

Comparação entre Número e Posição de Poços para Projetos de Injeção de Polímeros e de Água [Luís Fernando Lamas de Oliveira](#)

“A diferença entre os espaçamentos dos poços não é muito grande e o controle dos parâmetros operacionais é suficiente para compensar as possíveis vantagens devido às perfurações.”

Interesses especiais:

- [UNISIM](#)
- [Publicações UNISIM](#)
- [Portal de Simulação de Gerenciamento de Reservatórios](#)
- [UNIPAR](#)
- [Edições anteriores](#)

Links:

- [Unicamp](#)
- [Cepetro](#)
- [Div. Eng. Petróleo](#)
- [Fac. Eng. Mecânica](#)
- [Ciências e Eng. de Petróleo](#)

Pós-Graduação:

Ciências e Engenharia de Petróleo: interessados em Mestrado e Doutorado na área de Simulação e Gerenciamento de Reservatórios de Petróleo [cliquem aqui](#).

Introdução

A injeção de polímeros é uma técnica de recuperação melhorada de petróleo que consiste da mistura de polímeros à água para aumentar sua viscosidade e diminuir a razão de mobilidade da injeção. Essa menor razão de mobilidade resulta em menor injetividade e um tempo maior para que o fluido injetado chegue ao produtor, o que pode demandar uma diminuição no espaçamento ideal entre os poços e, portanto, um planejamento prévio da estratégia de produção considerando este processo.

Sendo assim, surge a dúvida sobre a necessidade de decisão pela injeção de polímeros antes do desenvolvimento do campo para que isso possa influenciar o espaçamento entre poços, estágio em que existe um elevado número de incertezas.

Dessa forma, este trabalho consiste da comparação de uma estratégia selecionada para injeção de água com outra, selecionada para injeção de polímeros. Além da comparação das estratégias selecionadas, é realizada uma simulação cruzada, onde polímeros são injetados para a estratégia selecionada para água, e água é injetada na estratégia selecionada para polímeros.

Os resultados mostram que para o caso estudado, a diferença entre os espaçamentos dos poços não é muito grande e que o controle dos parâmetros operacionais é suficiente para compensar as possíveis vantagens devido às perfurações diferentes. Dessa forma, em situações semelhantes ao caso estudado, o campo pode ser desenvolvido considerando injeção de água e a decisão pela injeção de polímeros pode ser tomada nos estágios mais posteriores da vida do campo.

Metodologia

A metodologia geral utilizada neste trabalho consistiu da seleção de uma estratégia de produção com o uso dos polímeros desde o início (estratégia PP), e outra apenas a injeção de água (estratégia WW). Interessante ressaltar que para o caso da injeção de polímeros, de acordo com as experiências relatadas no campo, inicialmente era injetado um banco de água (*pré-flush*). Na sequência, iniciava-se o banco, e depois de um determinado tempo, água voltava a ser injetada.

Em seguida, as duas estratégias foram submetidas a um processo de simulação cruzada, no qual água foi injetada na estratégia selecionada para polímeros (estratégia PW) e polímeros foram injetados na estratégia selecionada para água (estratégia WP). Os 4 casos foram comparados.

A metodologia utilizada para a seleção de estratégia está descrita a seguir. É importante ressaltar que essa metodologia não era o foco do trabalho. Ela foi apenas escolhida de modo a permitir que valores próximos ao ótimo fossem encontrados.

Essa metodologia consiste basicamente de 4 passos:

- Passo 1: Estimativa do número e posição dos poços - Neste passo são colocados poços no campo, de modo a encontrar uma estimativa da quantidade e posição inicial dos poços;
- Passo 2: Escolha do cronograma de abertura - Inserção do cronograma de abertura

dos poços, devido ao tempo necessário para a perfuração e completação dos poços;

- Passo 3: Otimização das variáveis de Projeto - Otimização dos parâmetros cuja decisão deve ser tomada antes do projeto iniciar (quantidade e posição de poços, tipo e camadas de completação);
- Passo 4: Otimização das variáveis Operacionais - Otimização dos parâmetros que podem ser alterados no dia-a-dia operacional do campo (pressões, vazões, concentrações de polímeros, tamanhos de banco).

