

# ESTUDO DOS ESQUEMAS DE CÁLCULO DAS TRANSMISSIBILIDADES DE UM SIMULADOR DE RESERVATÓRIOS DE PETRÓLEO

A. Cemin Jr., C.R. Maliska, J. Cordazzo

SINMEC – Laboratório de Simulação Numérica em Mecânica dos Fluidos e Transferência de Calor, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, C.P. 476, CEP 88040-900 – Florianópolis – SC

**Palavras chaves:** Reservatórios de Petróleo, Transmissibilidade, IMEX, Malhas Volumétricas.

## RESUMO

A simulação de reservatórios é de fundamental importância na engenharia de petróleo. A informação do comportamento do reservatório durante sua exploração é decisiva quanto a localização de poços, injeção de água, tempo de produção, etc. São esses fatores que determinam a situação produtiva de um reservatório sob o ponto de vista econômico.

O engenheiro de reservatório não deve somente estar apto a analisar as entradas e saídas de um simulador de reservatórios, mas deve também conhecer a forma como os cálculos são realizados pelos programas de simulação, para certificar-se da confiabilidade dos resultados obtidos.

Neste sentido, o objetivo deste trabalho é verificar os cálculos de transmissibilidade, para os diferentes tipos de malhas, utilizados pelo IMEX (*IMplicit EXplicit black oil simulator*), que é um dos pacotes de simulação de reservatórios mais utilizados pelas maiores empresas de exploração de petróleo do mundo.

Este software desenvolvido pela CMG (*Computer Modeling Group*) é um simulador trifásico que utiliza o modelo *black-oil*, e suporta malhas cartesianas, cilíndricas ou com profundidade e espessura variáveis, com configurações em duas ou três dimensões (IMEX User's Guide 2000).

O presente trabalho analisa os esquemas de cálculo de transmissibilidade utilizado pelo software IMEX na simulação de reservatórios de petróleo. Procurou-se então estabelecer a transmissibilidade de uma forma teórica através da definição da transmissibilidade obtida da literatura. Procura-se, então, identificar, a partir dos resultados das simulações, como o IMEX realiza os cálculos para a transmissibilidade em malhas geradas pela definição dos cantos (*Corner Points*), que é o caso mais geral.

Os tipos de malha suportadas pelo pacote IMEX são:

Malha tipo 1 – Igualmente espaçada em cada direção

Malha tipo 2 – Cartesiana não-uniforme

Malha tipo 3 – Cartesiana não igualmente espaçada em x-y, com base e topo de cada malha independente, definidos a partir de 4 valores de z, cada um, mantendo a ortogonalidade de cada face.

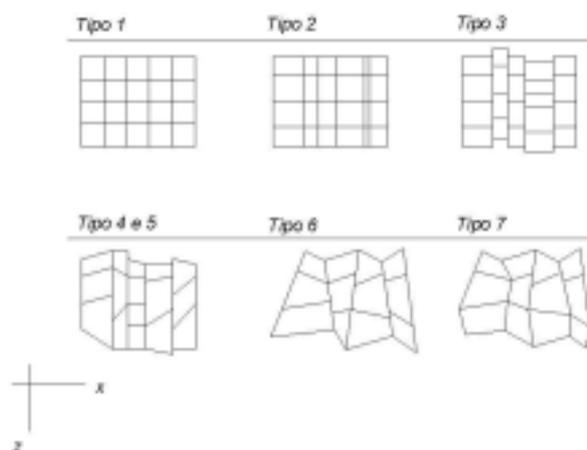
Malha tipo 4 – Cartesiana não igualmente espaçada em x-y, com base e topo de cada malha independentes, definidos a partir de 4 valores de z, cada um, não sendo necessário manter a ortogonalidade de cada face.

Malha tipo 5 – Idêntica à anterior, menos no plano x-y que agora é arbitrária.

Malha tipo 6 – Arbitrária em x-y, com base e topo de cada malha independentes, definidos a partir de 4 valores de z, cada um, alterando as projeções  $x,y = f(z)$  de forma linear.

Malha tipo 7 – Geral: Arbitrária em x-y, com base e topo de cada malha independentes, definidos a partir de 4 valores de z.

Um corte no plano vertical destas malhas é mostrado na Fig. 1. Pode-se notar que as malhas do tipo 1 a 6 são casos particulares da malha tipo 7, que portanto, é o caso mais geral.



**Fig. 1 – Os sete tipos de malha no plano xz (plano vertical)**

A partir dos diferentes testes numéricos realizados, pode-se deduzir que o simulador IMEX utiliza a seguinte equação geral para o cálculo das transmissibilidades:

$$T = \frac{A_c}{\frac{A_1}{T_1} + \frac{A_2}{T_2}} \quad (1)$$

onde  $A_c$  é a área comum de contato entre dois volumes, e  $T_1$  e  $T_2$  são suas respectivas transmissibilidades dadas por:

$$T_1 = \frac{k_1 A_1}{\frac{|v_1|}{2}} \quad (2)$$

e

$$T_2 = \frac{k_2 A_2}{\frac{|v_2|}{2}} \quad (3)$$

onde  $k_1$  e  $k_2$  são as permeabilidades de cada volume.

Notou-se, também, que uma fórmula mais específica do cálculo da transmissibilidade entre dois volumes utilizada pelo IMEX é denominada de fórmula de Hegre (HEGRE *et al.*, 1986), Eq. (6).

$$T_{12} = \frac{1}{r_{12}} = \frac{1}{\frac{1}{T_1} + \frac{1}{T_2}} = \frac{T_1 T_2}{T_1 + T_2} \quad (6)$$

Finalmente este trabalho servirá como ponto de partida para a análise de outros aspectos pertinentes à metodologia de cálculo utilizada pelo pacote IMEX.

Agradecimentos: os autores agradecem ao Programa de Recursos Humanos da ANP para o Setor Petróleo e Gás – PRH – ANP/MME/MCT e ao CENPES-Petrobras pelo apoio financeiro.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

**IMEX User's guide, 2000. *Advanced Oil/Gas Reservoir Simulator Version 2000.* Computer Modeling Group Ltd., Calgary, Canada.**

**HEGRE, T. M., DALEN, V. & HENRIQUEZ, A., 1986. *Generalizes Transmissibilities for Distorted Grids in Reservoir Simulation.* Paper SPE 15622 presented at the 61<sup>st</sup> Annual Tech. Conf. Exh. of SPE (New Orleans, Oct. 5-8).**