

# Mestrado em Modelagem Computacional



Universidade Federal de Juiz de Fora



## Workshop em Modelagem Computacional de Reservatórios de Petróleo

17 e 18 de Agosto de 2009

Instituto de Ciências Exatas e Faculdade de Engenharia  
Mestrado em Modelagem Computacional  
Universidade Federal de Juiz de Fora

**Organização:**

Prof. Rodrigo Weber dos Santos, Mestrado em Modelagem Computacional, UFJF

[www.mmc.ufjf.br](http://www.mmc.ufjf.br)

**Apoio:**

Universidade Federal de Juiz de Fora. Mestrado em Modelagem Computacional. Instituto de Ciências Exatas. Faculdade de Engenharia. CAPES/MEC.

## **17/08/2009 – Manhã – Anfiteatro Escadinha – Faculdade de Engenharia**

**9:00-10:30**

**Prof. Maicon Ribeiro Corrêa, LNCC, “Tutorial: Introdução à Modelagem de Escoamento em Meios Porosos”**

O desenvolvimento de modelos matemáticos e métodos computacionais para a simulação de escoamentos em meios porosos é um tema de grande interesse, devido à sua aplicação em problemas diversos, tais como a exploração de reservatórios de petróleo, extração de águas subterrâneas, contaminação de lençóis freáticos (transporte de solutos) e técnicas para sua remediação. O objetivo deste tutorial é propiciar a compreensão das etapas para a construção de modelos de escoamentos em meios porosos através da discussão dos conceitos básicos relativos à física dos fenômenos envolvidos e sua representação matemática.

**10:30-11:00, Coffee Break**

**11:00-12:30**

**Prof. Maicon Ribeiro Correa, LNCC, “Tutorial: Introdução ao Método dos Elementos Finitos”**

O método dos elementos finitos consiste em uma técnica geral para construir soluções aproximadas para sistemas de equações diferenciais, sendo largamente empregado na simulação computacional de escoamentos em meios porosos, por exemplo. Sua base está na divisão do domínio da solução em um número finito de subdomínios - os elementos finitos - e na utilização de conceitos variacionais para construir uma aproximação da solução sobre a coleção de elementos finitos. Com isso, alia a vantagem de poder aproximar soluções definidas em domínios geometricamente complexos ao fato de possuir uma forte base matemática. Neste tutorial, apresentaremos as bases para a construção do método dos elementos finitos para equações diferenciais parciais, abordando principalmente seus aspectos matemáticos e ilustrando algumas de suas características computacionais.

**12:30-14:00, Almoço – Futuras Instalações do Mestrado em Modelagem Computacional**

**14:00-15:00**

**Dr. Regis Kruehl Romeu, Petrobrás, "Introdução à Engenharia de Reservatórios"**

Introdução: o que é um reservatório de petróleo; o papel da Engenharia de Reservatórios.

Ingredientes: rocha (porosidade, permeabilidade, etc.) e fluido (propriedades das fases óleo, gás e água; modelo black-oil).

Receitas tradicionais: fundamentos e métodos clássicos (balanço de materiais, lei de Darcy, mecanismos de produção, comportamento transiente, etc.).

Receitas modernas: simulação numérica (aplicações, tipos, métodos, etc.) e gerenciamento integrado (atividades, tendências).

Conclusão: importância da Engenharia de Reservatórios, perspectivas.

**15:00-16:00**

**Prof. Felipe Pereira, Univ. of Wyoming, "Escoamentos Multifásicos em Meios Porosos Multiescala: Modelagem Matemática e Simulação Numérica"**

No escoamento de fluidos multifásicos em meios porosos heterogêneos existe uma competição entre não-linearidade (presente nas equações governantes) e heterogeneidade (presentes nos coeficientes das equações governantes) na determinação de padrões complexos no transporte dos fluidos. Nesta palestra vamos apresentar uma abordagem que combina computação de alto desempenho com malhas computacionais cientificamente corretas (que refletem a escala de validade dos modelos usados) com teoria matemática rigorosa para o estudo da dinâmica que governa a região onde se dá a mistura macroscópica de fluidos. Discutiremos inicialmente resultados para o traçador passivo e em seguida o problema bifásico água-óleo será considerado. Passaremos então a apresentar resultados recentes sobre a simulação numérica precisa de escoamentos trifásicos. Concluiremos a palestra com a discussão de problemas em aberto ligados ao material discutido.

