

Metodologia para a otimização de estratégias de exploração - Campo de Namorado

DEUS, Laylana¹; MASSIÈRE, Francisco²; RISSO, Valmir³

¹Universidade Federal de Pelotas – laylanacd@hotmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – francisco_alm@hotmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – vfrisso@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

Otimizar uma estratégia significa buscar uma estratégia e melhorá-la de maneira rápida e eficiente afim de gerar um modelo de desenvolvimento de um campo petrolífero de acordo com o que é desejado. O presente trabalho buscou otimizar a estratégia de locação de poços de um reservatório de petróleo, traçando uma estratégia inicial através de um mapa de qualidade analítico gerado com dados exportados para o Excel do reservatório utilizado, bem como gerar as imagens dos mapas de qualidade calculado com o auxílio de um simulador. Foram gerados seis mapas, um para cada camada o reservatório, no caso seis camadas, e um mapa de qualidade analítico total que representasse com o máximo de fidelidade o melhor local para a locação dos poços produtores. Em seguida foi calculado o VPL (valor presente líquido) para a estratégia, com a finalidade de otimizar a estratégia até que se chegasse a maximização da função-objetivo. Neste caso as estratégias foram otimizadas até atingirem o maior valor de VPL.

CRUZ (1999) introduziu o conceito de mapa de qualidade como sendo uma ferramenta que integra propriedades de rocha e de fluido. Assim, o potencial produtivo de cada região de um dado reservatório de petróleo é medido e representado na forma de um mapa, no qual o engenheiro de reservatório pode identificar as regiões de maior e menor potencial para a locação de poços produtores ou injetores determinando assim um cronograma de abertura e fechamento de poços.

NAKAJIMA (2003a), NAKAJIMA (2003b) apresentou várias técnicas para geração do mapa de qualidade, métodos analíticos e métodos numéricos (usando simulações), dando alternativas assim para a realização de diferentes mapas auxiliando de forma efetiva na composição de uma estratégia de locação. CAVALCANTI *et al.* (2005) apresentaram várias opções de geração de mapas pelo método numérico, uma destas usadas no presente trabalho.

O grau de qualidade da área fornecida pelo mapa de qualidade deve ser medido através de uma função objetivo, no caso deste trabalho o valor presente líquido (VPL), calculado para cada poço.

Na indústria de petróleo usam-se vários indicadores econômicos o principal é o VPL para se avaliar economicamente o quanto uma descoberta é promissora e se vale a pena fazer um investimento ou abandonar o projeto. Quando ocorre uma descoberta, o primeiro passo é elaborar um projeto de desenvolvimento do campo, em que uma das etapas deste projeto é a otimização de estratégias visando chegar à melhor curva de produção de óleo, onde a estimativa de produção do campo seja estimada de forma realista.

2. METODOLOGIA

Para a realização do trabalho foi utilizado um modelo para simulação que fazia analogia ao campo de namorado localizado na bacia de campos cerca de 80 km do litoral do estado do Rio de Janeiro. Iniciou-se o trabalho montando o modelo de simulação de fluxo do campo, a fim de exportar as características necessárias do reservatório, como espessura, saturação de óleo, permeabilidade e porosidade para cada camada do reservatório (6 camadas), para então se fazer os cálculos do mapa de qualidade para cada camada.

Os mapas de qualidade foram elaborados seguindo as etapas abaixo: depois de exportados para o Excel os dados foram classificados de forma crescente pela coordenada x e pela coordenada y, depois foram adimensionalizados, para evitar uma grande variação entre os valores das propriedades analisadas. Após realizar o mesmo procedimento para cada uma das variáveis, as colunas dos valores adimensionalizados foram multiplicados resultando no mapa de qualidade analítico, ou seja, $MQ = \text{porosidade} \times \text{espessura} \times \text{permeabilidade} \times \text{saturação de óleo}$. Esse procedimento foi feito para cada camada. Após a obtenção dos valores do mapa de qualidade para cada camada, esses valores foram agrupados originando um único mapa para o campo todo. Após o cálculo dos valores, foram geradas as imagens de cada mapa e para isso foi usado um software matemático, através de um algoritmo que gera imagens utilizando a krigagem. Esse processo foi realizado sete vezes, seis para a geração da imagem de cada camada, e uma vez para o mapa de qualidade analítico total.

Uma vez com o mapa de qualidade analítico gerado, foi dado início ao trabalho locação de poços verticais e otimização de estratégias de exploração do reservatório. Com o auxílio do mapa de qualidade analítico do reservatório, foi definida a primeira estratégia de locação, com as produções acumuladas de óleo, água e gás obtidos pela simulação de fluxo foi possível calcular o VPL da primeira estratégia (estratégia inicial). As etapas posteriores foram de refinamento desta estratégia, onde foram realizadas várias modificações, aumentando o número de poços produtores, modificando a sua posição. A última estratégia foi adotada como base e então começou-se a fase da otimização a fim de maximizar o VPL. Após as modificações necessárias pudemos observar uma melhora significativa no valor do VPL, porém não ideal, sendo assim a etapa de otimização de cada poço foi iniciada.

