

DESEMULSIFICAÇÃO DE PETRÓLEO UTILIZANDO RADIAÇÃO MICRO-ONDAS MONOMODO

C. M. STRIEDER, G. D. IOP, L.S.F. PEREIRA, M. F. PEDROTTI, M. S. P. ENDERS,
L. SCHMIDT, E. I. MULLER e E. M. M. FLORES*

Universidade Federal de Santa Maria, CEP 97015-900, Santa Maria, RS, Brasil.

*ericommf@gmail.com

RESUMO – Tendo em vista a inviabilidade do processamento de petróleos emulsionados com água, juntamente com a necessidade de métodos de desemulsificação eficazes, faz-se necessário o desenvolvimento de metodologias alternativas para a separação de emulsões do tipo A/O. Desta maneira, neste trabalho é proposta a utilização de um reator micro-ondas monomodo, uma vez que este método possui maior taxa de transferência de energia quando comparado com o aquecimento convencionalmente empregado para desemulsificação. O equipamento de MW utilizado possibilita a focalização do feixe de radiação incidente na amostra e a quantificação da energia absorvida e refletida por esta. Amostras com diferentes teores de água foram avaliadas e submetidas ao aquecimento em reator micro-ondas monomodo. Posteriormente, foi feita a adição de desemulsificante à mistura que foi submetida ao banho-maria para a separação das fases. Avaliou-se a eficiência do método proposto, através da visualização do volume de água separado após o procedimento. A velocidade de separação das fases das amostras submetidas às condições otimizadas foi superior à velocidade de separação das emulsões submetidas ao aquecimento convencional, portanto o método proposto apresentou-se adequado para a separação de emulsões do tipo A/O em escala laboratorial.

1. INTRODUÇÃO

O petróleo é constituído por uma mistura de hidrocarbonetos de ocorrência natural, oriundo da decomposição da matéria orgânica pela ação da temperatura e pressão, sendo depositado ao longo dos anos em rochas que atuam como reservatórios (Behrenbruch e Dedigama, 2007). Durante a exploração do petróleo, à medida que a pressão dos reservatórios diminui a água move-se para o interior dos reservatórios deste. Para que a mistura de água e óleo possa ser processada, esta é transportada em dutos que operam com escoamento turbulento e expõe a mistura à agitação e ao cisalhamento, possibilitando assim a incorporação das gotas de água (fase dispersa) na fase óleo (fase contínua), formando uma emulsão. A quantidade de água incorporada varia de acordo com as características dos reservatórios e com a idade dos poços, sendo que os métodos empregados para o processamento do petróleo também influenciam nos teores de água das emulsões (Djuve *et al*, 2007).

A formação de emulsões, assim como sua estabilidade depende da composição do petróleo, da presença de surfactantes (emulsificantes naturais) e do tamanho das gotas da fase

dispersa, sendo que, quão menores as gotas, mais difícil torna-se a separação das fases (Balinov *et al.*, 1994). A água incorporada contém geralmente sais dissolvidos e outros compostos indesejáveis ao petróleo os quais, se não forem removidos durante o processamento primário, poderão ocasionar problemas nas unidades de refino, como a corrosão de equipamentos (Speight, 2002). Na presença de água, a viscosidade do petróleo aumenta, tornando o fluido mais resistente ao transporte ao longo das tubulações, ocasionando aumento dos custos de processamento (Bryers, 1996).

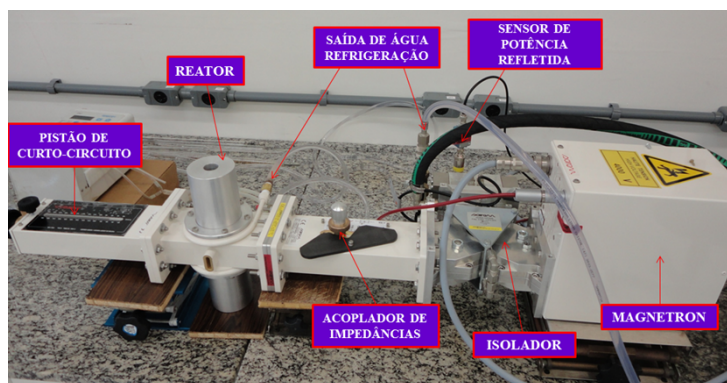
A desestabilização de emulsões através do aquecimento e da adição de agentes desemulsificantes é o método convencional empregado para promover a separação das fases. Os desemulsificantes são compostos que interagem com a fase aquosa e também com a fase orgânica, promovendo o deslocamento dos compostos surfactantes diminuindo, assim, a tensão interfacial e causando a coalescência das gotas de água. Entretanto, tendo em vista a necessidade da separação das fases das emulsões formadas de modo mais eficiente durante o processamento do petróleo, vários métodos têm sido desenvolvidos, como o tratamento eletrostático, o uso de membranas filtrantes, a energia US, dentre outros (Pereira, 2012).

