



ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL FREDERICO GUILHERME SCHMIDT

CURSO TÉCNICO EM ELETROMECCÂNICA

O PROCESSO DE ELETROCOALESCÊNCIA NA SEPARAÇÃO DE EMULSÕES O/A

DÉCIO LEAL EBERTZ

HENRIQUE DEGLIOMINI TEIXEIRA

RYAN DA SILVA DE CASTRO PEREIRA

SÃO LEOPOLDO

2020

DÉCIO LEAL EBERTZ

HENRIQUE DEGLIOMINI TEIXEIRA

RYAN DA SILVA DE CASTRO PEREIRA

O PROCESSO DE ELETROCOALESCÊNCIA NA SEPARAÇÃO DE EMULSÕES O/A

Trabalho de Conclusão, desenvolvido no terceiro ano do Curso de Eletromecânica da Escola Técnica Estadual Frederico Guilherme Schmidt como requisito para aprovação nas disciplinas do curso sob orientação do Prof. Sonia Maria da Silva.

SÃO LEOPOLDO

2020

RESUMO

Esse trabalho tem o objetivo de criar dispositivos de separar água e óleo de forma eficaz e de baixo custo utilizando para tal feito o processo de Eletrocoalescência de forma mais eficiente com intuito de disponibilizar esse benefício para a população. O tema escolhido é um assunto pouco falado no dia a dia das pessoas, no entanto, ele é de extrema importância para a sociedade visto que muitas pessoas não “reciclam” o óleo de forma correta, o que ocasiona em problemas como, por exemplo, poluição da terra e da água. Ao observar este problema, decidimos fazer um estudo mais aprofundado para criação de um método mais rápido, prático e de baixo custo para fazer essa “reciclagem”. O método utilizado durante o desenvolvimento da pesquisa foi através da procura de fontes primárias e secundárias, sobre a separação de emulsões O/A. Para alcançar esses resultados, testaremos o grau de separação obtido por influência magnética e tendo tais resultados em mente será realizado o processo de construção de um equipamento com botões, interruptores e manuais, para facilitar o entendimento alheio. Também serão observados o melhor local para se colocar o equipamento, o seu formato, que a princípio será retangular com um círculo para encaixar o cano escolhido, e seu material que será escolhido através do ponto de vista econômico e visando o desempenho. A partir dos resultados encontrados durante os testes, nós poderemos ponderar sobre os dados adquiridos, em comparação com os que nós imaginávamos, e a da viabilidade da criação do dispositivo que efetuará a separação.

SUMÁRIO

1.	Introdução	5
1.1.	Tema e sua delimitação	6
1.2.	Problema de pesquisa	6
1.3.	Objetivos	6
1.3.1.	Objetivos Gerais	6
1.3.2.	Objetivos Específicos	6
1.4.	Justificativa	6
2.	Referencial teórico	8
2.1.	Petróleo	8
2.2.	Emulsões	9
2.2.1.	Mecanismos de Estabilização	9
2.3	Eletrocoalescência	10
2.3.1.	Mecanismos do processo de Eletrocoalescência	12
3.	Metodologia	13
4.	Cronograma	13

1. INTRODUÇÃO

O petróleo é um combustível fóssil, sendo formado por uma complexa combinação de hidrocarbonetos (composto químico formado por átomos de carbono e hidrogênio). Sua formação ocorre por meio do acúmulo de material orgânico que foi soterrado e sofreu modificações complexas ao longo de milhares de anos. Esse combustível fóssil, que é encontrado em bacias sedimentares, geralmente, está associado à água e gás natural (POZZI *et al.*, 2015).

O petróleo pode ser liberado no ambiente como resultado de uma série de eventos, tais como acidentes com navios-petroleiros, acidentes nas plataformas de petróleo e lançamento de água utilizada para lavagem de tanques onde o petróleo é armazenado. Ao ser derramado no meio ambiente, o petróleo desencadeia uma série de prejuízos para o ecossistema, causando alterações químicas e físicas no ambiente, além, é claro, de prejudicar a vida existente naquele local (SANTOS, 2020).

Ao cair no ambiente marinho, por exemplo, o petróleo impede a passagem de luz. Isso afeta de maneira imediata o fitoplâncton, organismos fotossintetizantes e que, portanto, necessitam de luminosidade. Com a redução do fitoplâncton, o zoo plâncton, que se alimenta desses organismos, acaba tendo sua reserva de alimento reduzida. Desse modo, o petróleo afeta de maneira negativa toda a cadeia alimentar (SANTOS, 2020).

