

## ESTUDO DO COMPORTAMENTO DE EMULSÕES DO TIPO A/O

V. F. DORNELAS<sup>1</sup>, A. P. MENEGUELO<sup>1</sup>, D. C. RIBEIRO<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Engenharia e Tecnologias  
E-mail para contato: vitoriafeliciodornelas@hotmail.com

**RESUMO** – Durante toda a cadeia produtiva o petróleo é exposto a agitação que, combinada com temperatura, pressão e produtos químicos presentes no óleo, resulta na formação de emulsões. Atualmente há uma demanda de estudos sobre emulsões, principalmente, devido a descoberta de reservas de petróleo pesado, que formam emulsões mais estáveis devido a maior presença de asfaltenos em sua composição. Este trabalho apresenta um estudo experimental e teórico sobre o comportamento de emulsões A/O quanto aos parâmetros concentração de emulsificante, taxa de cisalhamento e fração volumétrica de água. Foram analisados parâmetros reológicos e de estabilidade das emulsões. Os resultados experimentais para a viscosidade medidos pelo viscosímetro foram comparados aos valores calculados através da curva de fluxo. Foi observado que os valores medidos pelo viscosímetro são suficientemente próximos aos valores calculados, comprovando assim a viscosidade de cada uma das emulsões e o seu comportamento Newtoniano.

### 1. INTRODUÇÃO

Uma emulsão é a mistura de dois ou mais líquidos que são normalmente imiscíveis. Macroemulsões, ou simplesmente emulsões, são dispersões de líquido em líquido, com tamanho de gota tipicamente variando de 1 a 100 micrometros (HENRÍQUEZ, 2009).

Nesta faixa, as gotas da emulsão são em geral grandes o suficiente para sedimentar através da influência gravitacional. Estes sistemas possuem uma estabilidade mínima, podendo melhorar com a adição de agentes ativos de superfície. Geralmente, emulsões são estabilizadas por um agente surfactante que têm duas funções básicas: diminuir a tensão interfacial, favorecendo a formação de emulsão; e evitar a coalescência entre as gotas uma vez obtida a emulsão (HENRÍQUEZ, 2009).

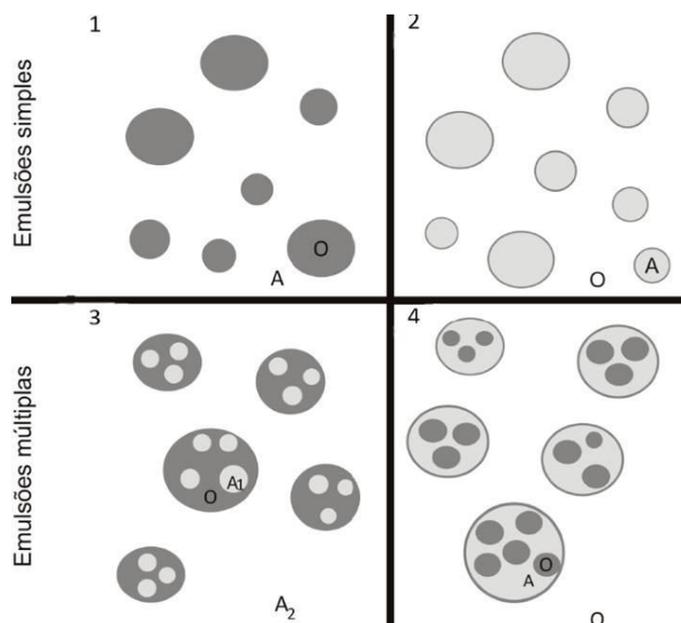
Na indústria do petróleo emulsões de água em óleo estão presentes nas operações de produção e no setor de refino. Na produção o teor de água pode chegar até 60% em volume. Emulsões são formadas por misturas de água e óleo que escoam em *regime turbulento* ou devido ao efeito do gradiente de pressão em poros do reservatório, chokes, ou em válvulas utilizadas nas tubulações. São, em geral, fluidos de comportamento não-Newtoniano, com viscosidade dependente da fração volumétrica da fase dispersa, da temperatura e principalmente da taxa de cisalhamento. Outros fatores, como tamanho da gota, distribuição do tamanho das gotas, a viscosidade e a densidade do óleo também influenciam no comportamento da emulsão.

