

5 Considerações Finais

5.1. Conclusões

Esta dissertação teve como objetivo principal estudar a possibilidade de reativação de falha bem como o tempo necessário para sua ocorrência devido ao processo de injeção de água no reservatório, considerando a solução parcialmente acoplada do problema hidromecânico. Para tal tarefa, foi necessária uma imersão em diversas áreas do conhecimento como a geologia estrutural, poroelasticidade, engenharia de reservatórios, análise do problema de fluxo-tensões, interações de contato e plasticidade, para que fosse possível compreender a real dimensão do problema que foi proposto. Após o entendimento do universo onde o trabalho está inserido, partiu-se para a proposição do problema estudado definindo as hipóteses necessárias para alcançá-lo.

A idealização geométrica dos modelos buscou satisfazer algumas condições geológicas (regime extensional de tensões, rejeito da falha) e numéricas (análise de plano e zona de falha), sendo que as últimas refletem alguns dos cenários possíveis de serem encontrados.

Como o código de acoplamento hidromecânico faz uso dos softwares Abaqus e Eclipse, optou-se pela utilização das ferramentas disponíveis em cada software. A implementação do *RESTART* no programa de análise de tensões (Abaqus) se mostrou satisfatória uma vez que permitiu a análise do processo de reativação da falha para os modelos idealizados.

Para a análise de reativação de falhas, optou-se pela utilização de interfaces de contato e plasticidade. Em relação às interfaces de contato, o comportamento tangencial foi governado pelo modelo de atrito de Coulomb que forneceu resultados satisfatórios em relação ao início e propagação do processo de reativação de falhas, fazendo com que fosse possível determinar o tempo necessário para iniciar a reativação. No entanto, foi identificada uma limitação quanto a sua aplicabilidade em meios porosos submetidos a variações de pressão de poros, uma vez que o critério de deslizamento está baseado na

pressão de contato ao invés da tensão normal efetiva. De forma a superar esta limitação, abordagens semelhantes poderiam ser empregadas utilizando elementos de interface desenvolvidos para fins geotécnicos, conforme abordado no decorrer deste trabalho.

Em relação às avaliações considerando os modelos com zona de falha, a utilização de uma lei constitutiva para modelar o comportamento do material que a compõe apresentou resultados satisfatórios quanto ao processo de ruptura devido à alteração do estado de tensões. A inclinação da falha se mostrou como um fator importante no mecanismo de reativação, principalmente quando objetiva-se analisar o modelo geomecânico de uma forma global, atentando para as rochas adjacentes, além do reservatório. Na escala do reservatório, ficou evidente, baseado nos modelos idealizados, que a inclinação não é um fator preponderante para o início do processo de reativação de falha.

Assim, a consideração dos efeitos do comportamento elastoplástico na simulação hidromecânica de reservatórios se mostrou fundamental para uma análise completa do processo de reativação de falhas. Desta forma, é possível levar em consideração os efeitos do processo de produção/recuperação de fluidos no comportamento mecânico de meios geológicos.

Como conclusão geral, pode-se afirmar que a consideração de estruturas geológicas complexas, como falhas ou zonas de falha, tem caráter fundamental para realização de uma modelagem numérica realística na geomecânica do petróleo. Aliado a isso, tem-se o emprego de metodologias robustas para solução do problema de fluxo-tensões, conforme foram aplicadas neste trabalho. Portanto, para o caso de análise de risco de reativação de falha, as abordagens empregadas neste estudo apresentam um grande potencial de aplicação, podendo se aplicadas no fluxo de trabalho de analistas de reservatórios. Tal abordagem pode auxiliar na tomada de decisão em relação às possíveis configurações e vazões que podem ser aplicadas em poços injetores cujo objetivo seja aumentar/manter a produção de hidrocarbonetos ou mesmo armazenar dióxido de carbono, além de análise de riscos associadas à perda de selo de falha e estanqueidade de reservatórios.

5.2. Sugestões para trabalhos futuros

Após a conclusão deste estudo, algumas sugestões que podem servir de origem para pesquisas futuras e que estão relacionadas ao assunto abordado

nesta dissertação, complementando, assim, o tema abordado. Algumas sugestões para futuras pesquisas são:

- a) aplicar a técnica da submodelagem para avaliar o comportamento local da falha permitindo, assim, empregar as características da estrutura da zona de falha como zona de dano e núcleo de falha;
- b) analisar a possibilidade de fluxo através da variação da permeabilidade da falha, tanto em escala global quanto na escala local;
- c) utilizar outras formulações para consideração de descontinuidades, como o método dos elementos finitos estendidos (XFEM) e elementos de interface para fins geotécnicos;
- d) realizar simulações de fluxo considerando a presença de hidrocarbonetos no reservatório, isto é, simulações do tipo *blackoil* e composicional, de forma a tornar as simulações mais realísticas;
- e) aplicar as abordagens, aqui utilizadas, na simulação de reservatórios reais;
- f) buscar técnicas de otimização para redução do tempo das simulações visando torná-las operacionais.