



MODELAGEM E SIMULAÇÃO DO ACOPLAMENTO ENTRE A CAMADA DE SAL E O POÇO EM EXPLORAÇÃO DE PETRÓLEO

Cristiano R. Garibotti¹, Clovis R. Maliska²

Bolsista PRH-09 ANP, crgaribotti@sinmec.ufsc.br, ^{1,2}Departamento de Engenharia Mecânica, SINMEC, Universidade Federal de Santa Catarina

RESUMO

MOTIVAÇÃO: O estudo da interação entre a camada de sal e os poços produtores de petróleo é essencial, tanto no dimensionamento da estrutura do poço, como da profundidade que pode ser perfurada sem a proteção do revestimento. Esta interação é tratada como um acoplamento matemático que deve combinar dois modelos numéricos, um para o fluido (sal) e outro para a estrutura (poço). O tema da pesquisa proposta é desenvolver um modelo que trate deste acoplamento de forma unificada.

O trabalho, do ponto de vista científico, é importante para o desenvolvimento teórico, estudo e aplicação de novos métodos numéricos na solução do problema de simulação do escoamento bem como do acoplamento fluido-estrutura. O desenvolvimento de novas técnicas de modelagem e solução numérica de sistemas acoplados também trará contribuições teóricas na área de matemática aplicada e com aplicações em outras áreas de engenharia. Tanto o problema estrutural no poço como o do escoamento no sal devem ser resolvidos com métodos numéricos. É comum o problema estrutural ser resolvido com o método dos elementos finitos e o problema de fluidos com o método dos volumes finitos. O acoplamento entre os dois algoritmos é um assunto em aberto. Como neste trabalho usaremos o EbFVM (Element-based Finite Volume Method) para o problema do sal, as mesmas malhas usadas em elementos finitos serão usadas no EbFVM. Isto vai promover um melhor acoplamento entre os modelos. O tratamento deste acoplamento será uma importante contribuição científica, já que serão desenvolvidos os algoritmos para transferência de informação entre os dois problemas considerando as escalas de tempo e as peculiaridades de cada fenômeno físico. O algoritmo para o cálculo do movimento do sal será desenvolvido *in-house* a partir de desenvolvimentos feitos no SINMEC para o EbFVM.

A descoberta, pela PETROBRAS, de reservatórios com uma grande quantidade de petróleo e gás natural (Campos Tupi e Júpiter) localizados abaixo de uma camada de sal de aproximadamente 2 km de espessura torna o estudo detalhado do movimento do sal nessas condições uma importante ferramenta de auxílio na extração de petróleo e gás. Considerando ainda a instabilidade política, econômica e social de fornecedores de gás para o Brasil é de interesse para o País alcançar a independência na produção de gás o mais rápido possível e todos os estudos nesta direção são importantes.

O tema de trabalho está, portanto, na fronteira dos estudos da área de exploração de petróleo, com expectativas de contribuições importantes e tem uma motivação tecnológica muito grande, principalmente para o Brasil.

OBJETIVO: O sal possui um comportamento de fluência (ou creep) e seu movimento exerce cargas sobre o poço de petróleo. Esse comportamento do sal é caracterizado por meio de um modelo reológico para fluidos não newtonianos. O movimento ou fluência do sal é governado pelas equações de Stokes generalizadas (não lineares) as quais são usadas para caracterizar escoamentos altamente viscosos e lentos nos quais os termos de inércia podem ser desprezados. Estamos propondo resolver o problema de Stokes através do método de volumes finitos baseado em elementos EbFVM. Essa abordagem de solução do problema de Stokes nos permite acoplar o problema de dinâmica dos fluidos com o problema de dinâmica estrutural, seja este resolvido através do método de elementos finitos ou

através do método de volumes finitos. Inicialmente pretende-se acoplar o modelo de Stokes com um software comercial. A vantagem do uso do EbFVM na resolução do problema de dinâmica dos fluidos é que ele facilita o acoplamento do problema estrutural resolvido através do FEM pois as variáveis discretizadas de ambos os métodos encontram-se localizadas nos mesmos locais da malha. Uma abordagem para solução do problema estrutural usando o EbFVM vem sendo desenvolvida no SINMEC o que facilitará o desenvolvimento de um algoritmo para tratar do acoplamento dos dois problemas utilizando um único método numérico.

APLICAÇÃO NA INDÚSTRIA DO PETRÓLEO: Do ponto de vista tecnológico, o estudo do acoplamento do fluido (sal) - estrutura (poço) nos dará ferramentas, tais como o campo de pressões do sal agindo ao redor do poço e a resposta dinâmica do sal devido a variações físicas e sísmicas que possam ocorrer no reservatório, e possibilitará uma melhor forma de projetar um poço (espessura das paredes, diâmetro, material utilizado na confecção) para a extração de petróleo ou gás que tenha uma vida útil até o completo esgotamento do reservatório. Tal estudo é economicamente importante já que o custo para a construção de cada poço é da ordem de milhões de dólares. Portanto, um mau dimensionamento do poço pode causar um prejuízo de milhões de dólares com novas perfurações e técnicas de remediação. Essas novas tecnologias poderão também ser utilizadas em outras áreas da engenharia.

RESULTADOS OBTIDOS: Dentre as principais atividades já realizadas pelo bolsista encontram-se o cumprimento das disciplinas obrigatórias, revisão bibliográfica e definição do modelo reológico para descrever o comportamento do sal. Para ganhar experiência com o problema da dinâmica do sal, está em curso a implementação de um algoritmo, sem preocupações de generalidades, para resolver o problema de Stokes linear em um domínio bidimensional idealizado.