Os animais aquáticos, tais como peixes e tartarugas, podem também morrer em consequência do derramamento de petróleo. Eles podem intoxicar-se com o petróleo, morrer por asfixia ou até mesmo ficarem presos no óleo. As intoxicações são responsáveis por comprometer, por exemplo, o sistema nervoso e o sistema excretor desses animais (SANTOS, 2020).

Como meio de impedir a dispersão do petróleo na água foram desenvolvidas técnicas de limpeza, como as barreiras de contenção, o *Skimmer* ou a biorremediação, porém, além estes métodos não são infalíveis e demoram para serem concluídos (POZZI *et al.*, 2015).

Sendo assim, este trabalho terá o objetivo de desenvolver um dispositivo que utilize a Eletrocoalescência para separar emulsões de O/A. O processo da Eletrocoalescência se baseia na atuação das forças eletrostáticas geradas pelo campo elétrico aplicado ao sistema, responsável pela polarização das gotas de óleo dispersas na água, promovendo uma maior

taxa de coalescência, que promove o aumento de tamanho suficiente para permitir a separação gravitacional (ESTEVEZ, 2016).

1.1. TEMA E SUA DELIMITAÇÃO

Separação de emulsões O/A por meio da Eletrocoalescência.

1.2. PROBLEMA DE PESQUISA

Seria possível utilizar a Eletrocoalescência de emulsões O/A no dia a dia?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivos Gerais

Criar um dispositivo que seja capaz de separar emulsões O/A através da Eletrocoalescência com baixo custo.

1.3.2. Objetivos Específicos

Analisar os pros e os contras da utilização da Eletrocoalescência no dia a dia;

Avaliar a eficácia da Eletrocoalescência em emulsões O/A;

Tornar este método de tratamento de água acessível a população dos dias atuais.

1.4. JUSTIFICATIVA

O petróleo é hoje a base econômica responsável por movimentar a indústria e a geração de energia. As nações que têm as maiores reservas petrolíferas do mundo Venezuela, Arábia Saudita e Canadá se destacam e se tornam mais competitivas economicamente (OLIVEIRA, 2019).

Por ser a principal fonte de energia comercial do mundo por muitas décadas, é grande motivo de guerras e disputas. E a opinião geral, é de que ele manterá esse papel de fonte de energia principal por muito tempo (OLIVEIRA, 2019).

Apesar de sua ampla utilidade, o uso e a exploração do petróleo podem provocar diversas catástrofes ambientais, especialmente em caso de vazamento no meio ambiente. Por grande parte das plataformas de extração se localizarem em alto-mar, os impactos ambientais causados pelo petróleo podem tomar proporções avassaladoras (OLIVEIRA, 2019).

Todo derramamento de petróleo, independente das proporções, é considerado uma catástrofe ambiental. A substância se propaga rapidamente pelo mar, formando uma mancha negra que contamina a água e compromete a vida de espécies marinhas. A camada superficial formada pelo óleo bloqueia a passagem de luz, impossibilitando o processo de fotossíntese e impedindo a troca de gases entre a água e o ar (OLIVEIRA, 2019).

Esse impacto afeta todo o ecossistema marinho. Os peixes, quando entram em contato com a substância, morrem por asfixia. As aves marinhas podem sofrer com a intoxicação ou pela impregnação do petróleo em suas penas, o que impede o voo e a regulagem da temperatura corporal, problema que também afeta os mamíferos marinhos. A ingestão do líquido negro também provoca a morte de diversas espécies. Além disso, o derramamento de petróleo prejudica comunidades litorâneas que sobrevivem da pesca (OLIVEIRA, 2019).

Tendo isso em vista, se torna indispensável o desenvolvimento de métodos para evitar a propagação do petróleo no meio ambiente, tanto em terra como no mar. Sendo assim, este trabalho tem como finalidade, desenvolver um método que impeça da maneira mais eficiente a propagação do petróleo no mar. Porém, como o petróleo não é uma mercadoria acessível para a população, este trabalho terá com foco inicial a separação de emulsões O/A para que no futuro, utilizando os dados dos experimentos obtidos, possamos de cumprir o verdadeiro propósito dessa experiência.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. PETRÓLEO

O petróleo é constituído, em sua grande maioria, de hidrocarbonetos e derivados orgânicos que contém alguns outros elementos, como nitrogênio, enxofre e oxigênio. Metais também podem estar presentes na forma de sais de ácidos orgânicos (THOMAS, 2001).