**16:00-16:20, Coffee Break**

**16:20-17:20**

**Prof. Paulo Goldfeld, UFRJ, "O problema do Ajuste de Histórico em Simulação de Reservatórios de Petróleo"**

O processo de recuperação de petróleo envolve a injeção de água a fim de deslocar o óleo que se encontra no reservatório. Este processo é modelado por um sistema complexo de equações diferenciais parciais. Este sistema é resolvido numericamente através de códigos computacionais (simuladores). Este modelo matemático depende de certos parâmetros que não são bem conhecidos pelo engenheiro de petróleo no início da exploração do campo. Uma boa estimativa destes parâmetros é crucial para o desenho do processo de recuperação. Após alguns anos de exploração, há um conjunto de informações disponíveis, o chamado Histórico de Produção. Chama-se Ajuste de Histórico ao processo de se usar o Histórico para melhor determinar os parâmetros do modelo. Discutiremos nesta apresentação um modelo matemático de Simulação de Reservatório e um método numérico para a sua resolução. Discutiremos ainda o problema de Ajuste de Histórico. Alguns resultados numéricos serão apresentados.

**17:20-18:20**

**Prof. Flávio Dickstein, UFRJ, "Um Problema de Controle do Processo de Recuperação de Petróleo"**

No processo de recuperação de petróleo, a água é injetada no reservatório através de poços (injetores) e o óleo é recuperado nos poços produtores. O desenho do processo envolve a alocação destes poços e os modos de injeção e de recuperação. Nesta apresentação discutiremos alguns modelos de controle que buscam determinar este desenho de forma a atingir certos objetivos pré-determinados. Estes modelos assumem a forma de problemas de minimização, com e sem restrições. Discutiremos ainda a resolução numérica destes problemas.

## **18/08/2009 – Manhã - Anfiteatro Escadinha – Faculdade de Engenharia**

**9:00-11:30**

### **Defesa de dissertação do Mestrado em Modelagem Computacional, UFJF**

#### **Elisa Portes dos Santos, “Ajuste Automático de Histórico em Reservatórios de Petróleo Utilizando o Método TSVD”**

Se fosse possível conhecer os valores das propriedades da rocha de um reservatório de petróleo em toda sua extensão, além das propriedades inerentes ao escoamento dos fluidos, poderíamos desenvolver um modelo computacional preciso capaz de determinar o resultado de qualquer ação neste reservatório. Infelizmente, as medições diretas dessas propriedades podem ser realizadas apenas nas regiões dos poços que geralmente se encontram a centenas de metros de distância um do outro. Uma maneira de estimar estas propriedades é através do Ajuste de Histórico. Reservatórios em funcionamento há algum tempo possuem um conjunto de informações chamadas de histórico do reservatório. O Ajuste de Histórico consiste no problema inverso de se estimar propriedades que caracterizam o reservatório a partir deste histórico de produção. Neste trabalho apresentamos um estudo para o Ajuste Automático de Histórico baseado em um modelo de reservatório bifásico (óleo/água) 2D. Os dados de histórico considerados são a pressão e vazão de óleo nos poços e a propriedade do reservatório a ser estimada é a permeabilidade. A fim de resolver este problema de minimização foi utilizado o método de Gauss-Newton associado às técnicas de decomposição de valores singulares truncada (TSVD) e de formulação adjunta.

#### **Banca Examinadora:**

Dr. Rodrigo Weber dos Santos (UFJF), Orientador

Dr. Flávio Dickstein (UFRJ), Co-orientador

Dr. Paulo Goldfeld (UFRJ)

Dr. Maicon Ribeiro Corrêa (LNCC)

Dr. Regis Krueel Romeu (CENPES/Petrobrás)

## **18/08/2009 – Tarde - Anfiteatro Escadinha – Faculdade de Engenharia**

**14:00-16:30**

### **Defesa de dissertação do Mestrado em Modelagem Computacional, UFJF**

#### **Carolina Ribeiro Xavier, “Comparação de métodos de otimização para o problema de ajuste de histórico em ambientes paralelos”**

O processo de ajuste histórico tem como objetivo a determinação dos parâmetros de modelos de reservatório de petróleo. Uma vez ajustados, os modelos podem ser utilizados para a previsão do comportamento do reservatório. Este trabalho apresenta uma comparação de diferentes métodos de otimização para a solução deste problema. Métodos baseados em derivadas são comparados com um algoritmo genético. Em particular, compara-se os métodos: Levenberg-Marquardt, Quasi-Newton, Gradiente Conjugado não linear, máxima descida e algoritmo genético. Devido à grande demanda computacional deste problema a computação paralela foi amplamente utilizada. As comparações entre os algoritmos de otimização foram realizadas em um ambiente de computação paralela multiprocessado e os resultados preliminares são apresentados e discutidos.

#### **Banca Examinadora:**

Dr. Rodrigo Weber dos Santos (UFJF), Orientador

Dr. Marcelo Lobosco (UFJF), Co-orientador

Dr. Flávio Dickstein (UFRJ), Co-orientador

Dr. Paulo Goldfeld (UFRJ)

Dr. Eduardo Lúcio Mendes Garcia (LNCC)