Dentre as fontes alternativas de energia, destaca-se ainda a utilização de radiação micro-ondas que tem sido aplicada em diversas áreas. Chan e Chen (2002) atribuem a crescente aplicação da radiação micro-ondas, à rápida transferência de energia, que ocorre em função dos fenômenos de migração iônica e rotação das moléculas. Tendo em vista então, a eficiência da radiação MW para realização do aquecimento das emulsões sintéticas, juntamente da adição de desemulsificante químico no meio, o presente trabalho propõe a avaliação do sistema que emprega um reator micro-ondas monomodo através do estudo de parâmetros operacionais definidos, em função da melhor eficiência e velocidade de separação de emulsões de petróleo.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para avaliação da desemulsificação de petróleos foi utilizado um sistema de micro-ondas monomodo, como apresentado na Figura 1, com gerador de 2,45 GHz (Sairem, Neyron, França), que fornece potência variável de até 2 kW. Este equipamento, o qual foi adaptado no Laboratório de Análises Químicas, Industriais e Ambientais (LAQIA) do departamento de química da UFSM, possibilita a medida da potência de MW absorvida e da refletida pela amostra além de focalizar o feixe de radiação micro-ondas diretamente sobre a mesma.

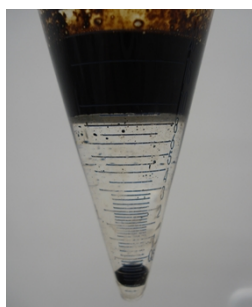
Figura 1 – Sistema de MW monomodo



As emulsões sintéticas de petróleo foram preparadas a partir do óleo com $^{\circ}\text{API}$ de 19,5 e teor de água menor do que 1%. Neste sentido, foram preparadas emulsões com diferentes teores de água (20 e 70%, m m⁻¹), mantendo fixa a concentração da solução salina (250 g L⁻¹ de NaCl) e a mediana do diâmetro médio de gotas de até 10 μm . Foram pesados 80 g de emulsão em frascos graduados sendo inseridos na cavidade do forno de micro-ondas. Para o programa de aquecimento com MW, a potência foi aplicada até ser atingida a temperatura de 88 e 103 $^{\circ}\text{C}$ (correspondentes às viscosidades de 16 e 25 cSt, respectivamente).

A emulsão sintética de petróleo foi aquecida até que a temperatura desejada fosse atingida e posteriormente, adicionou-se desemulsificante químico (Disssolvan, Clariant) à mesma (concentração de 50 e 100 mg kg⁻¹). Em seguida a emulsão foi submetida ao aquecimento em banho-maria durante o tempo de decantação (até 15 min). A eficiência do método proposto foi avaliada através da visualização do volume de água separado após a exposição da emulsão ao aquecimento, como é mostrado na Figura 2.

Figura 2 – Visualização do volume de água separado



3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com os resultados obtidos, para as emulsões contendo 20% de água, nas quais foi adicionado 50 mg kg⁻¹ de desemulsificantes não ocorreu a separação das fases para ambas formas de aquecimento (MW e convencional) e temperaturas utilizadas (88 $^{\circ}\text{C}$ e 103 $^{\circ}\text{C}$). Por outro lado, com a adição de 100 mg kg⁻¹ de desemulsificante, a eficiência de separação com uso da radiação MW foi superior quando comparado ao uso do aquecimento convencional, após 15 min de decantação da emulsão (Tabela 1). Além do mais, observou-se que, para a temperatura de 88 $^{\circ}\text{C}$, a separação das fases iniciou após 9 minutos de decantação, para aquecimento MW.

Tabela 1 – Eficiência de desemulsificação (%) para emulsão contendo 20% de água. Ensaios feitos com uso de 100 mg kg⁻¹ de desemulsificante químico em diferentes temperaturas.

Tempo de decantação (min)	88 $^{\circ}\text{C}$		103 $^{\circ}\text{C}$	
	Aquecimento convencional	Aquecimento por MW	Aquecimento convencional	Aquecimento por MW
3	0	0	0	0
9	0	0	5	6
15	4	15	10	17

Os resultados dos ensaios feitos com emulsões contendo 70% de água na temperatura de 88 °C podem ser observados na Tabela 2. De acordo com os resultados obtidos, a eficiência de desemulsificação foi superior (15 e 18% para o uso de desemulsificante na concentração de 50 mg kg⁻¹ e 100 mg kg⁻¹, respectivamente) com uso da radiação MW em comparação ao aquecimento convencional e 15 min de decantação. Desta forma, resultados satisfatórios foram obtidos uma vez que ocorreu a separação de, aproximadamente 56% da fase aquosa da emulsão com uso da maior concentração de desemulsificante químico.

