

# AVALIAÇÃO DE EMULSIFICANTE BASEADO NA BORRA DE ÓLEO DE SOJA PARA FLUIDOS DE PERFURAÇÃO SINTÉTICOS

Caline Alves Leal<sup>1</sup>  
Roberta Cristina Rocha de Souza<sup>2</sup>  
Rosângela de Carvalho Balaban<sup>3</sup>  
Luciana Viana Amorim<sup>4</sup>

## Resumo

Este trabalho visa avaliar o desempenho de um emulsificante baseado na borra de óleo de soja (EBO) para fluido de perfuração sintético a base de n-parafina. O estudo do emulsificante foi realizado em duas etapas distintas: na primeira, a caracterização do emulsificante por meio dos ensaios de ATG, DTA e FTIR; na segunda e última, a avaliação do emulsificante de acordo com a norma EP- I EP-00028- A da Petrobras. A partir dos resultados obtidos pode-se concluir que: o emulsificante obtido a partir da borra do óleo de soja (EBO) é formado a partir de ácidos graxos com ligações dos tipos C-H, C-O, C=O e C=C, com picos de intensidades e posições semelhantes ao óleo de soja puro, apresentando três etapas de decomposição térmica, e por fim, que a borra de óleo de soja pode ser utilizada como emulsificante primário para fluidos de perfuração sintético.

**Palavras-chave:** Emulsificante; Emulsões; Fluido de perfuração sintético.

## STUDY OF THE EMULSIFIER BASED ON SOYBEAN OIL SLUDGE IN SYNTHETIC DRILLING FLUID TO N-PARAFFIN BASE

## Abstract

This study aimed to evaluate the performance of an emulsifier based on soybean oil sludge (EBO) in synthetic drilling fluid to n-paraffin base. The study of the emulsifier was conducted in two distinct stages: first, the characterization of the emulsifier through the TGA, DTA and FTIR tests; second and last stage, the evaluation of the emulsifier according to the standard EP- I EP-00028-A Petrobras; From the results obtained it can be concluded that: the emulsifier obtained from soybean oil sludge (EBO) is formed from fatty acids linked kinds of H-C, C-O, C = O and C = C, with peaks intensities and positions similar to pure soybean oil, with three-step thermal decomposition, and finally soybean oil sludge can be used as a primary emulsifier for synthetic drilling fluids.

**Keywords:** Emulsifier; Emulsions; Synthetic drilling fluids.

## I INTRODUÇÃO

Os fluidos de perfuração sintéticos foram desenvolvidos como uma alternativa às limitações de *performance* dos à base água e em resposta às restrições ambientais impostas aos fluidos à base óleo. Utilizando como fluido base substâncias químicas sintéticas, os fluidos sintéticos são também chamados “pseudo-lamas à base de óleo”, pois na prática as substituem, oferecendo menor toxicidade e produção de menor volume de resíduos de perfuração [1].

Em fluidos de perfuração base oleosa ou base sintética, os emulsificantes são utilizados para formar emulsões água/óleo (a/o) estáveis, bem como auxiliar no controle de filtração [2]. Os emulsificantes são utilizados para emulsionar a água e para assegurar que os cortes sejam molhados pelo óleo. Os produtos utilizados baseiam-se em condições de perfuração e são essencialmente os mesmos para os fluidos à base óleo e para os fluidos sintéticos [3].

<sup>1</sup>Programa de Pós-graduação em Ciências e Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Campina Grande, PB, Brasil. E-mail: caline\_leal@hotmail.com

<sup>2</sup>Instituto de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, Natal, RN, Brasil.

<sup>3</sup>Universidade Unigranrio, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

<sup>4</sup>Unidade Acadêmica de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Campina Grande, PB, Brasil.



