

AVALIAÇÃO DA TENSÃO SUPERFICIAL EM SOLUÇÕES DE POLIACRILAMIDAS NÃO-IÔNICA E ANIÔNICA

CARVALHO SANTOS, J. S.¹; DANTAS COSTA, S. E.²; MENTEGS ARRUDA, G.²;
DUARTE, M. M. L.¹; BARROS NETO, E. L.¹.

¹Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós Graduação em Engenharia Química

²Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Engenharia Química

E-mail para contato: *dlucarvalho@yahoo.com.br*

RESUMO - A tensão superficial é um fator importante nos fluidos, e é explicada através das forças coesivas entre as moléculas, no interior de um líquido. Estas associa-se com os átomos próximos, ou seja, na superfície não há átomos vizinhos acima delas, com isso, eles exibem forças atrativas intermoleculares na superfície. O objetivo do trabalho foi averiguar o efeito da tensão superficial a diferentes temperaturas e concentrações dos polímeros e, através do seu comportamento, observar a viabilidade para o processo de deslocamento de petróleo. De acordo com os resultados obtidos, percebeu-se que a elevação da temperatura provoca uma redução da tensão de forma mais acentuada nos polímeros de menor ionicidade, podendo estar relacionado ao acréscimo de monômeros no fluido, acarretando um maior índice de hidrólise nas moléculas. Enquanto os outros polímeros de maior ionicidade e mais concentrados, obtiveram uma diminuição gradativa da tensão, mostrando-se mais viáveis para o deslocamento de petróleo, devido a sua estabilidade.

1. INTRODUÇÃO

A tensão superficial é uma das propriedades físico-químicas mais importantes na tecnologia de materiais poliméricos em vários processos da engenharia, tais como aqueles que envolvem espumantes, suspensões e molhabilidade. Quando se fala sobre tensão superficial em um fluido, pode-se observar seu efeito de forma simples, como por exemplo, um mosquito ao que pousar na água não se submerge. Também é possível analisar que as gotas de alguns fluidos ao serem depositados em uma superfície sólida, sofrem tensões e podem possuir diferentes ângulos de contato ao serem absorvido pelo meio poroso.

Tendo em vista o efeito das tensões superficiais, sabe-se que estas estão relacionadas às forças coesivas entre as moléculas no interior de um líquido. Com isso, a partir dos estudos de

tensões, surgiram propostas de análises que podem ser realizadas por meio do impulshe, como também através da gota pendente, entre outros.

No processo de deslocamento de petróleo, utilizam-se tensoativos, desta forma ocorre a redução da tensão interfacial água/óleo. Estas reduções de tensão dependem dos pesos moleculares, das cargas e das concentrações dos tensoativos (Santos 2009; Subhash *et al.*, 2004; Zhang *et al.*, 2004).

Santos (2009) em seus estudos mostrou que os tensoativos iônicos são mais viáveis para a recuperação avançada, por apresentarem baixo custo e alta interação com a rocha-reservatório, propiciando tensões interfaciais bem inferiores a tensoativos não-iônicos.

Mendonça *et al.* (1999) verificaram que as soluções de herbicida glyphosate com tensoativos, sofreram decréscimo na tensão superficial ao aumentar a quantidade de tensoativos nas soluções. Outro fator importante foi analisado por Sundaram (1987), observando que os valores de tensão superficial do óleo mineral sofreram uma pequena diminuição com o aumento da temperatura, chegando a obter os seguintes valores: 33,9 mN.m⁻¹ a 5 °C e 32,3 mN.m⁻¹ a 20 °C. Também, segundo Moreira *et al.* (2003) o aumento da temperatura ao poliestireno, polipropileno e polietileno de baixa densidade provocou uma redução linear na tensão superficial.

Park *et al.* (2007) verificaram em seus estudos o efeito da tensão superficial por modelos matemáticos e, experimentalmente, pelo método da gota pendente, observaram que o aumento da pressão e da temperatura provocou uma redução linear na tensão superficial nas soluções de poliestireno dissolvido em dióxido de carbono.

O objetivo deste trabalho é averiguar o efeito da tensão superficial, nas soluções de polímeros em diferentes concentrações e temperaturas e, através do seu comportamento observar a viabilidade para o processo de recuperação avançada.

2. METODOLOGIA EXPERIMENTAL

As soluções de polímeros a base de poliacrilamida foram preparadas com água destilada em diferentes concentrações (400, 600, 1000, 1500 e 2000 ppm). O tempo de solubilidade variou entre 4 e 600 minutos, sendo necessário a utilização de agitadores magnéticos para todas as soluções. As soluções aniônicas possuem cargas de 30 e 70 % e estão codificadas como: (AN-30% e AN-70%), e a solução não iônica pós-hidrolisada (AH- 0 %). Também, analisou a densidade de cada solução a 25 °C em um Density Meter – DMA 4500M.

