

# ESCOAMENTO DE POLÍMEROS EM MEIOS POROSOS

**Aluno: Marcel de Castro Venério**  
**Orientador: Monica Feijó Naccache**

## Introdução

Métodos convencionais de recuperação consistem na injeção de água ou gás para extrair o petróleo das rochas porosas [1]. As baixas taxas de recuperação nesse processo são atribuídas, principalmente, a alta viscosidade do petróleo e a elevadas tensões interfaciais entre o fluido injetado e o óleo.

Fluidos injetados tendem a percorrer as regiões mais permeáveis, deixando quantidades substanciais de óleo nas formações rochosas [2,3]. Conseqüentemente, pode-se observar a formação de *viscous fingering* [4]. Como resultado tem-se a produção excessiva de água e baixa eficiência na recuperação do óleo, tornando às vezes, inviável a exploração da jazida pelo poço afetado.

Uma alternativa consiste em adicionar polímeros à água de injeção para transformá-la em um fluido que se desloca dentro do meio poroso com a mesma mobilidade que o óleo. Devido a essa semelhança, o fluido injetado em vez de escolher caminhos preferenciais e se dirigir rapidamente para os poços de produção, se difunde mais no meio poroso, aumentando a eficiência de varrido.

Recentemente, um novo polímero, chamado BrightWater<sup>®</sup>, foi desenvolvido a fim de maximizar a produção de petróleo. Este polímero, que possui uma cadeia longa formada por partículas da ordem de sub-micros, é sensível à temperatura. As partículas de BrightWater<sup>®</sup> são injetadas com água, relativamente fria, no poço. A medida que as partículas percorrem os caminhos preferenciais, elas encontram as rochas quentes do reservatório. À uma determinada temperatura e tempo, as partículas se expandem irreversivelmente e bloqueiam os poros.

Assim, há um aumento no processo de recuperação de petróleo. Neste projeto o comportamento deste polímero no escoamento em meios porosos será investigado, a fim de avaliar o seu desempenho.

## Objetivos

O principal objetivo deste projeto é analisar experimentalmente os efeitos do polímero BrightWater<sup>®</sup> em condições reais do reservatório. Um aparato experimental foi construído para que três diferentes testes possam ser feitos.

A primeira etapa consiste em testes reológicos para estudar a ativação do polímero com o calor. Assim, serão monitorados as variações de viscosidade com o tempo.

Serão feitos testes de areia compactada em tubos, onde o objetivo consiste em determinar o tempo entre a injeção de água com o polímero e a ativação desse para que haja um bloqueio dos caminhos preferenciais.

O terceiro conjunto de testes tem como principal objetivo verificar se o BrightWater<sup>®</sup> cria resistência significativa ao fluxo de água em um meio poroso, quando é ativado dentro deste. A bancada experimental deve simular as condições de mineralogia e permeabilidade de um reservatório. Assim, será determinada a permeabilidade do meio poroso com e sem o polímero.

## Procedimento experimental

- Testes Reológicos  
Serão colocadas 20 garrafas lacradas, contendo uma dispersão do polímero BrightWater<sup>®</sup>, em uma estufa à uma determinada temperatura. Após períodos de tempo pré-determinados, uma garrafa é removida e esfriada a temperatura ambiente. A seguir, será feita uma caracterização reológica do polímero utilizando os reômetros disponíveis no Laboratório de Caracterização Reológica da PUC-Rio. Será investigada a variação de viscosidade com o tempo.
- Testes de areia compactada em tubos  
Nesse teste, o fluido é bombeado através de um tubo torcido, e são feitas medidas de queda de pressão e perda de carga em função do tempo, para determinar a capacidade do polímero de bloquear a passagem de água. Medidas periódicas de permeabilidade serão feitas em cada secção do tubo.
- Testes em testemunhos de rocha  
Nos testes do testemunho serão também realizadas medidas de vazão e perda de carga através do testemunho, a fim de determinar a permeabilidade do meio poroso com e sem o polímero numa situação real.

## Comentários finais

Quando o polímero é ativado, seu volume aumenta, bloqueando a “garganta” dos poros no reservatório. De forma a investigar o comportamento do polímero, testes reológicos (*bottle test*) e testes de areia compacta em tubo (*slim tube sand packs*) foram feitos. O *bottle test* foi usado para obter a reologia do polímero durante o processo de envelhecimento, e o *slim test* é feito para determinar o tempo entre a injeção e a ativação, e a eficiência de bloqueio.

Os resultados mostram que a viscosidade aumenta com o tempo e a temperatura de exposição, mostrando que a ativação do polímero é melhor para altas temperaturas de envelhecimento. A eficiência de bloqueio foi avaliada via o resultado do fator de resistência, o qual aumenta com o tempo do processo, também indicando que o processo de ativação do polímero continua. Os testes de *sand pack* ainda estão em andamento, a fim de investigar o tempo necessário para o processo de ativação. Os testes usando um testemunho de um reservatório ainda estão em andamento, e irão indicar como o bloqueio do teste se relaciona com o modelo de bloqueio predito em simuladores.

## Bibliografia

- [1] Furati, K.M. History effects on oil recovery efficiency. J.Petr. Sci. Eng., no.19, p.295-308, 1998.
- [2] Vossoughi, S. Profile modification using in situ gelation technology – a review. J. Petr. Sci. Eng., no. 26, p. 199-209, 2000.
- [3] Thomas, J. E. et al. Reservatórios In: Fundamentos de Engenharia de Petróleo.
- [4] Saffman, P.G., Taylor G.I. The penetration of a fluid into a porous medium or Hele-Shaw cell containing a more viscous liquid. Proc. R. Soc. Lond., Vol. 245, n° 1242, pp. 312-329, 1958.