Os emulsificantes são compostos que possuem porções hidrofílicas e hidrofóbicas em suas estruturas e devido a essa característica tendem a se acumular nas interfaces, dando-lhes assim a capacidade de solubilizar materiais pouco solúveis. Por causa desse caráter anfílico, os tensoativos têm uma grande variedade de aplicações em várias áreas, como na indústria farmacêutica, alimentícia e petrolífera [4].

No fluido de perfuração base óleo e sintética, os emulsificantes são formados *in situ* a partir de misturas de ácidos graxos (que podem conter também poliamidas). Esses ácidos reagem com hidróxido de cálcio, ou de sódio, formando um sal de ácido graxo [5].

Vários estudos têm sido realizados com o intuito de produzir novos tensoativos, que confirmam ao fluido de perfuração as propriedades desejadas e que sejam menos agressivos ao meio ambiente [6].

Souza et al. [5] estudaram óleo de vegetais comerciais *food grade* como emulsificantes para fluidos sintéticos. Após o estudo, os autores concluíram que ocorreu uma diminuição das medidas reológicas e da estabilidade elétrica no fluido que usava o emulsificante fabricado em laboratório e melhorias significativas nas propriedades de filtração. Além disso, os autores afirmaram que o novo tensoativo apresentou valores ótimos de filtrado total e de teor de água no filtrado, o que significa que uma investigação mais detalhada deve ser realizada com a finalidade de tentar modificar os valores reológicos preservando as ótimas propriedades de filtração do fluido contendo emulsificante primário oriundo de óleo vegetal *food grade*.

Diante deste contexto, o objetivo deste trabalho é avaliar um emulsificante primário baseado na borra do óleo de soja para aplicação em fluidos de perfuração sintéticos de base n-parafina.

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 Materiais

O emulsificante estudado tem como constituinte principal a borra de óleo de vegetais e recebeu neste trabalho a denominação de EBO (emulsificante base óleo).

Para o teste do emulsificante de acordo com a norma EP-IEP-00028-A [7] foram utilizados os seguintes produtos: n-parafina, tipo C<sub>13</sub><sup>+</sup>, cal hidratada, salmoura e calcário 2-44 µm. Também foi utilizado um emulsificante comercial denominado de NovaMul, fornecido pela PETROBRAS, para termos de comparação.

## 2.2 Métodos

### 2.2.1 Caracterizações do Emulsificante Estudado – EBO

#### 2.2.1.1 Análise Térmica Diferencial (ATD)

As análises das amostras foram realizadas no sistema de Análise Térmica modelo RB-3000-20, operando a 12,5 °C/min. A temperatura máxima utilizada na análise térmica diferencial foi de 1000 °C e o padrão utilizado nos ensaios de ATD foi o óxido de alumínio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) calcinado. O ensaio foi realizado no Laboratório de Biomateriais da UAEMA/CCT/UFCG, Campina Grande, PB.

#### 2.2.1.2 Análise Termogravimétrica (TGA)

As curvas de TGA do emulsificante EBO foi obtida por meio de termobalança Shimadzu®, modelo TGA 50H, em atmosfera de nitrogênio em fluxo de 50 mL.min<sup>-1</sup>, sendo a massa das amostras em torno de 5,0 mg (±0,5), acondicionadas em cadinho de alumina, na razão de aquecimento de 10 °C.min<sup>-1</sup> até 400 °C.

O ensaio foi realizado no Laboratório de Biomateriais da UAEMA/CCT/UFCG, Campina Grande, PB.

#### 2.2.1.3 Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR)

A análise por FTIR das amostras foi realizada com o equipamento Spectrum 400 Perkin Elmer FTIR/FTNIR Spectrometer. O espectro foi obtidos no modo absorbância na faixa de 4000 a 600 cm<sup>-1</sup>, com resolução de 4cm<sup>-1</sup>. O ensaio foi realizado no Laboratório de Biomateriais da UAEMA/CCT/UFCG, Campina Grande, PB.

### 2.2.2 Avaliação do emulsificante na Norma EP-IEP-00028-A (PETROBRAS)

O emulsificante foi testado no fluido sintético de acordo com a norma EP-IEP-00028-A [8].

