

9º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



9º CONGRESSO
Brasileiro de P&D em
PETRÓLEO E GÁS

Maceió, AL
de 09 a 11 de novembro
2017

Realização:



ABPG
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE P&D EM
PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

ANÁLISE FLUIDODINÂMICA DE RESERVATÓRIOS DE ÓLEO PRODUZINDO SOB INFLUXO DE ÁGUA UTILIZANDO O SOFTWARE CFX

AUTORES:

Marcos Antonio Costa Júnior¹, Tiago da Silva Moreia², Marcos Joselem da Silva Barros¹, Marcos Alexandre Lopes Silva¹

INSTITUIÇÃO:

Centro Universitário Tiradentes, Curso de Engenharia de Petróleo¹

Departamento de Pós-graduação em Engenharia Química, Politécnica, Universidade Federal da Bahia,²

Este Trabalho foi preparado para apresentação no 8º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás - 9º PDPETRO, realizado pela Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás - ABPG, no período de 09 a 11 de novembro de 2017, em Maceió/AL. Esse Trabalho foi selecionado pelo Comitê Científico do evento para apresentação, seguindo as informações contidas no documento submetido pelo(s) autor(es). O conteúdo do Trabalho, como apresentado, não foi revisado pela ABPG. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões da Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás. O(s) autor(es) tem conhecimento e aprovação de que este Trabalho seja publicado nos Anais do 9º PDPETRO.

ANÁLISE FLUIDODINÂMICA DE RESERVATÓRIOS DE ÓLEO PRODUZINDO SOB INFLUXO DE ÁGUA UTILIZANDO O SOFTWARE CFX

Abstract

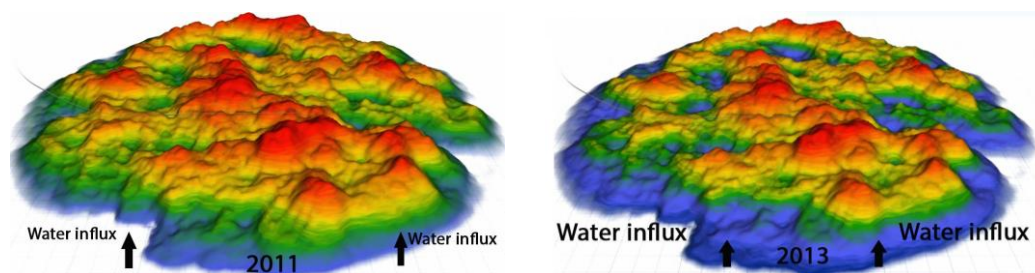
The analysis of the water inflow in oil reservoirs is an important tool for understanding the production curves in petroleum engineering. To do this, several mathematical tools are used to predict this behavior, together with the use of software for better modeling, such as CFX. In this work, we tried to simulate a radial reservoir with the water inflow mechanism, through the simulation of a reservoir with a tetrahedral mesh of 465227 elements, within the adopted convergence criterion of 10^{-6} , the simulated model obtained excellent approximations with the model Proposed by Van Everdinge and Hust, where it was possible to estimate the total production time in the simulated conditions in 30 years.

Introdução

Prever o comportamento de um reservatório é uma tarefa difícil para engenheiros desta área, em que diferentes parâmetros do reservatório não permitem que se tenha um modelo que pode ser implantado para todos eles. Cada reservatório se comporta de uma forma, o que torna necessário que se tenha formas de prever de que forma o mesmo irá se comportar ao longo do tempo.

Em algumas situações, existe um corpo de água natural na periferia do reservatório. Para este tipo de reservatório de óleo com água natural, a água natural inevitavelmente invade o interior do reservatório quando a pressão do reservatório esgota. Houve muitas pesquisas sobre o cálculo do influxo de água natural (NIE et al, 2016).

Figura 01 – Simulação do influxo de água ao longo do tempo em um reservatório de óleo



Fonte: FAGERAAS et al., 2013.