Além da alta viscosidade associada aos óleo pesados, a formação de emulsões (A/O) durante o escoamento contribui ainda mais para o aumento da perda de carga e redução da produção. Portanto é importante estudar maneiras de reduzir a viscosidade de óleos pesados para garantir seu escoamento. As pesquisas em emulsão inversa na produção de petróleo visam diminuir a viscosidade do óleo pesado, para que as perdas energéticas sejam as menores possíveis e que seja viabilizada extração do óleo cru (SOUZA, 2009).

## 1.1. Classificação das Emulsões

Emulsões produzidas em campo de produção de petróleo podem ser classificadas em três grupos: água em óleo (A/O), Figura 1-1, óleo em água (O/A), Figura 1-2, e emulsões múltiplas ou complexas (A/O/A ou O/A/O), Figuras 1-3 e 1-4 (LAKE, 2006).

Figura 1 – Representação esquemática das estruturas das emulsões simples e múltiplas. Em (1) emulsão A/O, (2) O/A, (3) A/O/A e (4) O/A/O. (PEREIRA & GRACIA-ROJAS, 2015).



As emulsões podem ser classificadas quanto ao seu grau de estabilidade, sendo consideradas fracas quando há separação de água livre em poucos minutos, médias quando a separação de fase ocorre em 10 minutos e fortes quando a separação de fases leva algumas horas ou dias (SANTANA, 2013).

## 1.2. Tipos de Fluidos

Os fluidos podem ser caracterizados quanto ao seu comportamento reológico, sendo que os fluidos mais comuns são facilmente identificados pela análise do perfil das curvas de fluxo

e/ou viscosidade. Os principais tipos de fluidos estão relacionados na Figura 2 (NASCIMENTO, 2008)

Figura 2 – Curva de fluxo e curva de viscosidade (NASCIMENTO, 2008).



O comportamento Newtoniano é característico de emulsões bem diluídas, e nesse caso, a viscosidade do fluido independe da taxa de cisalhamento. Os primeiros estudos sobre viscoplasticidade realizados por Bingham em 1992 mostraram que existe um valor residual para a tensão de cisalhamento – tensão limite de escoamento – que precisa ser excedido para que o material apresente fluxo viscoso (Navarro, 1997 *apud* HERMANY, 2012). Fluidos dilatantes são caracterizados pelo aumento da sua viscosidade com o aumento da taxa de cisalhamento, já fluidos pseudoplásticos são caracterizados pela diminuição da viscosidade com o aumento da taxa de cisalhamento.

## 2. METODOLOGIA

Para realizar o estudo do comportamento das emulsões A/O foi definido um procedimento experimental para a etapa de preparo e caracterização das emulsões formadas. Todas as emulsões foram preparadas com o auxílio de um homogeneizador mecânico à 8000 RPM por 5 minutos. Os fluidos utilizados para o preparo da emulsão foram: água destilada, óleo diesel e o surfactante SPAN 80.

Para análise do comportamento e caracterização da emulsão foi analisado a influência do teor de água. As seguintes proporções de água foram utilizadas: 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60 e 70 % foram adicionados 0,25% de SPAN 80 em cada uma das amostras. A Tabela 1 apresenta a quantidade em volume da composição de cada uma das emulsões.

Tabela 1 – Proporção em volume dos componentes da emulsão.

<i>Emulsão</i>	<i>Óleo Diesel (%)</i>	<i>Água (%)</i>	<i>SPAN 80 (%)</i>
1	94,75	5	0,25
2	89,75	10	0,25
3	79,75	20	0,25
4	69,75	30	0,25
5	59,75	40	0,25
6	49,75	50	0,25
7	39,75	60	0,25
8	29,75	70	0,25

Todos os testes foram realizados em duplicata. Os resultados foram organizados em gráficos para melhor visualização.

