

## AValiação DE POLIANIONS COMO INIBIDORES DE INCRUSTAÇÃO PARA POÇOS DE PETRÓLEO

N. VASCONCELOS, Aline<sup>1C</sup>; N. S. MELO, Juciara<sup>2C</sup>; C. S. PAULUCCI, Luciana<sup>3</sup>; C. BALABAN, Rosangela<sup>4</sup>  
<sup>1,2,3,4</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal, RN

[Aline-n.vasconcelos@hotmail.com](mailto:Aline-n.vasconcelos@hotmail.com), [juciaranayara@hotmail.com](mailto:juciaranayara@hotmail.com), [luciana\\_cs21@hotmail.com](mailto:luciana_cs21@hotmail.com),  
[rosangelabalaban@hotmail.com](mailto:rosangelabalaban@hotmail.com)

### RESUMO

A deposição de incrustação mineral é responsável por ocasionar severos problemas operacionais durante a produção do petróleo. A sua origem está vinculada ao desequilíbrio termodinâmico decorrente das variações de pressão e temperatura, bem como à incompatibilidade química entre a composição da água presente no interior do reservatório de petróleo e a da água injetada nos poços. Diante desta problemática, o uso de polímeros como inibidores de incrustação tem se mostrado um método eficiente na prevenção da formação desses precipitados, pois a depender do estágio de formação da incrustação, os inibidores poderão atuar evitando a formação de núcleos ou impedindo o crescimento organizado dos cristais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Incompatibilidade química; Incrustação; Inibidores de incrustação.

### 1. INTRODUÇÃO

Durante a exploração e produção do petróleo, a água geralmente encontra-se associada ao óleo. A água injetada utilizada para aumentar a produção do óleo entra em contato com a água presente na formação rochosa acarretando incompatibilidade química, que resulta na formação de depósitos inorgânicos, conhecidos como incrustações. A formação de incrustação na indústria petrolífera é vista como um grande problema operacional, pois tampona os poros da rocha, diminui o diâmetro de dutos de produção, reduzindo o fluxo dos hidrocarbonetos, sendo responsável então por diminuir a produtividade e aumentar os custos com intervenções de reparo e manutenção (Reis *et al.*, 2011; Macedo, 2016).

A incrustação é definida como o acúmulo de minerais sobre uma superfície em decorrência da saturação do meio e é originada pelo depósito de sais inorgânicos. Um dos fatores que favorecem a formação da incrustação é a concentração de cátions e de ânions no sistema. As incrustações comumente encontradas nos campos de petróleo são por carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e sulfato de bário ( $\text{BaSO}_4$ ) (Macedo, 2016).

Com o intuito de evitar a formação desses precipitados, agentes químicos são utilizados. Estes agem basicamente a partir de dois mecanismos: (1) evitando a formação de núcleos por meio da complexação com o cátion livre que formaria a incrustação ou (2) impedindo o crescimento dos cristais a partir da deformação da superfície ativa do cristal (Harris, 2012). Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo a avaliação da eficiência de policarboxilatos como inibidores de incrustação.

### 2. METODOLOGIA

A metodologia utilizada visou avaliar a eficiência dos polímeros através de testes de compatibilidade química entre os inibidores e a mistura das águas sintéticas de formação (AF) e de injeção (AI). E do teste de eficiência de inibição dinâmica em condições de campo: pressão e temperatura.

As salmouras foram preparadas conforme concentrações apresentadas na Tabela 1. Para as composições de AF e AI foram preparadas duas águas distintas, uma contendo o somatório dos cátions totais e outra contendo o somatório dos ânions totais. As salmouras sintéticas permaneceram sob agitação durante 24 horas, o pH foi ajustado a 25 °C e a filtração à vácuo foi realizada através de membrana Millipore de acetato de celulose 0,45 µm.

O ensaio de compatibilidade avaliou visualmente a formação de turbidez ou precipitado provocada pela incompatibilidade dos inibidores com as águas AF e AI. Para isto, 50 mL de salmoura “catiônica” foi adicionada em um frasco Schott de 100 mL, e 50 mL de salmoura “aniônica” foi adicionada em outro frasco Schott de 100 mL. Assim, o produto foi adicionado em diferentes volumes nas águas “aniônicas” de maneira a se obter concentrações finais de 10, 25, 50, 75, 100, 200, 500, 1000, 5000 e 10000 ppm. Em seguida, os frascos foram mantidos na estufa por 1 hora a 65 °C e, passado esse tempo, as salmouras “catiônicas” e “aniônicas” foram

misturadas e fotografadas. Após 1, 2 e 24 horas da mistura, novas fotografias foram realizadas com o intuito de observar alguma turvação/precipitação no meio. Este ensaio seguiu o procedimento da norma NACE TM0197.

