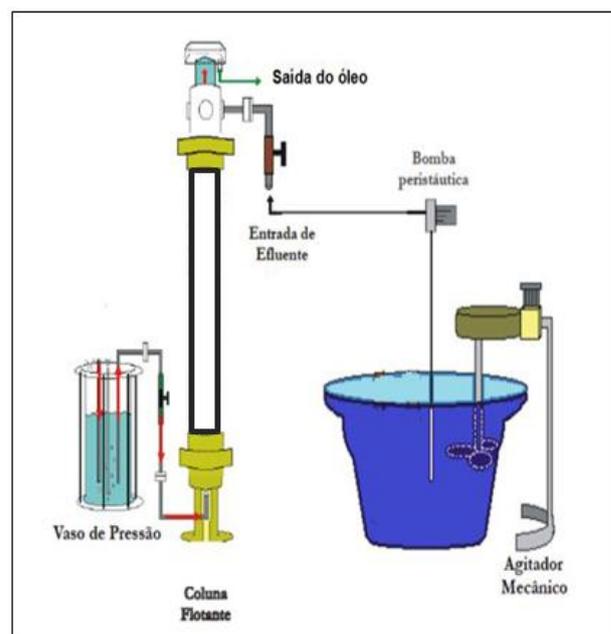


Figura 1: Unidade esquemática de flotação.



Inicialmente foi realizado um estudo com escoamento água-ar na coluna, para observação da distribuição de velocidade das bolhas.

Em seguida, foi estudada as maneiras de entrada do efluente na coluna, em contra-corrente e co-corrente com a água de diluição (ar saturado na água proveniente do vaso de pressão).

Tal estudo foi realizado. Observando a eficiência de remoção de óleo, em termos do Teor de Óleo e Graxas (TOG), com o uso do efluente sintético.

### 2.3. Projeto das colunas internas

A coluna foi construída em acrílico e tem diâmetro de 9,5 cm e altura de 1,68 m. A configuração interna da coluna com chicanas possui diâmetro de 3,2 cm e altura de 1,34 m, com três chicanas de borracha que foram espaçadas igualmente. E a coluna sem chicanas tem altura de 134,1 cm e diâmetro de 3,2 cm. O corpo das colunas projetadas são ilustradas na Figura 2.

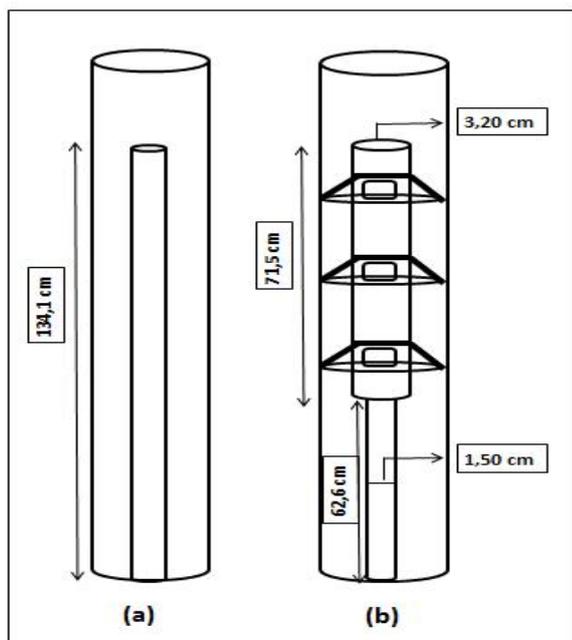


Figura 2: Desenho esquemático da coluna com chicanas (a) e sem chicanas (b), com suas dimensões.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao projetar as colunas internas, realizou-se um escoamento água-ar para visualizar o fluxo das microbolhas em configuração co-corrente na colunas com chicanas e sem chicana e verificou-se que ao utilizar chicanas, houve uma recirculação do escoamento das bolhas pelos orifícios abaixo de cada chicana, bem como uma maior concentração de bolhas no topo da coluna, Figura 13a, o retângulo preto destaca cada chicana. E o mesmo não foi observado para a coluna sem chicanas (Figura3b), pois houve um arraste das bolhas para a base da coluna.

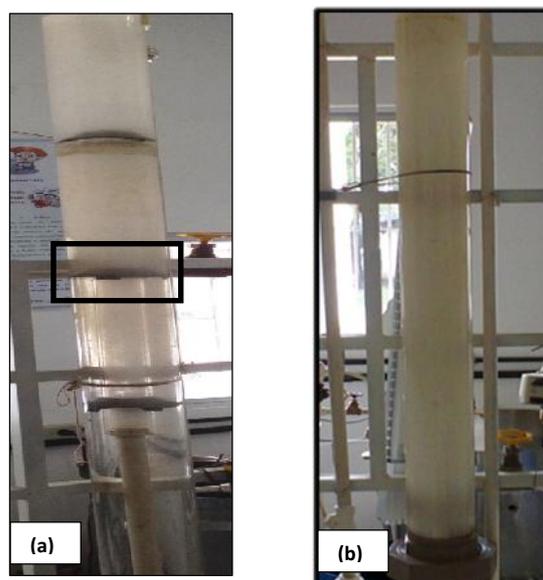


Figura 3: Coluna flotante com: (a) Chicanas e (b) sem Chicanas.

