

## MODELAGEM NUMÉRICA DE SISTEMAS PETROLÍFEROS – ESTADO DA ARTE, AVANÇOS E NOVAS PERSPECTIVAS.

Eduardo de Mío (1); Marcio Rocha Mello (2); Nilo Chagas Azambuja Filho (3); Andre Adriano Bender (4); Carlos Luciano Costa de Jesus (5); Sergio Antonio Caceres Contreras (6); Priscila Silva Bruno (7); Maria Gabriela Vicentelli (8).

(1) HRT PETROLEUM; (2) HRT PETROLEUM; (3) HRT PETROLEUM; (4) HRT PETROLEUM; (5) HRT PETROLEUM; (6) HRT PETROLEUM; (7) HRT PETROLEUM; (8) HRT PETROLEUM.

**Resumo:** A modelagem numérica de sistemas petrolíferos engloba desde conceitos básicos de análise de bacias, como descompactação (backstripping), transferência de calor e cálculo de maturação de matéria orgânica em ambiente unidimensional até aspectos bastante avançados como escoamento multifásico de fluidos em meio poroso (migração composicional) e restauração tridimensional de processos tectônicos e de halocinese. Nos últimos anos as principais linhas de pesquisa na área de modelagem geoquímica dedicaram-se ao desenvolvimento de esquemas cinéticos baseados em múltiplos componentes, da reatividade destes componentes (cinética de craqueamento primário e secundário) além do comportamento de cada fase gerada (gás ou líquido) durante o processo de migração baseado em análise PVT (mudança de fase baseada em equações de estado). Paralelamente foram desenvolvidos algoritmos que permitem a simulação da variação de volume em horizontes pré-definidos ao longo do tempo, permitindo com isso a restauração de processos geológicos que causaram deformação na bacia (falhas de crescimento, inversão tectônica e halocinese). Falhas permeáveis e impermeáveis já podem ser simuladas e produzem resultados eficientes em termos de migração e trapeamento de hidrocarbonetos, porém ainda dependem de pesquisas mais avançadas em malhas não estruturadas, que permitirão o refinamento da malha de cálculo na região afetada pela falha. Atualmente é possível simular a evolução de uma bacia de dimensões regionais, ao longo do tempo, com geração e migração de hidrocarbonetos, análise detalhada do timing e da composição das acumulações e restauração da deformação em modelos extremamente detalhados, com espaçamento de grid de 500 m ou menor. Esses modelos podem atingir mais de 2 milhões de células, onde cada célula contém informações de pressão, temperatura, porosidade, permeabilidade e saturações de água, óleo e gás, entre outras. A simulação de modelos tão complexos exige alta capacidade de processamento de dados, normalmente realizada em clusters de processadores, demandando centenas de horas de cálculo. Considerando-se simulações com análise de risco e de sensibilidade o tempo de cálculo é multiplicado por  $n$  vezes o número de simulações originais. Deste modo, alguns dos desafios importantes na área de modelagem numérica de bacias são:

1) aumento de eficiência dos calculadores dos simuladores, através de uma distribuição mais inteligente dos 'blocos' numéricos, objetivando a otimização do processo de cálculo e conseqüente redução de tempo de processamento, consiste em um dos novos desafios para a modelagem numérica. 2) aperfeiçoamento da modelagem composicional; 3) integração dos resultados de modelagem de sistemas petrolíferos com modelos de menor escala, aplicados normalmente à reservatórios; 4) uso de malhas não estruturadas para localmente definir melhor a geometria das estruturas geológicas, sem aumentar desnecessariamente o número total de células; 5) permitir que as falhas geológicas tenham uma cinemática real, pois nos programas atuais são completamente estáticas em termos topológicos.

**Palavras-chave:** Modelagem de Sistemas Petrolíferos; Modelagem Numérica; Migração Composicional.

## MODELO GEOLÓGICO TRIDIMENSIONAL COM O PROGRAMA GRASS-GIS NO ESTUDO ESTRUTURAL DO "GABRO DE APIÁI"

Sidney Schaberle Goveia (1); Arlei Benedito Macedo (2); Ginaldo Ademar da Cruz Campanha (3).

(1) IGC-USP; (2) IGC-USP; (3) IGC-USP.

**Resumo:** A caracterização geológica e a interpretação de estruturas, tipicamente envolvem a modelagem das formas e variabilidade (litológica, teores, concentrações, etc.) dos corpos e a análise espacial e visualização destes. A geometria computacional é por excelência a ferramenta que possibilita realizar esses processos de maneira rápida e é capaz de quantificar o erro e a incerteza associada a eles. Atualmente os recursos para o processamento se tornaram bastantes acessíveis aos pesquisadores, porém os custos dos programas para realizar essa modelagem e visualização são muito elevados, levando muitos geocientistas a recorrer à programação, criando seus próprios programas para desenvolver suas pesquisas. O programa GRASS pode e é uma ótima alternativa a isso, pois além de ser um programa distribuído gratuitamente, tem seu código fonte aberto, com centenas de bibliotecas de funções pré-definidas, e tantas outras que podem ser escritas pelo usuário, em diversas linguagens de programação. O GRASS oferece um conjunto de ferramentas para SIG, sensoriamento remoto, geoestatística e modelagem 3D.

Nesse estudo de caso, fez-se a modelagem da estrutura "Sinclinal do Calabouço" da qual faz parte o "Gabro de Apiái", onde se quis mostrar a habilidade do programa GRASS 6.3 na modelagem tridimensional, uma vez que esse módulo do programa ainda se encontra em caráter experimental, bem como sua condição nativa em S.O. Windows. Nessas condições foram feitas a vetorização dos perfis de campo feitos por Campanha (1991) em sua tese, que serviram de base para a modelagem dos corpos geológicos. Criaram-se planos intersectando as seções verticais, pois o programa só trabalha com superfícies horizontais, e os polígonos da geologia foram projetados nos planos de interseção das seções. A extrusão das superfícies deu origem ao sólido 3D, sendo a superfície de topo o modelo digital de terreno com os contatos geológicos superimpostos.

**Palavras-chave:** Modelo Geológico 3D; GRASS-GIS; Estrutural.