3.RESULTADOS E DISCUSÃO

Foi considerado, para o cálculo do VPL, o tempo de perfuração de cada poço de 90 dias e o tempo de exploração do campo de 10 anos. No cálculo do VPL foram adotados os seguintes valores: valor de exploração 250 milhões de dólares, valor de perfuração 370 milhões de dólares, completação 520 milhões de dólares, produção 320 milhões de dólares, a plataforma tendo um custo de 450 milhões de dólares. O custo de perfuração de um poço injetor foi fixado em 10 milhões de dólares e o custo de um poço produtor 30 milhões de dólares. A taxa mínima de atratividade adotada foi de 15%. A primeira estratégia traçada consistia em oito poços, sendo sete produtores e um poço injetor. O valor presente líquido calculado para esta estratégia foi de -185,95 milhões de dólares. Como o VPL obtido foi negativo, esta estratégia foi descartada e uma segunda estratégia possuindo 12 poços foi testada, sendo dez produtores e dois injetores, modificando a locação de alguns poços em relação à estratégia

anterior, e abrindo novos poços em novas áreas que precisavam ser drenadas. O VPL calculado para a segunda estratégia foi 250,07 milhões de dólares, positivo, porém não satisfatório. Foi traçada uma terceira estratégia composta por 16 poços, sendo 14 produtores e dois injetores. Da segunda para a terceira estratégia foi alterado a locação de alguns poços, e inseridos quatro produtores em regiões que apresentaram bolsões de óleo final da simulação. O VPL calculado para a terceira estratégia foi de 591,30 milhões de dólares. Apesar de ser um valor maior que o obtido anteriormente, foi necessário testar novas estratégias e tentar melhorar ainda mais a drenagem do campo aumentando seu VPL. Sendo assim foi gerada a quarta estratégia contendo 20 poços, sendo 17 produtores e três injetores. Da terceira para a quarta estratégia foi alterado a locação de alguns poços, e inseridos três produtores e um injetor, os produtores foram inseridos em regiões que apresentaram bolsões de óleo no final da estratégia anterior, e o injetor locado em uma área que pudesse drenar o óleo para os produtores. O VPL calculado para esta estratégia foi 1600,26 milhões de dólares. Analisando o VPL obtido foi adotado a quarta estratégia como base a começou-se o refinamento através da otimização dos poços. Alterou-se então a locação de alguns poços dessa estratégia bem como a completção de alguns produtores. Simulando o modelo com as alterações realizadas, o VPL calculado foi de 1956,84 milhões de dólares, caracterizando a estratégia adotada como satisfatória, tendo como base que o valor inicial investido no projeto foi de aproximadamente 800 MMUS\$, tendo uma taxa mínima de atratividade bem acima da estipulada, 15%.

4. CONCLUSÃO

Após várias simulações, comparações entre mapas de qualidade, gradientes de pressão, saturação de óleo e drenagens, presume-se que a simulação de estratégias para exploração de petróleo é de suma importância nos projetos a serem desenvolvidos na indústria petrolífera. O trabalho em questão passou por várias etapas importantes. A primeira delas é a realização da construção dos mapas de qualidade relativos a cada camada do reservatório. Esse mapa permitiu o desenvolvimento de uma estratégia inicial de produção, a qual levou em conta características como: permeabilidade, porosidade, pressão do reservatório, saturação de óleo e água.

As estratégias de produção geraram VPL (Valor Presente Líquido), que serviram de indicadores que foram usados para classificarem as estratégias como ruins, regulares, boas e ótimas. A estratégia mostrada no presente trabalho mostrou-se eficiente, pois se partiu de um VPL negativo de -186,95 milhões de dólares, para um VPL positivo de 1956,84 milhões de dólares, em um tempo de produção de dez anos. Porém essa otimização não se caracteriza como a melhor para o desenvolvimento do campo, pois ainda seria necessário realizar um refinamento com a realização da otimização de cada poço, a fim de melhorar a produção e com isso maximizar o VPL do campo.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ROSA, A. J., CARVALHO, R. R., J. A. A. **Engenharia de Reservatórios de Petróleo**. Rio de Janeiro, editora Interciência, 2006.

THOMAS, J. E. (org.) **Fundamentos de Engenharia de Petróleo**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2004.

MEZZOMO, C.C. **Otimização de estratégias de recuperação para campos de petróleo**. Campinas, 2001, SP, Brasil. 122f. Dissertação (mestrado em ciências e engenharia de petróleo) – Curso de Ciências e Engenharia de Petróleo, Universidade Estadual de Campinas.

NAKAJIMA, L., MEZZOMO, C. C., SCHIOZER, D. J. e GUILHERME, I. R.: **Determinação de Mapa de Qualidade de um Reservatório Utilizando Sistema Fuzzy**, 2o Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, Rio de Janeiro, 15 a 18 de junho de 2003a.

NAKAJIMA, L. e SCHIOZER, D. J.: **Horizontal Well Placement Optimization Using Quality Map Definition**, Canadian International Petroleum Conference, Calgary, Alberta, Canada, Junho 10-12, 2003b.

CRUZ, P. S., HORNE, R. N., DEUTSCH, C. V. **The Quality Map: A Tool for Reservoir Uncertainty Quantification and Decision Making**, SPE 56578, SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Houston, TX, U.S.A., Oct. 3-6, 1999.

CAVALCANTE Fº, J. S. A., MARTINI, R. F. e SCHIOZER, D. J.: **Metodologia de Geração de Mapas de Qualidade para Aplicação na Seleção e Otimização de Estratégias de Produção de Campos Petrolíferos**", 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, Salvador/BA, 02 a 05 de outubro, 2005.