#### 2.2.2.1 Preparação das emulsões

Foram preparadas cinco emulsões de fluidos para a avaliação do emulsificante EBO, de acordo com as quantidades da Tabela I, e uma amostra para termos de comparação com um emulsificante comercial conhecido como NovaMul.

**Tabela I.** Quantidades dos componentes e tempo de agitação mecânica dos aditivos das emulsões

Componentes	Quantidades	Tempo de Agitação (minutos)
n-parafina, tipo C <sub>13</sub> <sup>+</sup> , hidrogenada (mL)	239,0	-
Emulsificante (g)	12,8	5
Cal hidratada (g)	14,2	30
Salmoura (mL)	159,0	25
Calcário 2-44 µm (g)	232,0	40

Para a preparação das emulsões, os aditivos foram adicionados de acordo com as concentrações, ordem dos aditivos e período de agitação, apresentados na Tabela 1, a uma velocidade de 13.000 rpm em agitador *Hamilton Beach*, modelo 936. Após a adição dos aditivos, a velocidade do agitador foi aumentada para 17.000rpm.

#### 2.2.2.2 Envelhecimento térmico das emulsões

Após a preparação das emulsões, as mesmas foram submetidas ao envelhecimento térmico em forno Roller Oven modelo 705 ES da marca Fann, por 16 horas, a 200 °F.

#### 2.2.2.3 Determinação da estabilidade elétrica das emulsões

Todas as emulsões foram submetidas a testes de estabilidade elétrica através do Medidor de estabilidade elétrica Fann, modelo 23 D. As emulsões foram introduzidas em copo térmico e mantidas a uma temperatura de 58 °C. Em seguida, as leituras foram realizadas através da introdução do eletrodo diretamente na emulsão.

#### 2.2.2.4 Determinação de leitura reológica a 600 rpm das emulsões

Para obtenção do L600, agitou-se as emulsões a 600 rpm durante 1 minuto em um viscosímetro Fann modelo 35A, a temperatura ambiente e efetuado a leitura.

#### 2.2.2.5 Determinação do Filtrado HPHT das emulsões

O volume de filtrado HPHT foi determinado em filtro prensa HPHT da marca Fann seguindo os procedimentos apresentados na norma EP-IEP-00028-A [8].

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1 Caracterização do Emulsificante \_ EBO

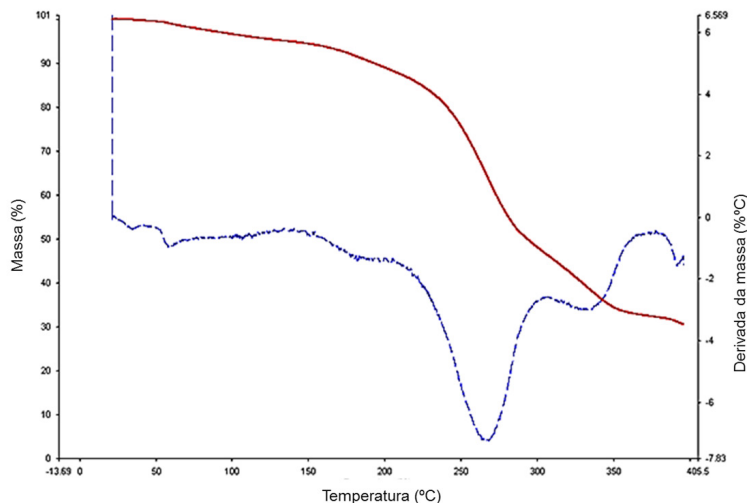
#### 3.1.1 Análise Térmica Diferencial (DTA) e Termogravimetria (TGA)

O gráfico apresentado na Figura 1 ilustra a variação de massa (TGA) que acompanha a variação da temperatura (curva azul) e a sua derivada (DTG), mostrada na curva vermelha. A DTG apresenta picos ao invés dos patamares observados na TGA, o que facilita a sua visualização e interpretação dos dados.