As propriedades físicas e químicas do petróleo variam significativamente de acordo com o reservatório produtor. Os óleos podem variar de muito fluidos e claros, devido à grande proporção de destilados leves, a óleos viscosos e escuros, característicos de frações mais pesadas (FARAH, 2012).

Por conter centenas de compostos químicos, a separação em componentes puros ou misturas de composição conhecida é, na prática, impossível. Assim, a maneira mais comum de caracterizar o petróleo é por meio da identificação dos principais grupos de componentes: hidrocarbonetos saturados, hidrocarbonetos aromáticos, resinas e asfaltenos (THOMAS, 2001).

Os hidrocarbonetos saturados podem ser classificados como alcanos, normais ou de cadeia ramificada, e cicloalcanos. Na indústria de petróleo esses componentes são conhecidos, respectivamente, como hidrocarbonetos parafínicos e naftênicos. Esses compostos são constituídos por ligações simples entre átomos de carbono e hidrogênio, o que define a baixa polaridade dessas moléculas. Os hidrocarbonetos aromáticos são aqueles que possuem um ou mais anéis benzênicos na molécula, podendo ainda apresentar grupos parafínicos ou benzênicos na estrutura. Esses compostos apresentam considerável estabilidade, odor característico e apresentam-se com maiores teores nas frações pesadas de petróleo (THOMAS, 2001).

Compostos sulfurados, nitrogenados e oxigenados são considerados como impurezas e tendem a se concentrar nas frações mais pesadas. A presença de compostos com enxofre aumenta a polaridade dos óleos, o que aumenta a estabilidade das emulsões, e são responsáveis pela corrosividade dos produtos derivados formados (H_2SO_4 e H_2SO_3 em meio aquoso). Compostos nitrogenados aumentam a capacidade de retenção de água em uma emulsão. Enfim, os compostos oxigenados, aparecem na forma de ácidos carboxílicos, fenóis, cresóis, ésteres, amidas, cetonas e benzofuranos; tendem a se concentrar nas frações

mais pesadas e são responsáveis pela acidez, odor e corrosividade dessas frações (THOMAS, 2001).

Resinas e asfaltenos são moléculas grandes e de estrutura aromática complexa com a presença de átomos de enxofre, nitrogênio e oxigênio na estrutura molecular. Essas moléculas apresentam alta polaridade e constituem unidades básicas de agregados moleculares. Os asfaltenos se diferenciam das resinas por possuírem maior número desses agregados (FARAH, 2012; THOMAS, 2001).

2.2. EMULSÕES

Emulsão é a mistura entre dois líquidos imiscíveis em que um deles (a fase dispersa) encontra-se na forma de finos glóbulos no seio do outro líquido (a fase contínua), formando uma mistura estável. As emulsões mais conhecidas consistem de água e óleo (FORGIARINI *et al.*, 2001).

As emulsões são instáveis termodinamicamente e, portanto, não se formam espontaneamente, sendo necessário fornecer energia para formá-las através de agitação, de homogeneizadores, ou de processos de spray. Com o tempo, as emulsões tendem a retornar para o estado estável de óleo separado da água (FORGIARINI *et al.*, 2001).

Para aumentar a estabilidade cinética das emulsões tornando-as razoavelmente estáveis, um terceiro componente, o agente emulsificante, pode ser adicionado. Os materiais mais eficientes como agentes emulsificantes são os tensoativos, alguns materiais naturais e certos sólidos finamente divididos. Esses materiais formam um filme adsorvido ao redor das gotas dispersas e ajudam a prevenir a floculação e a coalescência (FORGIARINI *et al.*, 2001).

2.2.1. Mecanismos de Estabilização

2.2.1.1. Repulsão Eletrostática

A repulsão elétrica pode ser observada na etapa de aproximação das gotas dispersas em um processo de coalescência. Duas superfícies carregadas com mesmo sinal, ao se aproximarem, geram uma força de repulsão (repulsão de Coulomb) ocasionada pela

superposição da dupla camada elétrica, que se opõe a diminuição à distância de separação entre as partículas (SCHRAMM, 2005). A ação de íons adsorvidos na superfície da fase dispersa está baseada na imposição de uma barreira eletrostática nas gotas que se aproximam. Além disso, podem ocasionar mudanças em propriedades físicas locais do sistema, tais como a viscosidade, a densidade e a constante dielétrica (MYERS, 1999). Forças eletrostáticas não exercem um papel dominante no processo de estabilização para emulsões de água em óleo, dada a baixa constante dielétrica da fase contínua (SULLIVAN e KILPATRICK, 2002).

