

1 Introdução

1.1. Relevância e motivação do estudo

Nas últimas décadas, tem-se notado o crescente interesse da indústria do petróleo na determinação do papel que falhas e fraturas desempenham sobre a produção de hidrocarbonetos. Os principais incentivos para este crescente estão no aperfeiçoamento na detecção de fraturas por ferramentas de perfilagem cada vez mais eficientes e no avanço na interpretação de dados sísmicos de alta qualidade. Outro ponto fundamental é o desenvolvimento de metodologias de modelagem 3D cada vez mais realistas capazes de integrar informações relacionadas às fraturas e realizar a transferência de propriedades para modelos de simulação de fluxo em meios fraturados.

Tudo isso somado aos grandes avanços em capacidade computacional e ao crescente número de campos maduros, os quais apresentam comportamentos de produção inesperados, por exemplo, *breakthroughs* precoces, permite que a suspeita da presença de fraturas seja avaliada, e caso confirmada, se possa realizar a aplicação mais eficiente de modelos de reservatórios naturalmente fraturados para obter previsões de desenvolvimento mais seguras.

Estima-se que 20% das reservas mundiais se encontram em reservatórios naturalmente fraturados (Firoozabadi, 2000). Outro ponto de destaque é que as fraturas naturais podem estar presentes em rochas de diversas litologias, arenitos, folhelhos, em rochas do embasamento, entre outras. Contudo sua maior frequência é em reservatórios carbonáticos, e estes representam 40% das reservas mundiais. Assim, um cenário potencialmente influenciado pelas fraturas provém da descoberta de novas fronteiras de exploração do Brasil nas camadas do Pré-Sal, um cenário a grandes profundidades, de rochas reservatórios carbonáticas e que podem apresentar um complexo sistema de fraturas aumentando a heterogeneidade do reservatório.

1.2. Objetivo e metodologia

O objetivo do presente trabalho consiste em avaliar a simulação de reservatórios naturalmente fraturados, de forma a entender o impacto da presença de sistemas de fraturas no desenvolvimento da produção de campos de petróleo. Buscou-se atingir esse objetivo por meio do entendimento dos principais mecanismos físicos envolvidos no deslocamento de fluidos, da aplicação dos principais modelos de reservatórios fraturados presentes nos simuladores convencionais, modelos de dupla-porosidade e dupla-permeabilidade, e da simulação de corpos fraturados de grande impacto no reservatório, ou seja, os corredores de fraturas.

A simulação de reservatórios naturalmente fraturados faz parte de um processo de estudos integrados e multidisciplinar que contempla as seguintes quatro etapas:

- Construção de um modelo geológico do sistema de fraturas, baseado nas análises, na interpolação e extrapolação das informações das fraturas obtidas por meio nos poços e nos levantamentos sísmicos, e por vezes complementados por dados de afloramentos análogos;
- Caracterização das propriedades hidrodinâmicas do meio fraturado através de dados de fluxo, ou seja, testes de poço;
- Escolha do modelo de simulação de fluxo que melhor se adequa ao comportamento apresentado pelas falhas e fraturas em várias escalas e a obtenção dos parâmetros (*upscaled*) gerados, então, pela calibração, quanto ao fluxo, do modelo geológico das fraturas;
- Simulação do comportamento do fluxo no interior do reservatório com base na avaliação do mecanismo físico que prevalece na transferência de fluxo multifásico entre os dois meios.

Este trabalho tem como foco o último tópico, contudo, para atingir o objetivo proposto, buscou-se, além de analisar como é conduzido o tratamento dos sistemas de fraturas nos simuladores de fluxo convencionais, entender as etapas antecessoras a esse passo de simulação, tais quais, caracterização, modelagem e transferência de propriedades para os modelos de escala de campo, de forma a apresentar as possibilidades atuais para a efetiva aplicação do estudo de reservatórios naturalmente fraturados em campos reais.

1.3. Organização da dissertação

O presente trabalho foi construído em cinco capítulos, os quais são sinteticamente apresentados a seguir.

O Capítulo 1 apresenta a importância e a motivação para o estudo do tema proposto, os objetivos e a metodologia seguida para a realização desses objetivos, e por fim traz o escopo geral da dissertação.

O Capítulo 2 é constituído pela revisão bibliográfica do tema proposto, onde são apresentados conceitos fundamentais sobre os reservatórios naturalmente fraturados, definições, indícios, classificação, uma abordagem sobre os principais processos de recuperação nesse tipo de reservatório, aspectos sobre caracterização e modelagem, encerrando com observações quanto à importância da permeabilidade dos meios matriz e fraturas e a importância das tensões para a permeabilidade dos meios.

No Capítulo 3 é descrita a metodologia aplicada neste trabalho, o simulador utilizado nas análises e as etapas de estudo propostas, as quais objetivam comparar os modelos de dupla-porosidade e dupla-permeabilidade, avaliar o impacto das propriedades fundamentais de reservatórios fraturados, entender o comportamento do fluxo na presença de corredores de fraturas, avaliar outros dois modelos alternativos de meios fraturados gerados a partir do modelo de dupla-porosidade e por fim simular o comportamento em um modelo de maior complexidade baseado em uma seção de um modelo aplicado em caso real extraída da literatura.

No Capítulo 4 são apresentados os resultados obtidos para cada etapa de estudo proposta pela metodologia. As respostas para cada modelo gerado são comparadas e discutidas e acordo com cada etapa.

Por fim, essa dissertação se encerra com o Capítulo 5 onde são expostas as conclusões obtidas ao longo dessa pesquisa e são apresentadas sugestões para trabalhos futuros.