Analisando-se as curvas Massa (%) em função da Temperatura (°C), conforme apresentado na Figura 1, é possível observar quatro diferentes segmentos de curvas. No primeiro segmento, observa-se a remoção de, aproximadamente, 0,4760% de umidade que ocorre até, aproximadamente, 34,90 °C. Entre 200 e 250 °C, no segundo segmento de curva, ocorre a liberação de mais ou menos 2,18% de material volátil. A partir de 300 °C até 370 °C, no terceiro segmento de curva, é liberado cerca de 58,60% de matéria carbonosa. O ponto de maior taxa de perda de massa ocorre na região 266,19 °C, de acordo com as derivadas das curvas de massa. No quarto segmento de curva, acima de 334,41 °C é atribuída a decomposição do óleo de soja, em torno de 8,12% [9].

#### 3.1.2 Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR)

Na Figura 2 está apresentado o espectro do emulsificante EBO. O espectro mostra bandas de absorção que indicam os diferentes grupos funcionais, dependendo



**Figura 1.** Curvas de análise térmica diferencial e análise térmica gravimétrica para o emulsificante estudado (EBO).

da posição, em número de onda ( $\text{cm}^{-1}$ ), onde se encontra a banda do espectro.

Analisando a Figura 2, verificou-se que o espectro de infravermelho do emulsificante EBO, contém bandas de absorção associadas aos modos vibracionais característicos de alcanos normais. De acordo com Solomons [8] essas bandas diferem pela posição e intensidade. Verifica-se no espectro do EBO a ocorrência de absorção de fraca intensidade em regiões que correspondem a modos vibracionais típicos de alquenos. Desse modo, a banda em torno de  $1.675\text{-}1.645\text{ cm}^{-1}$  pode ser atribuída às vibrações de deformação axial da ligação  $\text{C}=\text{C}$ , e a banda em torno de  $2.960\text{-}2.850\text{ cm}^{-1}$  às vibrações de deformação axial de alifáticos  $\text{CH}$ ,  $\text{CH}_2$  e  $\text{CH}_3$  ( $\text{C-H}$ ). O ânion carboxilato possui duas ligações fortemente acopladas cuja força de ligação é intermediária entre  $\text{C}=\text{O}$  e  $\text{C-O}$ , proveniente da conversão do ácido carboxílico em um de seus sais e que dá origem a duas bandas, umas das quais entre  $1650\text{-}1550\text{ cm}^{-1}$ , intensa e provém da deformação axial assimétrica. Adicionalmente, convém sublinhar a presença de bandas de forte absorção na região de  $1.050$  a  $1.300\text{ cm}^{-1}$ , que são atribuídas às vibrações de deformação axial da ligação  $\text{C-O}$ .

Comparando o espectro obtido para o emulsificante EBO com os resultados alcançados por Souza [10], quando da caracterização de diversos tipos de óleos vegetais puros (óleos de algodão, canola, girassol, milho e soja), observa-se que as intensidades e posições dos picos presentes no espectro do emulsificante EBO são semelhantes aos encontrados

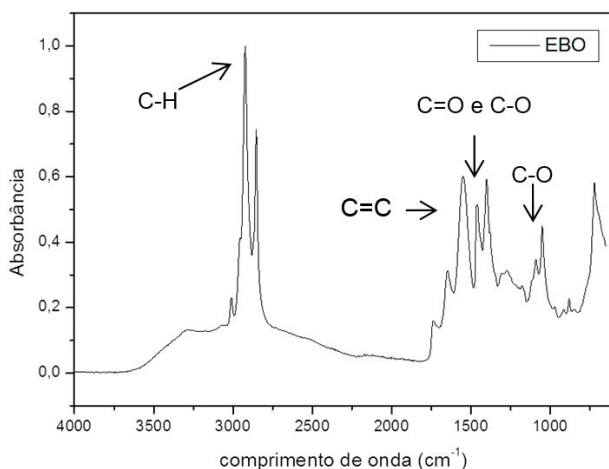


Figura 2. Espectro do emulsificante estudado (EBO).

no espectro dos óleos vegetais, e mais especificamente do óleo de soja puro.