Para a análise de tensão superficial utilizou-se um tensiômetro de modelo K-100, acoplado a um banho termostático com as conexões revestidas. Verificou-se a tensão dos fluidos pelo método do anel, em seguida variaram-se as temperaturas entre 25 e 55°C para todas as soluções de polímeros, sendo o tempo para cada análise em torno de 8 minutos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 3.1 mostra as curvas de tensão superficial do polímero não iônico (AH-0 %), que em soluções com concentrações de 400 e 600 ppm sofreu um leve aumento na tensão superficial ao variar a temperatura de 25 a 35°C. Com o aumento da temperatura até 45°C houve um decréscimo acentuado nas tensões, mantendo seu valor praticamente constante até 55 °C. Observa-se certa similaridade no comportamento das soluções de 400 e 600 ppm com a de 1000 ppm, esta diferenciando quando aumentou a temperatura de 25 a 35°C. Para as concentrações de 1500 e 2000 ppm, verifica-se que as tensões decrescem de forma gradativa entre as temperaturas de 25 e 35°C, quanto as demais temperaturas há certa estabilidade em suas respectivas tensões. A solução com concentração de 1500 ppm exibiu valores de suas tensões superiores ao da solução com concentração de 2000 ppm em toda faixa de temperatura estudada.

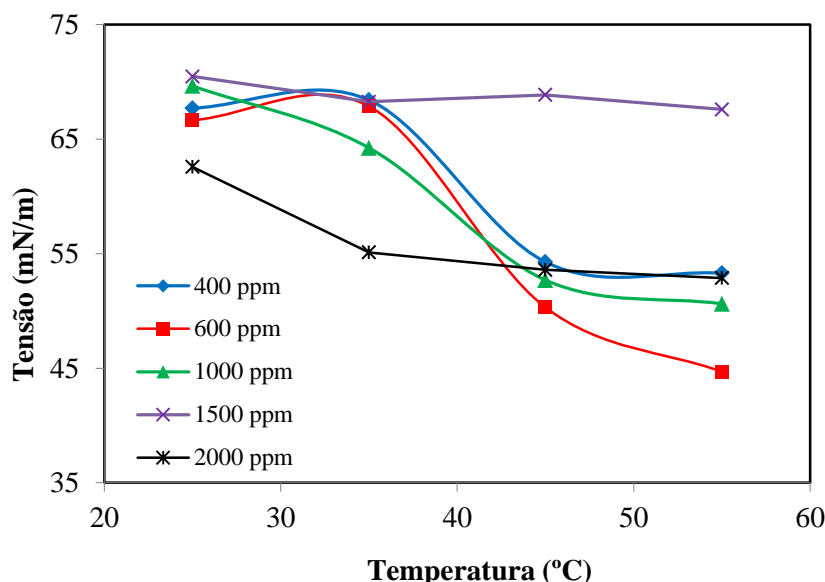


Figura 3.1 – Tensão superficial do polímero AH-0% sob o efeito da temperatura.

Na Figura 3.2, estão apresentadas as curvas obtidas do polímero aniônico (AN-30%). As curvas nas concentrações de 400, 600 e 1500 ppm apresentaram comportamento praticamente similares, com tensão aumentando nas temperaturas de 25 à 35 °C para a curva de 400 ppm e mantendo-se praticamente constantes nas demais. Nestas três curvas observa-se que as tensões decresceram de forma acentuada a partir de 45 °C. Já as curvas com as concentrações de 1000 e 2000 ppm, as tensões decresceram com o aumento da temperatura e, no caso da solução a 2000 ppm, ocorreu um leve aumento da tensão superficial entres as temperaturas de 45 à 55 °C.

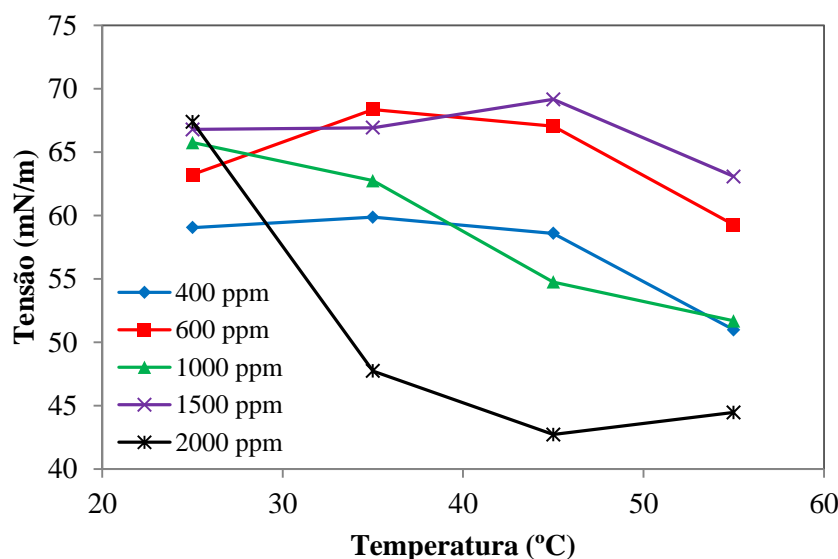


Figura 3.2 – Tensão superficial do polímero AN-30% sob o efeito da temperatura.

