



XXI Congresso Brasileiro  
de Engenharia Química

Fortaleza/CE  
25 a 29 de setembro



XVI Encontro Brasileiro sobre o  
Ensino de Engenharia Química  
Fortaleza/CE  
25 a 29 de setembro

# TRATAMENTO DE EMULSÃO ÁGUA/ÓLEO POR ELETROFLOTAÇÃO UTILIZANDO ELETRODOS INERTES DE GRAFITE E ADSORÇÃO COM CARBONO ATIVADO

R. M. M. LIMA<sup>1</sup>, M. F. C. de OLIVEIRA<sup>2</sup>, R. M. FROTA<sup>3</sup> e M. L. M. LIMA<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Química

<sup>2</sup> Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Química

<sup>3</sup> Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Química

<sup>4</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Departamento de Química e Meio Ambiente

E-mail para contato: [ruthmaria.ufc@gmail.com](mailto:ruthmaria.ufc@gmail.com)

**RESUMO** – *O objetivo do trabalho foi analisar a eficiência do processo de eletroflotação com eletrodos inertes de grafite no tratamento de emulsão sintética água/óleo com o mínimo de insumos químicos, visando o tratamento de efluentes e o reuso da água. No processo utilizou-se corrente contínua de 12V e 1,2A para a desestabilização da emulsão e eletrólise da água. Como eletrólito suporte utilizou-se Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,15 mol/L, escolhido por ser um eletrólito forte e, nas condições aplicadas, não sofrer decomposição, evitando a formação de outros pares redox, que poderiam interferir no sistema estudado. Após eletrólise a solução sofreu tratamento adsorptivo com carbono ativado para a remoção de turbidez e do agente emulsificante. Com base nos ensaios realizados pode se afirmar que o processo de eletroflotação é uma alternativa promissora para o tratamento de efluentes com emulsão água/óleo. A eficiência média do processo foi de 96%, com total remoção de turbidez, mostrando-se economicamente viável e ambientalmente correto.*

## 1. INTRODUÇÃO

A água é um fator essencial para a sobrevivência e o crescimento da população terrestre e indispensável para o desenvolvimento econômico de cada localidade, seja por meio de atividades industriais ou agropecuárias. Por esse motivo ela caracteriza-se como um bem de importância global. Porém, o ineficaz sistema de tratamento de água e conseqüentemente o descarte de esgotos não tratados nos corpos de água e a falta de conscientização ambiental da população mundial, governantes e empresários reflete na degradação dos recursos hídricos (TELLES, COSTA, 2007), um dos principais problemas da sociedade contemporânea.

Os problemas ocasionados devido à escassez de água no mundo, confirmam que há a necessidade do desenvolvimento de novas tecnologias e otimização das técnicas existentes para tratamento de efluentes. Muitos pesquisadores e cientistas tem por objetivo o desenvolvimento de processos alternativos aos convencionais, que sejam eficazes e economicamente viáveis para o tratamento dos efluentes residenciais e industriais.

O tratamento por eletroflotação vem se mostrando eficiente e ganhando espaço dentre as

PROMOÇÃO

REALIZAÇÃO

ORGANIZAÇÃO





XXI Congresso Brasileiro  
de Engenharia Química

Fortaleza/CE  
25 a 29 de setembro



XVI Encontro Brasileiro sobre o  
Ensino de Engenharia Química  
Fortaleza/CE  
25 a 29 de setembro

técnicas utilizadas. Este processo se dá pela passagem de corrente em um sistema eletrolítico com dois eletrodos. Segundo HOSNY, 1996, o processo de eletroflotação ocorre devido a formação de bolhas de gás hidrogênio e oxigênio na superfície de eletrodos, decorrentes da eletrólise da água e essas bolhas são responsáveis por carregar as micelas para a superfície da célula, facilitando sua remoção.

Nesse contexto, a pesquisa realizada teve por objetivo utilizar a técnica de eletroflotação com eletrodos inertes para o tratamento de uma mistura sintética composta de óleo, água e detergente, substâncias encontradas normalmente, em efluentes domésticos, de forma a obter um produto final com baixa turbidez e pH neutro.

## 1.1. Eletroflotação

Considerando a diversidade e complexidade dos efluentes lançados nos corpos d'água, existe uma preocupação constante na busca de processos de tratamento para uma aplicação adequada e que não degrade ainda mais os escassos recursos hídricos. Como possibilidade viável de tratamento, podemos citar a eletroflotação. Vários pesquisadores vêm estudando a aplicação de diferentes técnicas de flotação. Uma das características que classifica o método de flotação é a formação de bolhas. Para Zoubolis (1995).