### 3.1.3 Avaliação do emulsificante de acordo com a Norma EP-IEP-00028-A [7]

Na Tabela 2 encontram-se os requisitos de acordo com a norma EP-IEP-00028-A [7] para avaliação de emulsificante para fluido de perfuração sintético.

A Tabela 3 apresenta um resumo dos resultados obtidos das emulsões testadas de acordo com a norma EP-IEP-00028-A [7].

Na Figura 3 e na Tabela 3 encontram-se os resultados do teste de L600 antes e após envelhecimento, das cinco emulsões preparadas com o emulsificante EBO, bem como o valor de L600 da emulsão preparada com o emulsificante comercial denominado de NovaMul.

A partir do gráfico da Figura 3 pode-se perceber que todas as emulsões estudadas apresentaram valores de L600 dentro do exigido pela norma EP-IEP-00028-A [7]. Os valores de L600 das emulsões preparadas com o EBO foram superiores ao valor de L600 da emulsão preparada com o emulsificante comercial NovaMul.

O comportamento das emulsões estudadas está coerente com a literatura, uma vez que após o envelhecimento térmico as emulsões apresentaram um aumento na leitura de L600. Este aumento varia entre 4,4% e 26,3%.

A estabilidade elétrica de uma emulsão é um indicativo de quão fortemente a água está emulsionada numa base orgânica. Altos valores indicam uma emulsão mais forte e, portanto, um fluido mais estável.

Os resultados dos testes de estabilidade elétrica estão apresentados na Figura 4 e na Tabela 3, nas quais se pode perceber que as cinco emulsões de fluidos preparados com o emulsificante EBO apresentaram valores de estabilidade elétrica dentro do exigido pela norma EP-IEP-00028-A [7], que tem como requisito (Tabela 2), estabilidade elétrica acima de 200V. A emulsão preparada com o emulsificante comercial (NovaMul) também apresentou estabilidade elétrica acima do mínimo exigido pela norma.

Comparando os resultados de L600 e estabilidade elétrica das emulsões estudadas neste trabalho, com as emulsões avaliadas por Souza et al. [5], verificou-se que todas as emulsões apresentaram valores de L600 dentro do exigido pela norma EP-IEP-00028-A [7]. No entanto, quando se trata da estabilidade elétrica das emulsões, pode-se afirmar que as preparadas com o emulsificante

Tabela 2. Requisitos para emulsificante para fluidos de perfuração

Ensaio	Requisitos	
	Mínimo	Máximo
Estabilidade Elétrica (V)	200	-
Volume de Filtrado HTHP (MI)	-	10
Teor de Água no Filtrado (%V/V)	-	10
Leitura a 600 rpm	50	120

EBO foram superiores as obtidas por Souza et al. [5], uma vez que, apenas três das cinco emulsões preparadas por Souza apresentaram valores de estabilidade elétrica dentro do exigido pela norma citada acima. É importante ressaltar que para um produto ser qualificado como emulsificante para fluidos sintéticos segundo a norma EP-IEP-00028-A [7], é necessário que as cinco medições atinjam os valores e /ou ranges especificados.

Os resultados dos ensaios de filtração e os valores especificados na norma EP-IEP-00028-A [7] estão apresentados na Figura 5 e na Tabela 3.