Os estudos realizados com o efluente sintético utilizou um petróleo leve com 37,75 °API e a coluna com chicana, pois a mesma promove a recirculação com microbolhas. A Tabela 1 apresenta os resultados de eficiência em termos de percentual de remoção em óleo, em base do  $TOG_o$ (inicial) e  $TOG_f$ (final) para a configuração contra-corrente e co-corrente. E a partir desta, observa-se que a configuração co-corrente apresentou ser mais viável com remoção de óleo de 74,1% e diferença de 17% em relação a



contra-corrente. Tal fato ocorre, devido a mesma promover um maior tempo de residência da microbolha com a gotícula oleosa, acarretando uma maior separação do óleo da água.

Tabela 1 – Resultados comparativos das configurações.

Configuração	Contra-Corrente	Co-Corrente
TOG <sub>o</sub>	60,7	61,4
TOG <sub>f</sub>	26,1	15,9
% Remoção	57%	74,1%

Ao realizar o experimento acima foi tirada algumas fotos (Figura 4) para mostrar a concentração de óleo no topo da coluna durante a operação. A Figura 4a mostra o efluente inicialmente na coluna e a Figura 4b mostra o óleo se concentrando no topo da coluna, 5 minutos de operação.



Figura 4 : Ilustração da unidade flotação operando com (a) 0min e (b) 5min.

#### 4. CONCLUSÕES

Diante dos estudos realizados, o processo de flotação por ar dissolvido mostrou-se bastante viável para o tratamento de água produzida, apresentado maiores eficiências ao se trabalhar com colunas com chicanas e configuração co-corrente, pois promove uma maior recirculação das microbolhas e um maior tempo de residência das microbolhas com o óleo, respectivamente.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENSADOK, K; BELKACEM, M; NEZZAL, G. **Treatment of Cutting Oil/Water Emulsion by Coupling Coagulation and Dissolved Air Flotation**. Desalination, v. 206, p. 440–448, 2007.

CAMPOS, W.K.S; BUARQUE, F.S; JÚNIOR, R.O.M; SILVA, D.P; RUZENE, D.S. **Estudo sobre as principais tecnologias para tratamento da água produzida**. Cadernos de graduação. Ciências exatas e tecnologias. v.1,n.15, p.141-151.Sergipe, 2012.

COUTINHO, W; SPERLING, M.V. **Emprego da flotação a ar dissolvido no tratamento de cursos d'água**. Dissertação de Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

DELIN, S; JIANLONG, W; KAIWEN, I; DING, Z. **Kinetic performance of oil-field produced water treatment by biological aerated filter**. Chin. J. Chem. Eng. v. 15, p. 591-594, 2007.

DEYAB, M.A; EL-REHIM S.S. **Effect of Succinic Acid on Carbon Steel Corrosion in Produced Water of Crude Oil**. Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers.v 45, p. 1065–1072, 2014.



EBRAHIMI, M; ASHAGHI, K.S; ENGEL, L;  
WILLERSHAUSEN, D; MUND, P;  
BOLDUAN, P; CZERMAK, P.  
**Characterization and application of  
different ceramic membranes for the  
oil-field produced water treatment.**  
Desalination, v.245, p. 533–540, 2009.

GU, X; CHIANG, S.H. **A novel flotation  
column for only water cleanup.**  
Separation and Purification Technology,  
v.16, p. 193-203, 1999.

MARTINS, A.L.S; CASQUEIRA, R.G.  
**Remoção de chumbo e bário de um  
efluente aquoso via flotação por ar  
dissolvido.** Dissertação de Mestrado em  
Engenharia Química, Universidade  
Federal Rural do Rio de Janeiro,  
Seropédica, 2009.

MORUZZI, R. B; REALI, M. A. P. **Método  
para determinação de distribuição de  
tamanho de microbolhas (DTMB) em  
sistemas flotação (FAD) para  
tratamento de águas utilizando a  
análise de imagem digital.** Engenharia  
Sanitária e Ambiental, v.12, n.3, Rio de  
Janeiro/RJ, 2007.

SILVA, P.K.L; NETO, A.D.D; MELO,  
J.L.S. **Remoção de óleo da água de  
produção por flotação em coluna  
utilizando tensoativos de origem  
vegetal.** Dissertação de Mestrado em  
Engenharia Química, Universidade  
Federal do Rio Grande do Norte, Natal,  
2008.

SILVA, S.S; FILHO, O.C; NETO, E.L.B.  
**Avaliação dos processos de flotação e  
oxidação avançada para o tratamento  
de efluente modelo da indústria do  
petróleo.** Dissertação de Mestrado em  
Engenharia Química, Universidade  
Federal do Rio Grande do Norte, Natal,  
2010.

SCHOENHALS, M; JOSÉ, H.J;  
MOREIRA, R.F.P.M. **Avaliação da  
eficiência do processo de flotação**

**aplicado ao tratamento primário de  
efluentes de abatedouro avícola.**  
Dissertação de Mestrado em Engenharia  
Química, Universidade Federal de Santa  
Catarina, Florianópolis, 2006.