2.2.1.2. Efeito Gibbs-Marangoni

O processo de coalescência das gotas dispersas em uma fase contínua envolve a redução do filme intersticial por meio da drenagem do líquido até um valor crítico, abaixo do qual ocorre o rompimento. A expansão do filme e o fluxo de líquido na região intersticial são responsáveis por menores quantidades de surfactantes entre as duas gotas e, conseqüentemente, maiores tensões interfaciais locais. Assim, um gradiente de concentração de surfactantes, e de tensão interfacial, pode ser observado. Esses gradientes são responsáveis por um fluxo reverso, por meio do qual os emulsificantes difundem das regiões de menores tensões interfaciais para regiões de maiores tensões, arrastando consigo o líquido. Esse processo é denominado efeito de Gibbs-Marangoni. Por atuar de forma contrária à drenagem do filme intersticial, esse efeito pode ser considerado um mecanismo adicional de estabilização de emulsões (SCHRAMM, 2005).

2.3 ELETROCOALESCÊNCIA

A aplicação de campos elétricos externos para a separação de emulsões de água em óleo foi introduzida há mais de cem anos, com as patentes pioneiras desenvolvidas por COTTRELL e SPEED (1911) e COTTRELL (1911). Desde então, o processo de Eletrocoalescência, que visa ao aumento da taxa de coalescência entre as gotas dispersas em um fluido contínuo oleoso e a conseqüente melhora na separação de fases do sistema, vem sendo amplamente utilizado para a quebra de emulsões na indústria de petróleo (EOW e GHADIRI, 2002; NOIK et al., 2006; MHATRE, 2015).

O campo elétrico, porém, só é eficiente para o aumento da taxa de coalescência das gotas dispersas em uma emulsão quando a fase contínua apresenta permissividade (ou constante dielétrica), capacidade de um material de polarizar frente a um campo elétrico, muito inferior em relação à fase dispersa. Além disso, a fase contínua deve apresentar baixa condutividade e agir como isolante entre os eletrodos (EOW e GHADIRI, 2002).

De maneira generalizada, um separador eletrostático é composto por um tanque equipado com eletrodos, onde um potencial elétrico deve ser aplicado. A emulsão de água em óleo a ser tratada é introduzida no equipamento e, na região próxima aos eletrodos e por meio da atuação do campo elétrico, a coalescência das gotas é promovida. Quando as gotas de água atingem tamanho suficiente para separação, a água sedimenta e é retirada pela parte inferior do tratador eletrostático, enquanto o óleo é retirado pela parte superior (EOW e GHADIRI, 2002).

Diversos tipos de campo elétrico podem ser utilizados no processo de Eletrocoalescência, embora quatro tipos podem ser enfatizados: campo alternado (alternating current – AC), campo contínuo (direct current – DC), combinação de campo alternado com campo contínuo (AC/DC) e campo contínuo pulsante (DC pulsante). Assim, o mecanismo do processo de separação eletrostática depende da natureza do campo aplicado, sendo que uma característica que deve ser levada em conta é a quantidade de água dispersa no sistema, dada a possibilidade de curto-circuito. (EOW, 2001; EOW e GHADIRI, 2002; NOIK et al., 2006).

Equipamentos com campos AC são os mais antigos no mercado e comumente utilizados na indústria de petróleo, principalmente por conta da maior tolerância do teor de água e da baixa tendência à corrosão eletrolítica. O efeito predominante desse mecanismo é a polarização das gotas dispersas no sistema, que tendem a se polarizar, deformar e se atraírem mutuamente (EOW e GHADIRI, 2002; EOW, 2001).

Os tratadores eletrostáticos AC atuam unicamente com corrente alternada, com frequência usual entre 50-60 Hz, apresentando fluxo vertical ou horizontal. Tratadores verticais atuam de forma que, após a entrada do fluido no vaso com auxílio de distribuidores, que mantêm a emulsão a ser tratada homogênea, o fluido se desloca de forma ascendente ou descendente para a região dos eletrodos. A parte inferior do vaso se caracteriza pela seção de acúmulo de água (região de sedimentação) e a região dos eletrodos é denominada zona de Eletrocoalescência. O óleo tratado é retirado pela parte

superior do vaso, enquanto a água é removida pela parte inferior (STEWART e ARNOLD, 2009; NOIK et al., 2006). A Figura 12 exibe um tratador eletrostático vertical com fluxo ascendente, denominado de baixa velocidade. Nele, a emulsão é alimentada pela parte inferior, onde já se inicia alguma coalescência das gotas. À medida que a emulsão sobe em direção ao campo elétrico, e o gradiente de tensão aumenta para completar o processo de Eletrocoalescência, a emulsão é “lavada” pela fase aquosa, que retém sais e outras partículas cristalinas (STEWART e ARNOLD, 2009; COUTINHO, 2005).

