

## **AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE CONTORNO UTILIZANDO POLINÔMIOS DE HERMITE EM LATTICE BOLTZMANN**

Rafael Joaquim Alves<sup>1</sup>, Eduardo Bader Dalfovo Mohr Alves<sup>2</sup>, Luiz Adolfo Hegele Júnior<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Acadêmico do Curso de Engenharia de Petróleo - CESFI - bolsista PROIP/UDESC

<sup>2</sup> Acadêmico do Curso de Engenharia de Petróleo – CESFI - bolsista PIVIC/UDESC

<sup>3</sup> Orientador, Departamento de Engenharia de Petróleo CESFI – luiz.hegele@gmail.com

Palavras-chave: *Conglomerados de Boltzmann. Condições de Contorno. Polinômios de Hermite.*

O Método de *Lattice Boltzmann* ou método dos conglomerados de Boltzmann foi desenvolvido na década de 80 do século XX, este foi desenvolvido para resolver alguns dos defeitos do método anterior chamado *Lattice Gas Automata*. Ao invés de trabalhar entendendo o fluido como uma matéria contínua, como faz a mecânica dos fluidos, ou analisar o comportamento de cada átomo, numa abordagem microscópica; o método trabalha com partículas fictícias que se movem entre pontos de uma malha retangular, ou pontos que dividem o espaço e obtém-se resultados em cada um deles.

Baseado na teoria da cinética de partículas, usando as equações discretas desta e sendo considerado um método explícito o método de conglomerados de Boltzmann trabalha com duas etapas essenciais, a propagação, em que as partículas viajam entre os as posições vizinhas da malha, e a colisão, em que as velocidades das partículas são alteradas pela troca de quantidade de movimento entre as que se encontram numa mesma posição. Pode-se comparar a malha com um jogo de bolas de gude em que as bolas só podem se mover em algumas direções pré-determinadas e desse modo irão se chocar somente em pontos também determinados previamente.

É importante destacar que o método se baseia numa distribuição de partículas que deve ser encontrada indo em cada direção no estado de equilíbrio, no entanto, com um operador que tem a função de representar a colisão, de modo a alterar esse equilíbrio, a colisão nos contornos deve ser dada de maneira diferente, pois as partículas colidirão também com as “paredes” e terão de ser “reconstruídas” com novas direções.

A pesquisa desenvolvida foi em torno das condições de contorno do método, com o uso dos polinômios de Hermite para a reconstrução da distribuição de partículas depois da colisão com os contornos. Para testar as condições obtidas foi desenvolvido um programa em C/C++ que executava cada um dos passos do método e buscava ser um programa bastante aberto a diversas geometrias, especialmente a aceitação de meios porosos.

O problema de referência usado para validar as condições é o da cavidade quadrada, neste é simulada uma “caixa em duas dimensões”, ou seja, sem profundidade. Nesta “caixa” existe um fluido com número de Reynolds qualquer, além disto as paredes laterais e inferior estão paradas e a parte superior está se movendo numa velocidade de 1 u.v.. Busca-se que garantir a conservação

de massa, o que deve resultar numa densidade de partículas, que corresponderá também ao campo de pressões, igual a 1 na malha.

Foram realizados testes com malhas de 33x33, 65x65, 129x129, 257x257, 513x513, 1025x1025 pontos e com números de Reynolds iguais a 100, 400, 1000, 3200, 5000 e 7500. Os resultados foram comparados com os dados de Ghia, Ghia e Shin(1982), num trabalho que foi desenvolvido especificamente para a cavidade, de modo que os resultados deste podem ser usados como base para novos modelos que precisam ser validados.

Supondo que temos a representação clássica dos eixos coordenados, onde “x” é abcissa e “y” a ordenada, os resultados mais adequados para demonstrar a comparação com Ghia, Ghia e Shin(1982) são os da velocidade média das partículas na direção ‘x’, ao longo do eixo “y” na posição central da “caixa”.

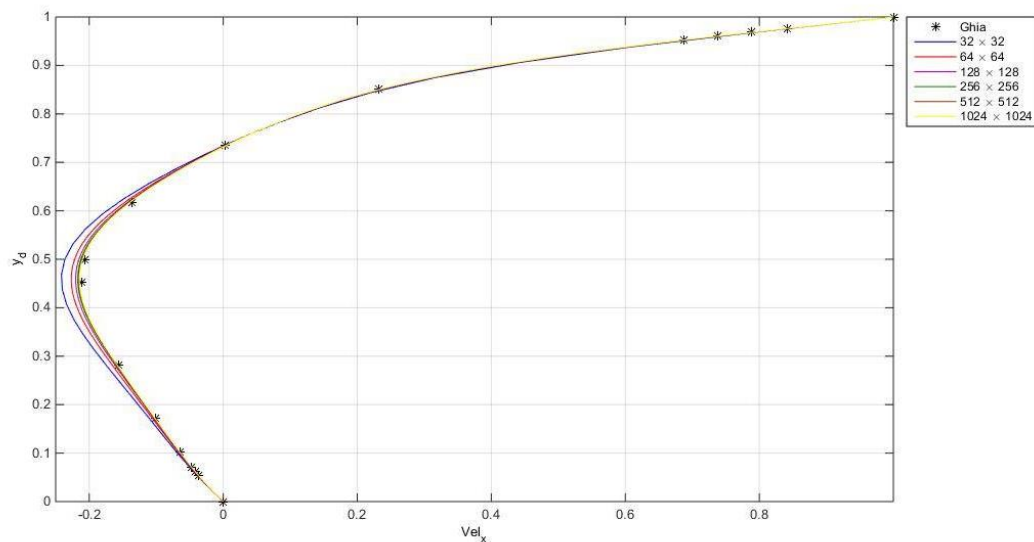


Fig. 1 Resultados para a velocidade na direção x ao longo do eixo y na posição central da cavidade em x

Como observa-se no gráfico os resultados obtidos foram bastante coerentes com o *benchmark* utilizado, além disso observou-se durante os testes que o modelo é bastante estável para Reynolds altos e que a conservação da massa foi garantida, o que foi visualizado através dos gráficos de densidade que foram desenvolvidos.

O futuro da pesquisa é utilizar os conhecimentos adquiridos no método para aprimorar a compreensão do fenômeno físico da transição do padrão estratificado de escoamento em escoamentos horizontais de óleo e água.

## Referência

GHIA, U; GHIA, K.n; SHIN, C.t. High-Re solutions for incompressible flow using the Navier-Stokes equations and a multigrid method. **Journal Of Computational Physics**, [s.l.], v. 48, n. 3, p.387-411, dez. 1982. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/0021-9991\(82\)90058-4](http://dx.doi.org/10.1016/0021-9991(82)90058-4).