Analisando a Figura 5 juntamente com a Tabela 3, pode-se perceber que todas as amostras preparadas com o emulsificante EBO apresentaram volume de filtrado HPHT dentro dos valores exigidos pela norma, a qual tem como requisito um volume de filtrado de no máximo 10 mL. A amostra E5 foi a que apresentou o menor volume de filtrado quando comparado com as demais. É importante destacar que as emulsões preparadas com o EBO apresentaram volumes de filtrado menores do que o apresentado pela emulsão preparada com o emulsificante comercial (NovaMul).

As emulsões preparadas com o EBO apresentaram valores de volume de filtrado excelentes, uma vez que foram muito inferiores ao máximo exigido na norma.

Os emulsificantes formados a partir dos ácido graxos, estudados por Souza et al. [5], apresentaram valores de volume de filtrado superiores aos volumes de filtrado obtidos nas emulsões preparadas com EBO, sendo assim, pode-se afirmar que o emulsificante EBO apresentou maior eficiência com relação ao volume de filtrado.

Na Figura 6 e na Tabela 3 estão apresentados os valores de água no volume de filtrado.

Segundo Gonçalves [11], a presença de água no filtrado pode ser devido ao baixo grau de dispersão dos sólidos presentes e/ou concentração inadequada do emulsificante. Uma boa estabilidade da emulsão é identificada por um baixo volume de filtrado e, principalmente, pela ausência de água no mesmo, ou ainda por um baixo volume de fase água no filtrado.

Analisando a Figura 6 juntamente com a Tabela 3, verificou-se que a emulsão E3, apresentou  $VH_2O$  (8,3%) inferior ao máximo exigido pela norma EP-IEP-00028-A [7] que é 10%. A emulsão E1 apresentou um  $VH_2O$  de 11%, passando apenas 1% do máximo exigido na norma. Embora

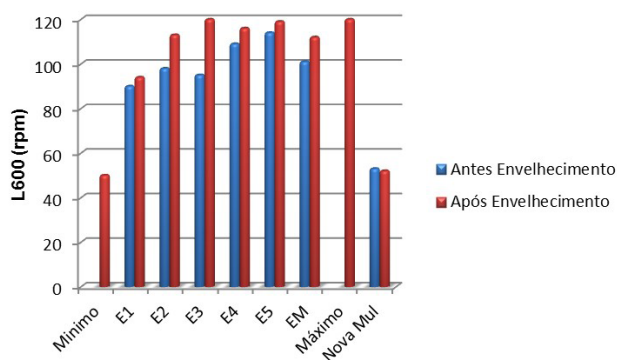


Figura 3. Valores de L600 para fluidos sintéticos contendo emulsificantes testados de acordo com a norma EP-IEP-00028-A [7].

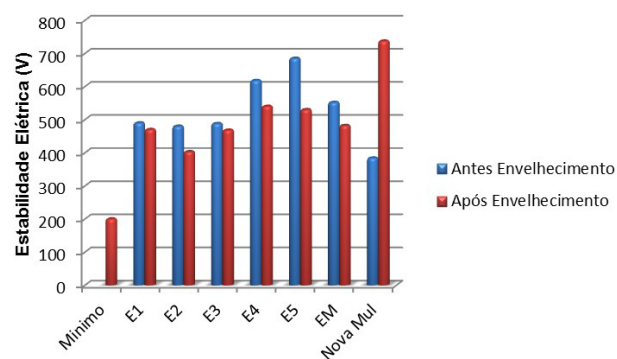


Figura 4. Estabilidade Elétrica para fluidos sintéticos contendo emulsificantes testados de acordo com a norma [7].