Para simular uma situação de influxo de água, foi aplicado o conceito de Van Everdingem e Hurst do tipo de aquífero radial, que considera uma pressão constante no contato do sistema reservatório-aquífero, no software CFX da empresa ANSYS, ferramenta de alto desempenho que demonstra a dinâmica de fluidos. O modelo de van Everdingen & Hurst, foi criado pelos próprios em van Everdingen & Hurst, 1949 e é considerado o mais preciso para o cálculo do influxo de água. Para sua solução utiliza-se a Equação da Difusividade Hidráulica prevendo assim a queda de pressão e conseqüente movimentação dos fluidos no interior no reservatório de petróleo.

A Equação da Difusividade Hidráulica é uma Equação Diferencial Parcial (E.D.P.) que prevê a alteração da pressão em função do raio e do tempo. Para simplificação será utilizado a equação com as variáveis adimensionais.

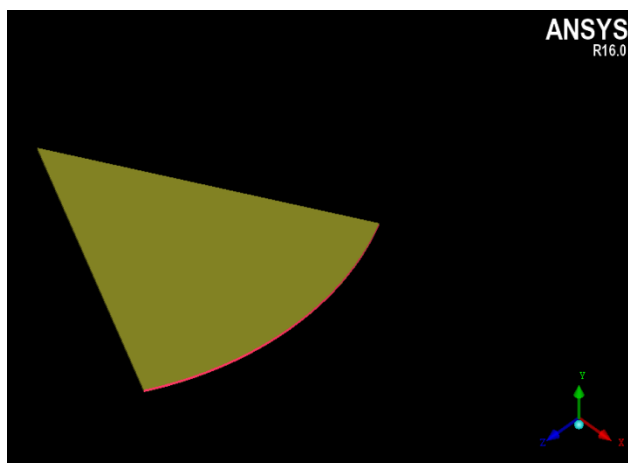
O ANSYS CFX é um software além de utilizar dados disponibilizados pelo usuário, oferece soluções confiáveis e precisas de forma rápida. Possui uma ampla aplicação multi-física e CFD (Dinâmica de Fluidos Computacionais). A aplicação deste pelas indústrias do petróleo em casos como um aquífero subjacente é prever a produção em função do tempo, para estimar o tempo de vida útil desse reservatório, como índice de produtividade.

Metodologia

O pacote computacional comercial ANSYS CFX, versão 16.0, foi utilizado para a realização das simulações em um computador com configuração básica de processador de 2 núcleos de 2,30 GHz da Intel (i5) e memória RAM de 4 Gb.

O estudo foi realizado no mecanismo de produção de influxo de água. O modelo utilizado para simulações foi o modelo de Van Everdingem e Hurst do tipo de aquífero radial, representado na Figura 2. Seus dados foram retirados da literatura, como mostra a tabelas 01 e 02.

Figura 02: Representação do tipo aquífero radial no software ANSYS.



Fonte: Autor, 2017.

Tabela 01: Dados do reservatório.

r_o	762 m
h	8 m
ϕ	0,22
k	100 md
μ	0,30 cp
ct	$99,6 \cdot 10^{-6}$ (kgf/cm ²)

Fonte: Junior, 2010.

Tabela 02: Dados de pressão com o tempo do reservatório.

t(d)	0	100	200	300	400	500
p(kgf/cm ²)	246,13	245,43	244,44	243,18	242,19	240,51

Fonte: Rosa, 2006.

Na simulação foi utilizado óleo, petróleo e água. Os dados da água já estão cedidos pelo banco de dados do ANSYS. Os dados do óleo foram encontrados na literatura. A tabela 03 mostra as informações dos fluidos usados na simulação, óleo e água.