O campo DC é utilizado em sistemas com menores teores de água da fase dispersa, como na desidratação de produtos refinados de baixa condutividade, já que possibilita a corrosão eletrolítica em virtude das correntes elétricas unidirecionais, capazes de produzir arcos elétricos e curto-circuito. O mecanismo predominante relaciona-se com o movimento eletroforético. Assim, o percurso médio das gotas em um campo contínuo é muito maior que em campo AC, onde as gotas tendem a oscilar em torno de sua posição média. O que pode ser observado então é que existe uma maior probabilidade da taxa de colisões das gotas, e da conseqüente coalescência das gotas, por conta do deslocamento das gotas entre os eletrodos. Logo, eliminando a sensibilidade ao teor de água no sistema, tratadores DC se mostrariam mais eficientes em relação aos tratadores AC (EOW e GHADIRI, 2002; NOIK et al., 2006; SJOBLUM, 2006).

O campo de AC/DC combinados apresenta as características dos dois sistemas: tolerância a maiores teores de água do campo AC e alta eficiência do campo DC. Nesta tecnologia são utilizados os chamados eletrodos compostos, placas feitas de material não-condutivo que apresentam uma região central condutiva. A vantagem frente aos eletrodos convencionais (metálicos) diz respeito ao momento da ocorrência de arcos elétricos: quando o arco ocorre numa região localizada, a área da placa afetada é descarregada sem que o processo seja cessado, o que não ocorre nos eletrodos metálicos, em que toda a placa colapsa e o processo deve ser interrompido (NOIK et al., 2006).

2.3.1. Mecanismos do processo de Eletrocoalescência

O processo de coalescência entre gotas em um meio imiscível é descrito por três etapas: na primeira ocorre a aproximação das gotas, que se mantêm separadas por um filme do líquido da fase contínua; em seguida, observa-se a drenagem desse filme intersticial

até um valor crítico, abaixo do qual qualquer perturbação ou instabilidade ocasiona a ruptura; e a etapa final, com a coalescência entre as gotas (EOW et al., 2001; MHATRE, 2015). O processo se dá até as gotas atingirem tamanho suficiente para serem separadas da fase contínua por sedimentação gravitacional e a separação entre as fases, ou quebra da emulsão, seja alcançada.

3. METODOLOGIA

O método utilizado para a pesquisa do nosso TCC foi através da procura de fontes primárias e secundárias, como sites e vídeos, sobre a separação de Óleo e Água, visamos ter uma análise tanto qualitativa quanto quantitativa, buscamos obter uma separação de Água e Óleo que pessoas leigas nesse assunto de separação sejam capazes de utilizar nosso equipamento para assim ajudar o meio ambiente.

Para alcançar esses resultados, testaremos o grau de separação obtido por influência magnética e tendo tais resultados em mente será realizado o processo de construção de um equipamento com botões, interruptores e manuais, para facilitar o entendimento alheio. Também serão observados o melhor local para se colocar o equipamento, o seu formato, que a princípio será retangular com um círculo para encaixar o cano escolhido, e seu material que será escolhido através do ponto de vista econômico e visando o desempenho.

4. RESULTADOS ESPERADOS

Buscamos atingir grande eficiência na separação de emulsões de óleo em água ao término do trabalho, de forma que o mesmo seja de custo acessível para famílias de diversas classes sociais. Visando a praticidade do consumidor e facilitando a separação do óleo, assim, ajudando na coleta de óleo já utilizado, enquanto, devido a esse processo, ocorre um auxílio na preservação da natureza.

Além dos objetivos já mencionados, esperamos contribuir para a redução no impacto ambiental gerado até os dias de hoje por empresas, em específico, da área de alimentação e na área das indústrias mecânicas, ajudando na preservação dos ambientes aquáticos.

Ao final do trabalho, pretendemos apresentar para o leitor um método eficiente de separação de emulsões O/A.