O ensaio de eficiência dinâmica foi realizado de acordo com a norma NACE 31105, por meio do equipamento Dynamic 4000TM Scale, da Scaled Solutions Ltda. A eficiência dos inibidores de incrustação à base de acrilatos e carboxilatos foi avaliada em 10 mL/min, 65 °C e pressão absoluta no sistema de 145 psi.

**Tabela 1** – Composição das salmouras sintéticas utilizadas nos ensaios de compatibilidade e eficiência dinâmica.

Íons (mg/L)	Ba <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Sr <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Br <sup>-</sup>	CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>	CHOO <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>
Água de Formação (AF)	245,5	5081	146,6	687,9	355,8	22987	16,7	321	277,8	358,1	1,1	50126
Água de Injeção (AI)	<0,1	959	22,8	844,1	445,7	12785	2011	316	95,5	175,9	0,5	24019

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Imediatamente após a mistura, foi observada turvação na amostra do branco (sem inibidor). A turvação evidenciada sugere nucleação imediata de cristais inorgânicos, em virtude da supersaturação do meio. Uma vez que não há outro produto de reação passível de ocorrer na amostra do branco, além da formação da incrustação, o comportamento observado foi relacionado apenas à incompatibilidade termodinâmica das águas. Em 2 horas de ensaio, foi possível observar a deposição de precipitados no fundo do frasco, bem como diminuição da turbidez. Após 24 horas, a solução do branco apresentou aspecto límpido, porém com presença de precipitados.

Nas concentrações de 10 a 50 ppm do inibidor poliacrilato, o comportamento foi semelhante ao observado para a solução do branco, embora os precipitados tenham permanecido em suspensão até o final do teste. Nesse caso, considera-se que o inibidor seja compatível com o sistema, no entanto, não é capaz de impedir a formação dos precipitados. Na solução contendo 75 ppm de poliacrilato, foi observada a formação dos núcleos cristalinos, porém em menor quantidade, sugerindo início da blindagem das cargas dos grupos aniônicos pelos cátions bivalentes livres. A partir de 100 até 10000 ppm, observou-se mudança no comportamento das soluções e aumento progressivo da turvação com o aumento da concentração dos poliacrilatos, que foi atribuída à precipitação do polímero inibidor no meio.

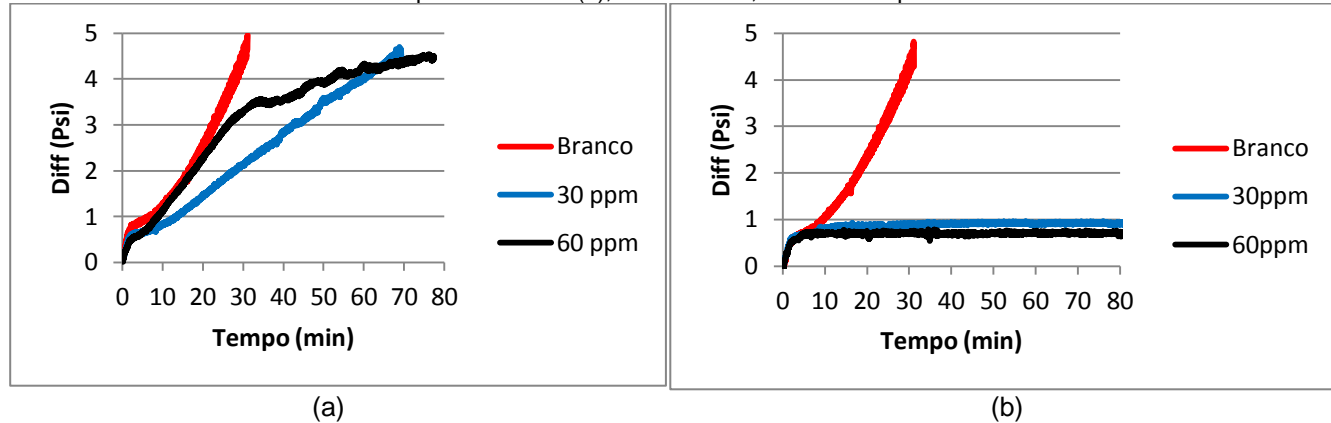
Quando foi utilizado o policarboxilato como inibidor, após a mistura, as soluções com maiores concentrações do polímero permaneceram límpidas (500 a 1000 ppm), sugerindo que o policarboxilato é compatível com o sistema analisado, e diferentemente do poliacrilato, permanece solúvel no meio em maiores concentrações. Foi observada turbidez em soluções com concentrações de policarboxilato até 200 ppm. Essa turvação pode ser explicada pela supersaturação de sais no sistema, que proporciona um meio favorável a nucleação imediata dos cristais, e sugere, também, ineficiência do inibidor até 200 ppm. Houve diminuição progressiva da turvação ao longo do tempo de observação e deposição dos precipitados no fundo dos frascos após 24 horas de ensaio.