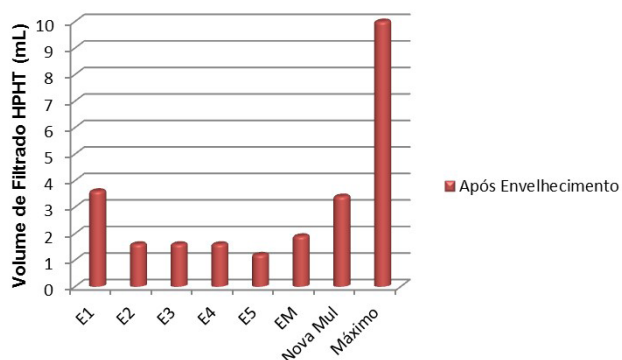
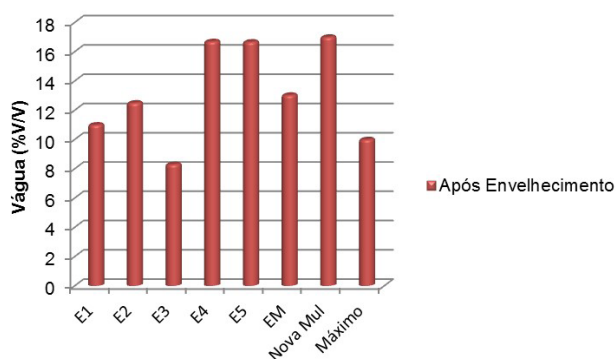


Figura 5. Valores de volume de filtrado HPHT para os fluidos com os emulsificantes testados de acordo com a norma EP-IEP-00028-A [7].

Tabela 3. Avaliação do emulsificante EBO de acordo com a norma EP-IEP-00028-A

Emulsões	E1		E2		E3		E4		E5	
	Antes Env.	Após Env.	Antes Env.	Após Env.	Antes Env.	Após Env.	Antes Env.	Após Env.	Antes Env.	Após Env.
L600 (rpm)	90,0	94,0	98,0	113,0	95,0	120,0	109,0	116,0	114,0	119,0
EE (V)	490,0	470,0	480,0	403,0	488,0	468,0	618,0	540,0	685,0	530,0
VF (mL)	-	3,6	-	1,6	-	1,6	-	1,6	-	1,2
$VH_2O$ (%V/V)	-	11,0	-	12,5	-	8,3	-	16,7	-	16,6
$VH_2O$ (mL)	-	0,4	-	0,2	-	0,1	-	0,26	-	0,2

Sendo: Env. – Envelhecimento; EE - Estabilidade Elétrica; VF - Volume de Filtrado;  $VH_2O$  - Volume de água no filtrado.



**Figura 6.** Volume de água no filtrado para os fluidos com os emulsificantes testados de acordo com a norma EP-IEP-00028-A [7].

alguns dos valores de  $VH_2O$  presente no volume de filtrado tenham sido superiores ao máximo exigido, ressalta-se que os volumes de filtrado obtidos apresentaram valores muito pequenos. O maior valor obtido foi de 3,6mL para a emulsão E5.

Comparando os volumes de  $H_2O$  presentes nos volumes de filtrado das emulsões estudadas por Souza et al. [5] com os obtidos neste trabalho, observa-se que das cinco emulsões estudadas, apenas uma apresenta volume de filtrado de acordo com o especificado pela PETROBRAS e esta, no entanto, apresenta teor de água no filtrado acima de 10%, máximo permitido. Desta forma, os resultados alcançados neste trabalho podem ser considerados mais satisfatórios e promissores.

#### 4 CONCLUSÕES

- A partir das análises térmicas, a decomposição térmica do emulsificante EBO ocorre em três etapas: a primeira referente à perda de material