A técnica de eletrofloculação vem ganhando popularidade e se tornando uma alternativa reconhecidamente viável frente ao processo convencional de coagulação/floculação (HARIF; ADIN, 2007).

Conforme Brito *et al* (2012) os dispositivos de eletrofloculação (anodos e catodos), são compostos por eletrodos que apresentam polaridades diferentes. Segundo esses pesquisadores, no processo eletroquímico, quando uma voltagem é aplicada, o ânodo é oxidado e o cátodo é reduzido, gerando eletroquimicamente o agente coagulante. O material de carga positiva pode reagir com as cargas negativas da solução, ocorrendo hidrólise que libera hidróxido, responsável pelo tratamento do efluente submetido ao processo.

De acordo com Mollah *et al.* (2001) as principais vantagens da técnica de eletrofloculação em comparação às técnicas convencionais de tratamento de efluentes são: a) Utilização de equipamento simples e de fácil operação, onde a corrente e o potencial aplicado podem ser medidos ou controlados de maneira automatizada. b) maior controle na liberação do agente coagulante, em comparação com os processos convencionais. c). Limitado o uso de substâncias químicas, diminuindo o impacto no meio ambiente natural. d). As bolhas de gás produzidas durante a eletrólise levam o contaminante ao topo do reator, onde pode ser facilmente removido. e) A célula eletrolítica é eletricamente controlada, não necessitando de dispositivos adicionais, o que requer menos manutenção. f) Uma das maiores vantagens da eletrofloculação é a remoção de óleos e graxas, devido à facilidade de coagulação e flotação das moléculas desses compostos.

## 1.2 Eletrodos de carbono-grafite

Essa classe de eletrodo apresenta baixo custo e tem grande área superficial, sendo bastante utilizados para a remoção de compostos orgânicos em reatores eletroquímicos com eletrodos tridimensionais, tais como: leito fixo, eletrodos porosos, leitos fluidizados com partículas de carbono

PROMOÇÃO

REALIZAÇÃO

ORGANIZAÇÃO



(COMNINELLIS e CHEN, 2010).

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para essa pesquisa foram utilizados insumos químicos e métodos físico-químicos de separação de mistura detalhados a seguir.

Preparou-se uma mistura sintética composta por 500 mL de água, 10 mL de detergente de uso doméstico e 50 mL de óleo de soja, substâncias comumente encontradas em efluentes domésticos, onde o detergente atuou como agente emulsificante possibilitando que uma emulsão fosse gerada.

Para a eletroflotação, utilizou-se o sal  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , sulfato de sódio, como eletrólito suporte, para possibilitar a passagem de corrente na mistura, escolhido por ter potencial de redução e oxidação maior que o da água, garantindo, assim, que não haveria a formação de outros compostos pela eletrólise do sal. A fonte utilizada no processo foi de 12V, com corrente de 1,2A. A célula eletrolítica foi desenvolvida a partir de um funil de decantação de 1000mL com um corte horizontal próximo ao topo, possibilitando o afastamento entre os eletrodos de grafite, e facilitando o processo de decantação, conforme mostrado na figura 1.

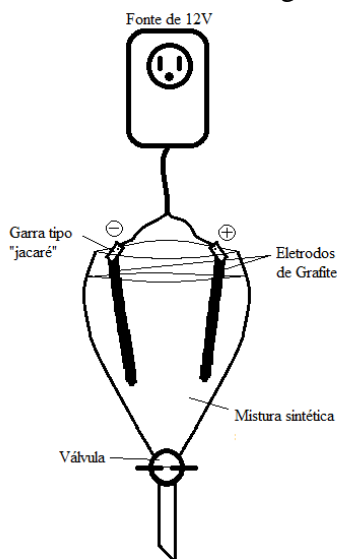


Figura 1 – Esquema da célula eletrolítica.

Fonte: o autor, 2016

Foram realizados testes com diferentes eletrodos: Cobre, Ferro, Alumínio e Carbono-Grafite, figura 2. Com isso, percebeu-se a vantagem do eletrodo inerte, por não depositar resíduos. Ao sofrer oxidação, os metais Cu, Fe, Al se depositaram na água, tornando-se uma contaminação adicional e turvando a emulsão - além do rápido desgaste sofrido por esses eletrodos.



Ferro

Cobre

Alumínio

Carbono Grafite

Figura 2- Testes com diferentes eletrodos.