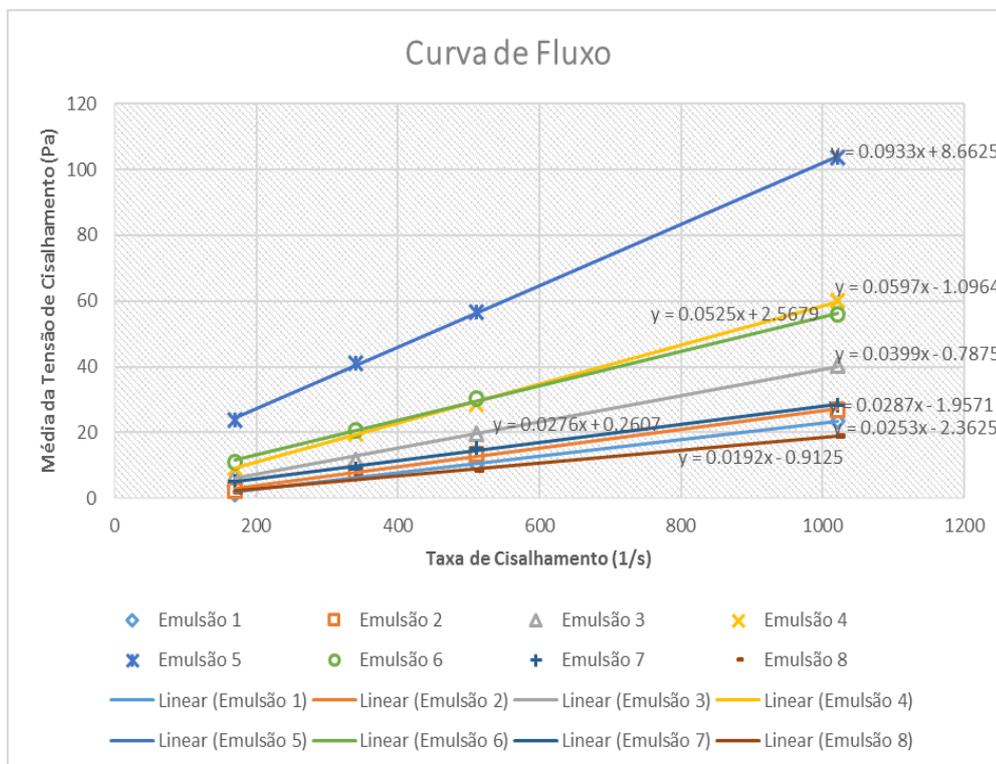
### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o preparo de 200 ml de emulsão foram utilizados 0,25% de SPAN 80, em volume. O volume de óleo diesel, equivalente a proporção de cada emulsão A/O, foi misturada ao SPAN 80 em um bquer, e agitada no homogeneizador mecânico à 8000 RPM por 5 minutos, a proporção equivalente de água destilada foi adicionada aos poucos durante a agitação.

Foi observada a estabilidade da emulsão avaliando o tempo de separação das fases por influência gravitacional. Segundo a classificação de Santana (2013), todas as emulsões apresentaram estabilidade forte, pois levaram mais que uma hora para que houvesse a separação das fases.

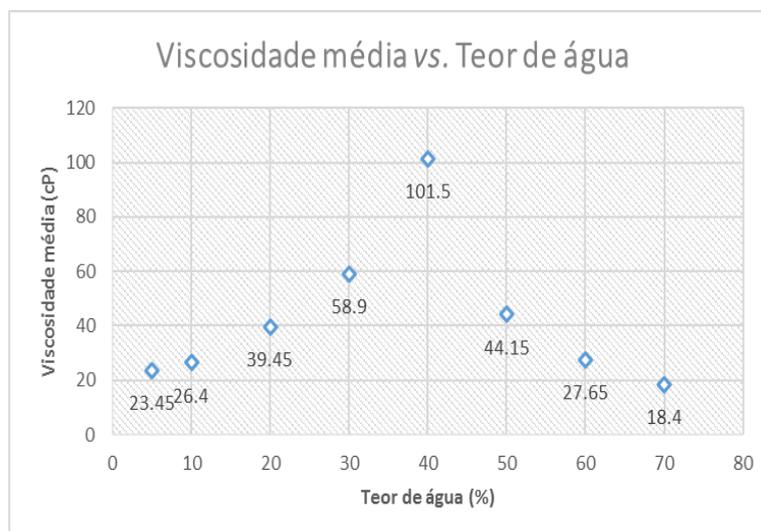
Quanto ao comportamento reológico todas as emulsões apresentaram comportamento Newtoniano, como pode ser observado na Figura 3.

Figura 3 – Curva de Fluxo para cada emulsão.



Ao lado de cada curva de tendência foi plotada com o auxílio do *software* Excel, a equação da curva, para o modelo linear, e foi comparado ao modelo Newtoniano para determinar a viscosidade da emulsão, os resultados da viscosidade são apresentados na Tabela 2. A Figura 4 apresenta os valores de viscosidade medidos pelo viscosímetro OFITE MODEL 900 à 600 RPM (rotações por minutos).