Tabela 2 – Eficiência de desemulsificação (%) para emulsão contendo 70 % de água. Ensaios feitos com uso de desemulsificante (50 e 100 mg kg⁻¹) na temperatura de 88 °C.

Tempo de decantação (min)	50 mg kg ⁻¹		100 mg kg ⁻¹	
	Aquecimento convencional	Aquecimento por MW	Aquecimento convencional	Aquecimento por MW
3	0	0	0	23
9	6	26	16	47
15	28	43	38	56

Para os ensaios feitos na temperatura de 103 °C, a eficiência de separação das fases para as emulsões contendo 70% de água pode ser observada da Tabela 3. De acordo com os resultados observados, a velocidade inicial de separação da água da emulsão foi superior quando aquecimento por radiação MW foi utilizado. Além do mais, foi possível observar que para a maior concentração de desemulsificante o uso da radiação MW promoveu a separação de, aproximadamente 30% de água com apenas 3 min de decantação da emulsão. É possível verificar também que após 15 min de decantação, uma eficiência de 65% foi alcançada quando empregada radiação MW (100 mg kg⁻¹ de desemulsificante). Ambos comportamentos já eram esperados uma vez que o uso da radiação MW, juntamente com a adição de agente desemulsificante, favorece o processo de separação de emulsões de petróleo.

Tabela 3 – Eficiência de desemulsificação (%) para emulsão contendo 70 % de água. Ensaios feitos com uso de desemulsificante (50 e 100 mg kg⁻¹) na temperatura de 103 °C.

Tempo de decantação (min)	50 mg kg ⁻¹		100 mg kg ⁻¹	
	Aquecimento convencional	Aquecimento por MW	Aquecimento convencional	Aquecimento por MW
3	0	3	1	28
9	15	24	33	51
15	36	48	53	65

3. CONCLUSÕES

A utilização do aquecimento de emulsões sintética A/O com o uso de um reator micro-ondas monomodo proporcionou, de modo geral, maiores eficiências de desemulsificação e também maior velocidade de separação das fases da emulsão quando comparada ao aquecimento convencional. Além do mais, foi observado que o uso de desemulsificante favoreceu a separação das fases da emulsão, uma vez que quando utilizado em concentrações mais elevadas, a eficiência de desemulsificação foi superior. Desta forma, a radiação MW

pode ser considerada uma fonte alternativa de aquecimento para promover a desemulsificação de emulsões sintéticas de petróleo, em escala laboratorial. Testes posteriores em planta piloto, assim como análise econômica detalhada do procedimento são necessários para certificar a valia do método em escala industrial.

5. NOMENCLATURA

A/O, emulsão do tipo água em óleo

cSt, unidade de viscosidade cinemática centistokes

GHz, unidade de frequência gigahertz

kW, unidade de potência quilowatt

MW, micro-ondas, do inglês *microwave*

US, ultrassom, do inglês *ultrasound*

6. REFERÊNCIAS

- BALINOV, B., URDAHL, O., SÖDERMAN, O., SJÖBLOM, J., Characterization of water-in-crude oil emulsions by the NMR self-diffusion technique, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, v. 82, p. 173-181, 1994.
- BEHRENBRUCH, P., DEDIGAMA, T., Classification and characterisation of crude oils based on distillation properties, *Journal of Petroleum Science and Engineering*, v. 57, p. 166-180, 2007.
- CHAN, C. C., CHEN, Y. C., Demulsification of w/o emulsions by microwave radiation, *Separation Science and Technology*, v. 37, p. 3407-3420, 2002.
- DJUVE, J., YANG, X., FJELLANGER, I. J., SJÖBLOM, J., PELIZZETTI, E., Chemical destabilization of crude oil based emulsions and asphaltene stabilized emulsions, *Colloid & Polymer Science*, v. 279, p. 232-239, 2001.
- PEREIRA, L. S. F. Extração assistida por radiação micro-ondas para a remoção de água, sal e sedimentos de petróleo e posterior caracterização. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Santa Maria, 2012.
- SPEIGHT, J. G. *Handbook of petroleum product analysis*. New Jersey: Editora John Wiley & Sons, 2002.