A Figura 3.3 representa as curvas da tensão superficial do polímero aniônico (AN-70%), em que as curvas das soluções de 400 e 600 ppm apresentam comportamentos similares, ou seja, as tensões oscilam bastante sob o efeito das temperaturas; enquanto a solução de 1000 ppm sofreu um decréscimo gradativo em suas tensões em toda faixa de temperaturas. As soluções de 1500 e 2000 ppm apresentaram o mesmo comportamento, destacando-se uma diminuição acentuada na faixa de 45 a 55°C.

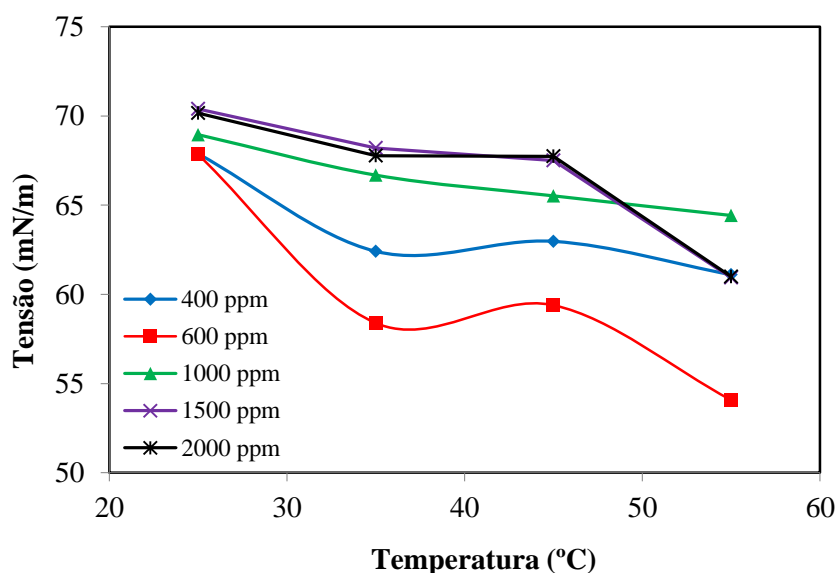


Figura 3.3 – Tensão superficial do polímero AN-70% sob o efeito da temperatura.

Os resultados obtidos para os três polímeros analisados em diferentes concentrações, levam a concluir que a temperatura influenciou na maioria dos casos, provocando uma

diminuição na tensão superficial. O decréscimo da tensão concentra-se em modificar a interação molecular entre o polímero e o seu solvente, assim sendo, o aumento da temperatura contribui com a energia interna da solução, que a torna responsável por esta queda. A energia livre do sistema pode ser dividida em energias interna e entrópica, desta forma provoca a segregação entre polímero e segmentos do solvente, indicando que a entropia torna-se maior em relação à energia livre, resultando a interface mais difusa (Park, *et al* 2007).

Os valores apresentados na Tabela 3.1, mostraram que os polímeros estudados possuem densidades praticamente similares. Com isso, observou-se que as densidades não influenciam em suas tensões, uma vez que as diferenças de cargas podem influenciar no meio, pelo fato dos monômeros apresentam mudanças em suas características físico-químicas.

Tabela 3.1 densidade das poliacrilamidas

Polímero	Densidade
AH-0%	0,99682
AN-30%	0,99731
AN-70%	0,99730

A Figura 3.4 representa a variação da tensão superficial das soluções poliméricas em diferentes concentrações. Portanto, o aumento das tensões pode estar relacionada aos grupos funcionais que são introduzidos nos polímeros aniônicos, mostrando que a introdução de um grande número de grupos hidrofílicos aumenta a solubilidade em água e reduz o excesso de densidade (Matsushita et al, 2008).