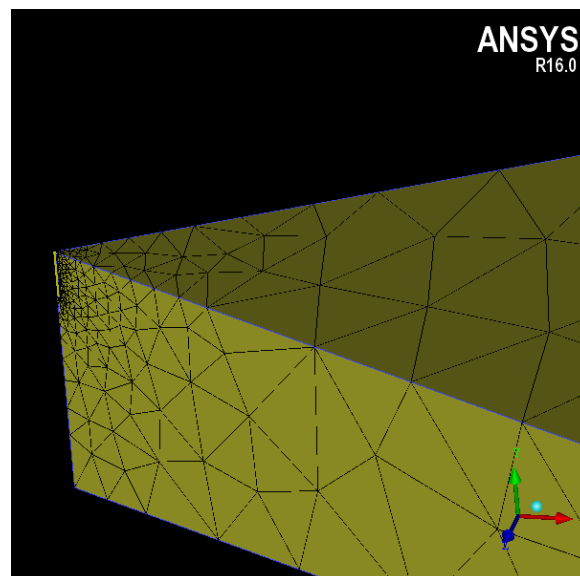
Tabela 03: Propriedades dos fluidos.

	Óleo	Água
Massa Molar (g/mol)	105	18,02
Densidade (kg/m ³)	868,7	997
Viscosidade (Pa.s)	0,021	8,899E-4 Kg/m.s

Fonte: Junior, 2010.

Foi utilizada uma malha não-estruturada tetraédrica, gerando um total de elementos de 465227. Figura 03 mostra a estrutura da malha.

Figura 03: Estrutura da malha gerada no reservatório.



Fonte: Autor, 2017.

A simulação foi realizada em regime transiente até o tempo final de 30 anos obtendo resultados em cada 10 anos. Assim, a tabela 03 mostra o critério de convergência e o regime adotado no estudo.

Tabela 04: Condições de contorno da simulação.

Configuração	Valor
Regime	Laminar
Critério de Convergência (RMS)	10^{-6}
Pressão da Água (kgf/cm ²)	246,13 kgf/cm ²

Fonte: Autor, 2017.

Resultados e Discussão

Na validação da simulação, comparamos resultados da tabela 4 como as pressões obtidas na simulação. Os resultados apresentados mostram que o erro entre as medias teóricas e simuladas ficaram abaixo de 1,4%, o que mostra a boa aproximação do modelo proposto.

Tabela 05: Comparação da pressão teórica com a pressão simulada.