Aplicação

Para a realização deste trabalho, foi escolhido um campo sintético com características inspiradas em um campo real, de alta permeabilidade (1000 a 9000 mD) e óleo pesado (14° API, 163 cp), valores típicos para um campo com viabilidade de injeção de polímeros.

Com relação aos polímeros, foi escolhida uma massa molecular de 10 kg/mole, e uma viscosidade de 26 cp @ 2500 PPM e 5,5 cp @ 1500 PPM.

Resultados e Discussões

Para o Passo 1, foram considerados 155 produtores e 155 injetores para cobrir diversas posições do reservatório e avaliação das melhores posições. O campo foi simulado e o Indicador Econômico do Campo (IEC) foi calculado. Além disso, indicadores econômicos individuais foram calculados para cada poço (Indicador Econômico de Poço Produtor - IEPP e Indicador Econômico de Poço Injetor - IEPI), de modo a classificá-los por contribuição ao resultado econômico do campo.

Para o Passo 2, diversas combinações aleatórias para cronogramas foram testadas. Esse passo foi feito a partir do sorteio aleatório da sequência dos poços, não sendo necessária alguma restrição do tipo dois produtores e um injetor.

No Passo 3 cada poço foi permitido mover-se na direção I e J, além de algumas opções de completação. Além disso, cada poço poderia estar aberto ou fechado.

Finalmente, no Passo 4, foram otimizados os valores de taxas de líquidos, pressões de fundo de poço, corte de água para fechamento dos produtores e concentração de polímeros. No caso da seleção de estratégia para polímeros, houve um passo adicional referente à escolha do tamanho do banco.

O processo de seleção de estratégia se desenvolveu de modo semelhante para os dois casos. A seleção de estratégia considerando água, no entanto, deu-se de maneira mais simples, devido à menor quantidade de variáveis envolvidas. Alguns pontos interessantes serão descritos na sequência.

Com relação ao cronograma de abertura, foi observado que essa sequência interfere consideravelmente no VPL obtido. O maior VPL encontrado foi de 1,88 x 10⁹ USD, enquanto o menor foi de 1,59 x 10⁹ USD (17,8% de diferença). Existe uma tendência clara para que injetores sejam perfurados em tempos maiores que os produtores. Calculando-se uma média do tempo de abertura para os injetores, chega-se ao valor de 22,4 meses para os

“Quando se deseja trocar o fluido de injeção para comparação de performance, é necessária uma nova otimização dos parâmetros operacionais.”

Oportunidades no UNISIM:

Se você tem interesse em trabalhar ou desenvolver pesquisas no UNISIM, entre em contato conosco. Interesse imediato em:

- Pesquisador na área de simulação, gerenciamento e caracterização de reservatórios.

Para mais detalhes, [clique aqui](#).



Grupo de Pesquisa em Simulação e Gerenciamento de Reservatórios

Div. Eng. Petróleo
Dep. Energia
Fac. Eng. Mecânica
Centro de Estudos de Petróleo
Univ. Estadual de Campinas
Campinas - SP

Tel.: 55-19-3521-1220
Fax: 55-19-3289-4916

unisim@dep.fem.unicamp.br

5 melhores e 15,6 meses para os 5 piores cronogramas. Quando os injetores são abertos muito no início do tempo de simulação, seu potencial pode não ser plenamente atingido, fazendo com que o VPL seja diminuído.

Vale comentar, no entanto, que esse comportamento se deve ao fato do óleo em questão ser pesado e não ao fato de se usar polímeros ou água.

Com relação ao número de poços, observou-se que para valores diferentes, o VPL pode se manter em níveis bastante próximos. Para uma mesma quantidade de poços, no entanto, o VPL pode variar bastante. Isso significa que mais importante do que a quantidade dos poços é sua localização e condições de operação.

A quantidade de polímeros injetada apresenta uma relação praticamente linear com o VPL. Essa linearidade no entanto, se desfaz para valores maiores de massa de polímero. Isso porque o custo dos polímeros pode fazer com que a operação seja economicamente inviável.

Com relação ao cronograma de abertura, é possível ver, pela Figura 1, que quanto antes o banco se inicia, melhor será o resultado econômico obtido. Esse ganho no VPL, no entanto, acontece para um valor ideal de tamanho de banco, que varia para cada caso.