A Figura 1 (a) mostra o resultado obtido no teste de eficiência de inibição de incrustação dinâmica do poliacrilato, na temperatura de 65 °C e 145 psi. Na curva do branco, observou-se que a solução ultrapassou o diferencial de pressão de 1 psi em aproximadamente 5 minutos de ensaio e, em 30 minutos, ocorreu a completa obstrução do capilar, gerando pressão de 4 psi. Este é um indicativo de diminuição do diâmetro interno do capilar em virtude da formação da incrustação, adesão e crescimento dos cristais. Para a solução contendo 30 ppm do poliacrilato, foi observado um rápido aumento no diferencial de pressão, ultrapassando 1 psi em 14 minutos, que pode estar relacionado com a rápida nucleação dos sais observada no ensaio de compatibilidade. O deslocamento no tempo de precipitação de 30 para 70 minutos pode ser atribuído à interação do polímero com os cristais formados, impedindo o crescimento acelerado da incrustação. Assim, a concentração de 30 ppm de poliacrilato não foi suficiente para impedir a obstrução do capilar e consequente incremento no diferencial de pressão. Com o aumento da concentração para 60 ppm de inibidor, o incremento no diferencial de pressão ocorreu mais rapidamente (em aproximadamente 9 minutos) do que o observado no ensaio a 30 ppm. Esse resultado pode estar relacionado com a incompatibilidade química entre o poliacrilato e o sais presentes no meio, que foi observada no ensaio estático de bancada. Sendo assim, não foi possível determinar a mínima concentração efetiva (MCE) para o poliacrilato, nas condições utilizadas de análise.

Já na Figura 1 (b), observou-se que as soluções contendo 30 e 60 ppm de policarboxilato não apresentaram incremento significativo no diferencial de pressão, permanecendo inferior a 1 psi após 80 minutos de teste. Esse comportamento indica que o policarboxilato é eficiente no processo de inibição de incrustação.

Esse resultado pode ser atribuído à formação de complexos polímero-cátions e/ou deformação da superfície ativa dos cristais, que em condições dinâmicas são levados pelo fluxo sem contribuir para o aumento da pressão. É plausível, portanto, definir 30 ppm como a MCE.

**Figura 1** – Teste de eficiência dinâmica da mistura das águas de formação e de injeção para o poliácrlato (a) e o policarboxilato (b), a 10 mL/min, 65 °C e 145 psi.



#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O inibidor à base de poliácrlato mostrou-se incompatível com o meio salino empregado, a 65 °C, e ineficiente a 65 °C e 145 psi. Já o inibidor à base de policarboxilato apresentou compatibilidade com o sistema analisado e a mínima concentração efetiva foi de 30 ppm, nas condições de análise utilizadas.

#### 5. REFERÊNCIAS

1. NACE Standard Test Method, Laboratory screening tests to determine the ability of scale inhibitors to prevent the precipitation of calcium sulfate and calcium carbonate from solution (for oil and gas production systems), 2007.
2. MACEDO, R. G. M. A. **Avaliação da carboximetilquitosana como inibidor de incrustação e corrosão em poços de petróleo.** 2016. (Doutorado em química). Instituto de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.
3. REIS, M. I. P.; DA SILVA, F. C.; ROMEIRO, G. A.; ROCHA, A. A.; FERREIRA, V. F. Deposição Mineral em Superfícies: Problemas e Oportunidades na Indústria do Petróleo. **Revista Virtual Química**, v. 3 (1), 2 – 13, 2011.
4. HARRIS, K. Environmental Manager Biodegradation and Testing of Scale Inhibitors. **Chemical Engineering**, v. 18, n. 6, p. 2177-2183, 2012.