Fonte: o autor, 2015

Após os testes, os eletrodos de grafite mostrados na figura 3 apresentaram-se como a melhor opção - por ser inerte e não reagir com a mistura, não se desgastar tão rapidamente e ainda ser economicamente viável pelo preço acessível e grande disponibilidade no mercado.



Figura 3- Utilização dos eletrodos de grafite.

Fonte: o autor, 2015

A eletroflotação realizada ocorreu em um tempo aproximado 15 minutos na célula eletrolítica, onde foi possível ver a formação das bolhas na superfície dos eletrodos e, devido a elas, a quebra da emulsão. Após a eletrólise a mistura foi deixada em repouso para decantar e logo em seguida, observou-se as duas fases bem definidas: o óleo e a água.

Após a quebra da emulsão o agente emulsificante ficou dissolvido na fase aquosa da mistura. Para a remoção do surfactante, eliminação de qualquer outra impureza proveniente da eletrólise e redução da turbidez, utilizou-se o processo de adsorção com carbono ativado, escolhido por ser um adsorvente eficaz e comumente utilizado na indústria, além da facilidade de

sua recuperação, podendo ser utilizado mais de uma vez. Após alguns minutos, a mistura água-carbono ativado foi filtrada utilizando papel de filtro qualitativo de 28 $\mu$ m. O processo se deu conforme o esquema representado na figura 4.

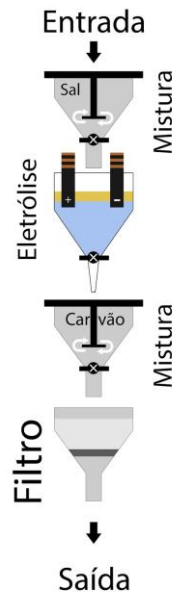


Figura 4- Esquema das etapas do processo de separação da mistura.

Fonte: o autor, 2016

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A quebra de emulsão pelo método de eletroflotação mostrou-se eficaz, obtendo-se água com baixa turbidez e pH neutro e o óleo límpido ao fim de todo o processo, provando ser um método adequado para o tratamento de efluentes; apresentando rendimento médio de 96%.

É importante ressaltar que o processo não gera resíduos nocivos ao meio ambiente, logo a água pode ser reutilizada na indústria após o tratamento, o carvão ativado pode ser recuperado e o óleo resgatado em boa parte.

Outro fator importante é o baixo custo do processo pois foram utilizadas pequenas quantidades de insumos químicos e os eletrodos de grafite, resistiram aos ensaios podendo ser utilizados diversas vezes no processo.

### 4. CONCLUSÃO

No contexto apresentado vemos que a eletroflotação é uma técnica promissora, com bom desempenho no tratamento de efluentes, sendo economicamente viável e gerando pouca quantidade de resíduos, além de ter alto rendimento. A rapidez do processo é algo a ser levado em conta, pois ele ocorre em um curto período de tempo.

Assim, conclui-se que o processo utilizando eletrodos inertes de grafite e adsorção por carbono ativo, provou-se eficaz e uma solução ambientalmente correta e eficiente para a quebra da emulsão e tratamento de água, resultando em uma água com pH neutro e baixa turbidez.



XXI Congresso Brasileiro  
de Engenharia Química

Fortaleza/CE  
25 a 29 de setembro



XVI Encontro Brasileiro sobre o  
Ensino de Engenharia Química  
Fortaleza/CE  
25 a 29 de setembro

## REFERENCIAS

BRITO, J. F; FERREIRA, L. O; SILVA, J. P. *Tratamento da Água de Purificação do Biosiesel Utilizando Eletrofloculação*. Química Nova, v.35, n.4, p.728-732, 2012.

COMNINELLIS, C; CHEN, G. *Electrochemistry for the environment*. New York, **Springer**, 2010  
HARIF, T; ADIN, A. *Characteristics of Aggregates Formed by Electroflocculation of a Colloidal Suspension*. Water Research, v.41, n.13, p.2951-2961, 2007.

HOSNY, A. Y. *Separating oil from oil-water emulsions by electroflotation technique*. Separations Technology, v. 6; pp. 9-17, 1996.

ZOUBOLIS, A. I., MATIS, K.A. *Removal of cádmium from dilute solution byflotation*. Water Science technology, London, v. 31, n.3-4, p.315-326, 1995

PROMOÇÃO



REALIZAÇÃO



ORGANIZAÇÃO