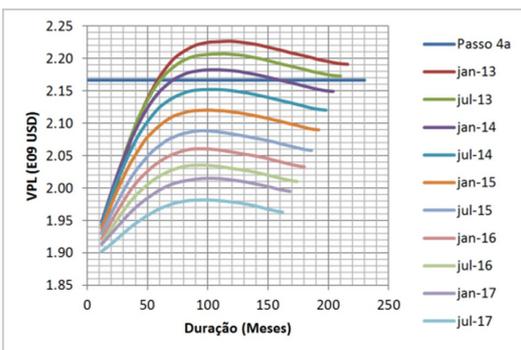


Figura 1: Otimização do Tamanho e Início do Banco de Polímeros

A distância média entre os poços foi calculada de duas formas diferentes. Inicialmente foi calculada a média distância de dado injetor a cada um dos produtores. Isso foi repetido para todos os injetores, e a média desses valores foi calculada. Outra forma de estimar essa diferença foi realizando o cálculo do centro de produção, dado pelo valor médio da posição dos produtores, e o centro de injeção, dado pelo valor médio da posição dos injetores.

A Tabela 1 mostra uma comparação entre esses valores obtidos, durante os Passo 1 e 3 de cada processo. É possível notar uma leve tendência ao afastamento dos poços no caso da injeção

Tabela 1: Distância média entre os poços

		Injetores aos Produtores (m)	Centro de Produção ao Centro de Injeção (m)
Polímeros	Passo 1	1006	157
	Passo 3	1115	226
Água	Passo 1	1151	392
	Passo 3	1145	317

de água. No caso dos polímeros, essa tendência é de que os poços fiquem mais próximos. Observa-se também que a diferença no espaçamento é pouco significativa.

Com relação às simulações cruzadas, a evolução dos VPL é mostrada na Figura 2. Observa-se que para os dois casos, a injeção dos polímeros é vantajosa em relação à de água.

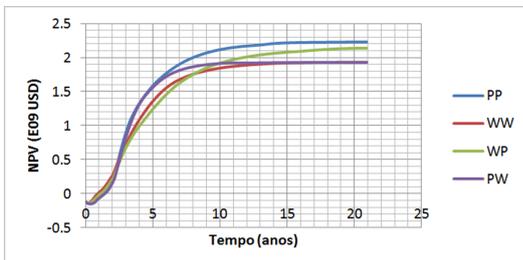


Figura 2: Comparação do VPL para as Simulações Cruzadas

Conclusões

Algumas das principais conclusões estão listadas a seguir:

- Para este caso estudado, a injeção de polímeros é uma técnica vantajosa;
- Para a implementação do cronograma, a abertura ideal dos injetores tende a ser em datas mais avançadas do que dos produtores;
- O espaçamento entre os poços para as duas estratégias não é muito diferente. Isso permite que o campo seja perfurado e otimizado considerando-se injeção de água, e a decisão pela injeção dos polímeros pode ser tomada em estágios mais posteriores da vida do campo;
- Quando se deseja trocar o fluido de injeção para comparação de desempenho, é necessária uma nova otimização dos parâmetros operacionais, para garantir uma comparação justa entre as estratégias. Caso essa nova otimização não seja feita, as conclusões sobre o desempenho dos polímeros podem ser tomadas de maneira equivocada.

Referências

Lamas, L. F. O.; Comparação entre Estratégias de Produção para Projetos de Injeção de Polímeros e de Água, Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Mecânica, Unicamp, 2014.

Informações sobre o autor:

Luís Fernando Lamas de Oliveira é bacharel em física pela Unicamp, engenheiro eletrônico pela Unip, especialista em administração de empresas pela FGV e mestre em Ciências e Engenharia de Petróleo pela Unicamp. Atualmente é aluno de doutorado em Ciências e Engenharia de Petróleo pela Unicamp.

Para mais informações, visite
<https://www.unisim.cepetro.unicamp.br>

O UNISIM é um grupo de pesquisa da UNICAMP (Divisão de Engenharia de Petróleo, Departamento de Energia, Faculdade de Engenharia Mecânica, Centro de Estudos de Petróleo - CEPETRO) que tem como objetivo desenvolver trabalhos e projetos na área de simulação e gerenciamento de reservatórios.