#### REFERÊNCIAS

- 1 Fialho PF. Cascalho de perfuração de poços de petróleo e gás. estudo do potencial de aplicação em concreto [dissertação de mestrado]. Santos: Universidade Federal do Espírito Santo; 2012.
- 2 Reddy SM, Ghosh P. Adsorption and coalescence in mixed surfactant systems: Water–hydrocarbon interface. *Chemical Engineering Science*. 2010;65(14):4141-4153. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ces.2010.04.036>.
- 3 Skalli L, Buckley JS, Zhang Y, Morrow NR. Surface and core wetting effects of surfactants in oil-based drilling fluids. *Journal of Petroleum Science Engineering*. 2006;52(1-4):253-260. <http://dx.doi.org/10.1016/j.petrol.2006.03.012>.
- 4 Csáki KF. Synthetic surfactant food additives can cause intestinal barrier dysfunction. *Medical Hypotheses*. 2011;76(5):676-681. PMID:21300443. <http://dx.doi.org/10.1016/j.mehy.2011.01.030>.
- 5 Souza LM, Girão JHS, Borges MR, Balaban RC. Eficiência de emulsificantes aplicados a fluidos de perfuração de base sintética. In: Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás. Anais do 6º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás; 2011; Florianópolis. Brasil; 2011. p. 1-8.
- 6 Mahmoud SA, Dardir MM. Synthesis and evaluation of a new cationic surfactant for oil-well drilling fluid. *Journal of Surfactants and Detergents*. 2011;14(1):123-130. <http://dx.doi.org/10.1007/s11743-010-1214-7>.
- 7 Petrobras. Emulsificantes de água em base parafínica EP-IEP-00028-A. Rio de Janeiro: E&P-ENGP; 2011. 10 p.

volátil; a segunda, à perda de matéria carbonosa e a terceira e última, à decomposição final da borra do óleo de soja;

- O ensaio de FTIR confirmou que o emulsificante EBO é formado a partir de um ácido graxo constituído de ligações C-H, C-O, C=O e C=C e que apresenta picos com intensidades e posições semelhantes aos do óleo de soja puro;
- As emulsões preparadas com o emulsificante EBO apresentaram L600, estabilidade elétrica e volume de filtrado dentro da norma EP-IEP-00028-A [7];
- Os volumes de filtrado obtidos foram muito inferiores ao limite máximo permitido pela norma citada acima, sendo estes, excelentes valores de volume de filtrado;
- Com relação ao teor de água no volume de filtrado, a emulsão E3 apresentou teor de água de 8,3 V/V%, sendo este valor dentro do exigido pela norma;
- A borra de óleo de soja pode ser utilizado como emulsificante primário em fluidos de perfuração sintético.

#### Agradecimentos

Ao Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis – IBP pelo apoio financeiro, a Agência Nacional do Petróleo, Gás e Biocombustíveis – ANP, ao PRH-25 da UFCG, à Petrobras, pelo fornecimento dos aditivos estudados, ao LABDES e ao PeFLab pelo uso de suas instalações físicas.

- 8 Solomons, T.W. Química orgânica. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC; 2012.
- 9 Suarez P A Z, Moser BR, Sharma BK, Erhan SZ. Comparing the lubricity of biofuels obtained from pyrolysis and alcoholysis of soybean oil and their blends with petroleum diesel. Fuel. 2009;8(6):1143-1147. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fuel.2008.11.017>.
- 10 Souza EC. Estudo da oxidação do óleo de soja com diferentes concentrações de aditivos antioxidantes, para uso em tratamentos térmicos de tempera [dissertação de mestrado]. São Carlos: Universidade de São Paulo; 2007.
- 11 Gonçalves JT. Fluidos não aquosos. 2003. Apostila. [acesso em 10 jan. 2014]. Disponível em: [https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=9&ved=0CGcQFjAl&url=http%3A%2F%2Ffiles.quimicodohorario.webnode.com.br%2F200000033-34d5535cf5%2Fapostila%2520NAF.doc&ei=3VkHU-7EH4G3sASYzYC4AQ&usg=AFQjCNHMTqP5pKzUTEFzT2HKKv\\_lphQCVg](https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=9&ved=0CGcQFjAl&url=http%3A%2F%2Ffiles.quimicodohorario.webnode.com.br%2F200000033-34d5535cf5%2Fapostila%2520NAF.doc&ei=3VkHU-7EH4G3sASYzYC4AQ&usg=AFQjCNHMTqP5pKzUTEFzT2HKKv_lphQCVg)

Recebido em: 07 jan. 2016

Aceito em: 30 out. 2016