Figura 4 – Curva de viscosidade média em função do teor de água de cada emulsão medida à 600 RPM no viscosímetro.



A Tabela 2 reúne os valores de viscosidade calculado através da curva de fluxo e através da viscosidade medida pelo viscosímetro. Esta tabela tem por finalidade comparar os valores calculados e experimentais da viscosidade média das amostras. Para formulação da equação foram utilizados os valores de tensão e taxa de cisalhamento, Pa (Pascal) e  $s^{-1}$  (1/segundos), respectivamente. O que gerou um termo para viscosidade média com unidade de Pa.s. Para fins de comparação a unidade da viscosidade média foi transformada de Pa.s para cP (*centipoise*).

Tabela 2 – Análise comparativa dos valores médios de viscosidade, calculado por meio de equação versus o valor experimental

Emulsão	Equação $y = f(x)$	Viscosidade média das amostras pela equação do gráfico (cP)	Viscosidade média das amostras pelo OFITE (cP) à 600 RPM
1	$0,0253x-2,3625$	25,3	23,45
2	$0,0287x-1,9571$	28,7	26,4
3	$0,0399x-0,7875$	39,9	39,45
4	$0,0597x-1,0964$	59,7	58,9
5	$0,0933x+8,6625$	93,3	101,5
6	$0,0525x+2,5679$	52,5	44,15
7	$0,0276x+0,2607$	27,6	27,65
8	$0,0192x-0,9125$	19,2	18,4

Analisando separadamente o valor da viscosidade média para cada emulsão, observamos que os valores medidos e calculados são suficientemente próximos. Podemos então utilizar os valores calculados para determinar a característica da viscosidade das emulsões.

#### 4. CONCLUSÃO

O entendimento do comportamento das emulsões é de grande importância, pois a determinação das suas características corrobora para uma melhor eficiência na escolha do método de separação das emulsões em campos de petróleo.

A emulsões formadas por água e óleo diesel para este experimento tem uma estabilidade forte. Portanto, mesmo que a viscosidade do óleo diesel seja diferente das viscosidades encontradas nos campos de petróleo, as emulsões formadas são fortes e de difícil separação.

Observando o comportamento do fluido, percebemos o seu caráter Newtoniano, Figura 3, à medida que foi aumentada a taxa de cisalhamento ocorreu o aumento na viscosidade.

Os experimentos mostraram que o valor da viscosidade da emulsão também aumenta com o aumento da proporção de água. Este crescimento gradual na viscosidade ocorre até que se atinja um ponto máximo. Este ponto representa o limite da fração volumétrica de água onde ocorre a inversão da emulsão. A importância no conhecimento do ponto de inversão da emulsão é fundamental na indústria do Petróleo devido a diminuição no valor da viscosidade durante procedimentos de escoamento.

## 5. REFERÊNCIAS

HENRÍQUEZ, C. J. M. **W/O Emulsions: Formulation, Characterization and Destabilization**. Caracas. Venezuela. 2009.

HERMANY, L. **Aproximações estabilizadas de escoamento de fluidos viscoplásticos através de uma expansão seguida de uma contração axissimétrica**. Programa de pós-graduação em Engenharia Mecânica. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2012.

LAKE, L. W. **Petroleum Engineering Handbook – General Engineering**. Vol. I. Cap 12. Society of Petroleum Engineering (SPE). 2006.

NASCIMENTO, C. R. **Reologia e Reometria Aplicadas ao Estudo de Polpas Minerais**. Centro de Tecnologia Mineral – CETEM. Rio de Janeiro. 2008.

PEREIRA, L. J. B.; GARCIA-ROJAS, E. E. **Emulsões múltiplas: formação e aplicação em microencapsulamento de componentes bioativos**. Ciência Rural. Santa Maria, v. 45, n.1. p 155-162. Jan. 2015.

SANTANA, R. de C.; **Surfactantes Self- Assembly**. Aula 2. Tópicos Especiais em Engenharia de Produção. Departamento de Engenharias e Tecnologia. Universidade Federal do Espírito Santo. 2013.

SOUZA, T. A.; **Inversão de emulsões de petróleo usando partículas sólidas**. Programa de Pós Graduação em Engenharia Química. Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2009