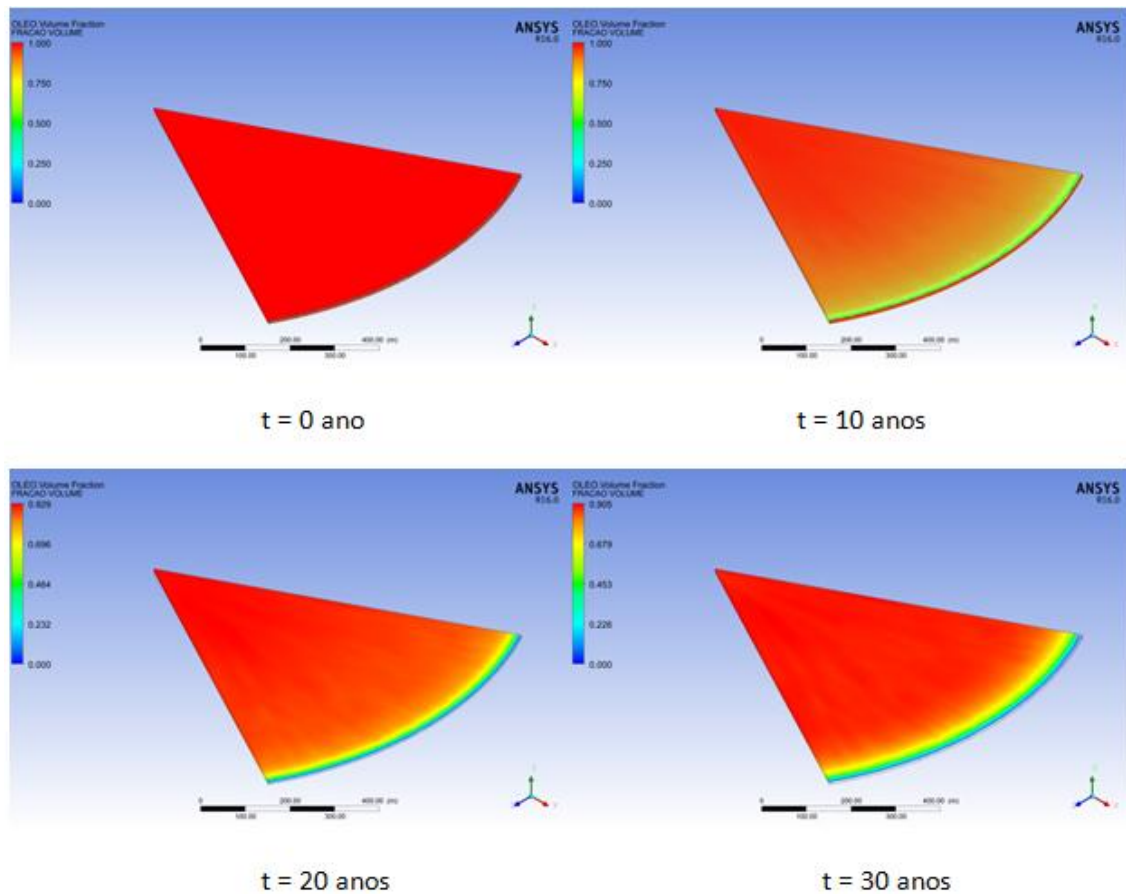
Tempo (d)	Pressão Teórica (kgf/cm ²)	Pressão Simulada (kgf/cm ²)	Erro (%)
0	246,13	245,91	0,09
100	245,43	244,63	0,33
200	244,44	244,35	0,04
300	243,18	244,15	0,40
400	242,19	243,99	0,74
500	240,51	243,87	1,40

Fonte: Autor, 2017.

Os resultados de pressões obtidos pelo simulador não apresentaram valores de erros consideráveis, com isso, validando a simulação no software. Através dessa validação é possível prever o comportamento do reservatório ao longo do tempo, estimando o tempo máximo de 30 anos de produção.

A simulação obteve uma análise qualitativa do estudo de fluidodinâmica do reservatório de influxo de água com o passar do tempo, como mostram as figuras abaixo.

Figura 04: Composição de óleo no reservatório com o passar do tempo.



Fonte: Autor, 2017.

Na figura acima é perceptível o avanço da água com o passar do tempo até $t = 30$ anos. Isso é notável de acordo com a fração da composição do óleo no reservatório. No tempo 0 há a composição de óleo do reservatório que é igual a 1. Com o passar do tempo a borda do reservatório vai mudando de cor, demonstrando que sua composição de óleo também está variando, neste caso, diminuindo, porque a água está avançando para a saída do reservatório.

Conclusões

O estudo da influência do influxo de água em um reservatório mostra-se importante para o entendimento de como a produção de óleo é afetada. No modelo proposto neste trabalho foi possível obter resultados validados muito próximos dos modelos propostos por Van Everdingen, com erro máximo de 1,40 %

Agradecimentos

UNIT, UFAL UFBA

Referências Bibliográficas

FAGERAAS, BJARTE; LIEN, MARTHA; AGERSBORG, REMY. Using Gravity to Enhance Recovery. *Geoexplor*, 6, vol. 10. 2013.

Junior, I. L. F. L. Comparação da previsão do comportamento de reservatórios de óleo produzido sob influxo de água utilizando a equação do balanço de materiais e simulação numérica. Monografia (Graduação de Engenharia de Petróleo) Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010, RJ.

NIE, RENSHI; REN, TING; JIA, YONGLU. Stabilized oil production conditions in the development equilibrium of a water-flooding reservoir. *Petroleum 2* , 4, 381-392, 2015.

ROSA, A. J., CARVALHO, R. S., XAVIER, J. A. D. Engenharia de Reservatórios de Petróleo. 1. Ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2006.