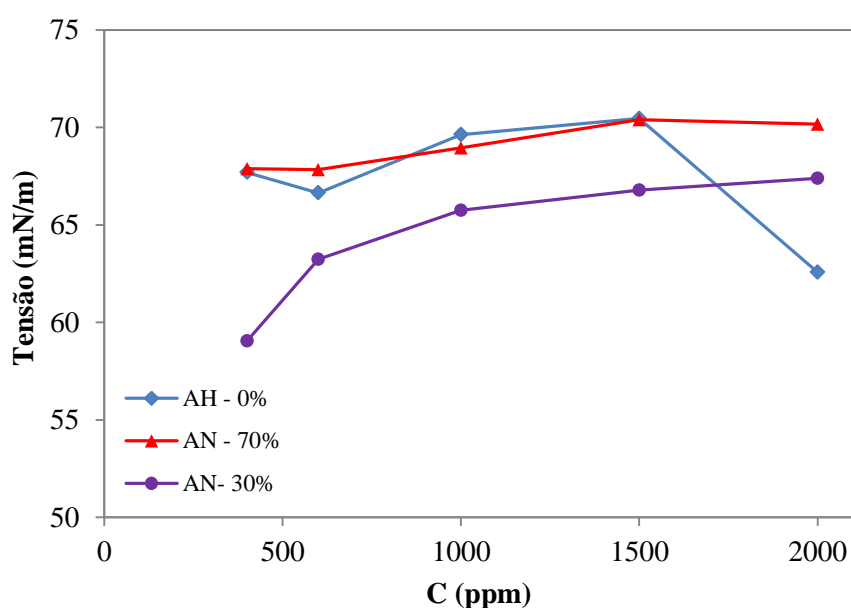


Figura 3.4 – Tensão superficial dos polímeros em relação a concentração em ppm.

As tensões das soluções aniônicas na faixa de 1500 ppm tendem a se manter constante; já o polímero não iônico foi na faixa de 1000 ppm. Isso significa que nesta região as soluções de poliacrilamidas atingiram sua concentração de agregação crítica.

4. CONCLUSÕES

Nos resultados obtidos, percebeu-se que a elevação da temperatura provocou uma redução da tensão superficial de forma mais acentuada no polímero não iônico e, em alguns casos, no de 30% de carga, podendo estar relacionado ao acréscimo de monômeros no fluido, acarretando uma maior hidrolisação das moléculas pelo aumento da temperatura. As soluções de polímeros de maior ionicidade e mais concentradas, por sua vez, revelaram uma diminuição gradativa da tensão. Através do comportamento das tensões superficiais em relação às concentrações, observou-se que os polímeros aniônicos são mais estáveis, mostrando-se, portanto, mais viáveis para o deslocamento de petróleo.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro, em forma de bolsa de estudos, dada pela ANP e Petrobras.

6. REFERÊNCIAS

- MATSUSHITA, Y.; IMAI, M.; IWATSUKI, A.; FUKUSHIMA, k. The relationship between surface tension and the industrial performance of water-soluble polymers prepared from acid hydrolysis lignin, a saccharification by-product from woody materials. *Bioresource Technology*, v. 99, p. 3024–3028, 2008.
- MENDONÇA, C. G.; VELINI, E. D.; MARTINS, D.; MENDONÇA, C. G. Efeitos de surfactantes sobre a tensão superficial e a área de molhamento de soluções de glyphosate sobre folhas de tiririca. *Planta Daninha*, v. 17, n. 3, 1999.
- MOREIRA, J. C.; DEMARQUETTE, N. R.; SHIMIZU, R. N.; SAMARA, M. K.; KAMAL, M. R. Influência da Temperatura, da Massa Molar e da Distribuição de Massa Molar na Tensão Superficial de PS, PP e PE: Experimento e Teoria. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, v. 13, p. 45-53, 2003.
- PARK, H; THOMPSON, R. B.; LANSON, N.; TZOGANAKIS, C.; PARK C. B.; CHEN, P. Effect of Temperature and Pressure on Surface Tension of Polystyrene in Supercritical Carbon Dioxide. *J. Phys. Chem.* v. 111, p. 3859-3868, 2007.
- SANTOS, F. K. G. *Avaliação do comportamento de fluidos micelares na recuperação avançada de petróleo*. 2009. 116f. Tese (Doutorado) - Departamento de Engenharia Química, UFRN, Natal.

SUBHASH, C.; AYIRALA, D.; RAO, N. Multiphase flow and wettability effects of surfactants in porous media. *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects*, v.241, p.313-322, 2004.

SUBHASH, C.; AYIRALA, D.; RAO, N. Multiphase flow and wettability effects of surfactants in porous media. *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects*, v.241, p. 313-322, 2004.

SUNDARAM, A. Influence of temperature on physical properties of non-aqueous pesticides formulation and spray diluents: relevance to u.l.v. applications. *Pesticide Science*, New York, v.20,n.5, p.105-18, 1987.

ZHANG, S.; XU, Y.; QIAO, W.; LI, Z. Interfacial tensions upon the addition of alcohols to phenylalkane sulfonate monoisomer systems. *Fuel*, v.83, p.2059-063, 2004.