

## **ESTUDO DO ESCOAMENTO DE FLUÍDOS EM GEOMETRIAS RESTRITAS E COM DEFEITOS**

*Paloma Vieira da Silva (ICV do PIBIC/UFPI), F. F. Barbosa Filho (orientador, Depto. de Física – CCN/UFPI)*

### **INTRODUÇÃO**

O escoamento de fluídos em meios porosos naturais ou artificiais possui importância tanto para a engenharia quanto para as ciências. A indústria do petróleo busca métodos eficientes para a retirada de óleo da rocha. A indústria de construção civil se preocupa com a transmissão de água através dos materiais utilizados nas edificações. Estes são fenômenos que envolvem o transporte de fluídos de uma forma bem complexa e que até cerca de três décadas atrás eram modelados usando equações diferenciais parciais (equações de Navier-Stokes). Estas equações diferenciais por serem não lineares apresentam um grau de dificuldade maior para a implementação de métodos numéricos, tais como o método de diferenças finitas. Este cenário foi alterado a partir de meados da década de 70, com o desenvolvimento dos computadores pessoais e a introdução do método de autômatos celulares de gás na rede (LGCA) por Frisch, Hasslacher e Pomeau (modelo FHP).

Neste projeto desenvolveremos estudos investigativos a cerca dos padrões surgidos devido ao escoamento de um ou mais fluidos em meios com desordem e em geometrias restritas usando a técnica LGCA, com modelos como o FHP (Rothman e Zaleski, 1997, Wolf-Gladrow, 2000, Succi, 2001, Azevedo 2007).

### **METODOLOGIA**

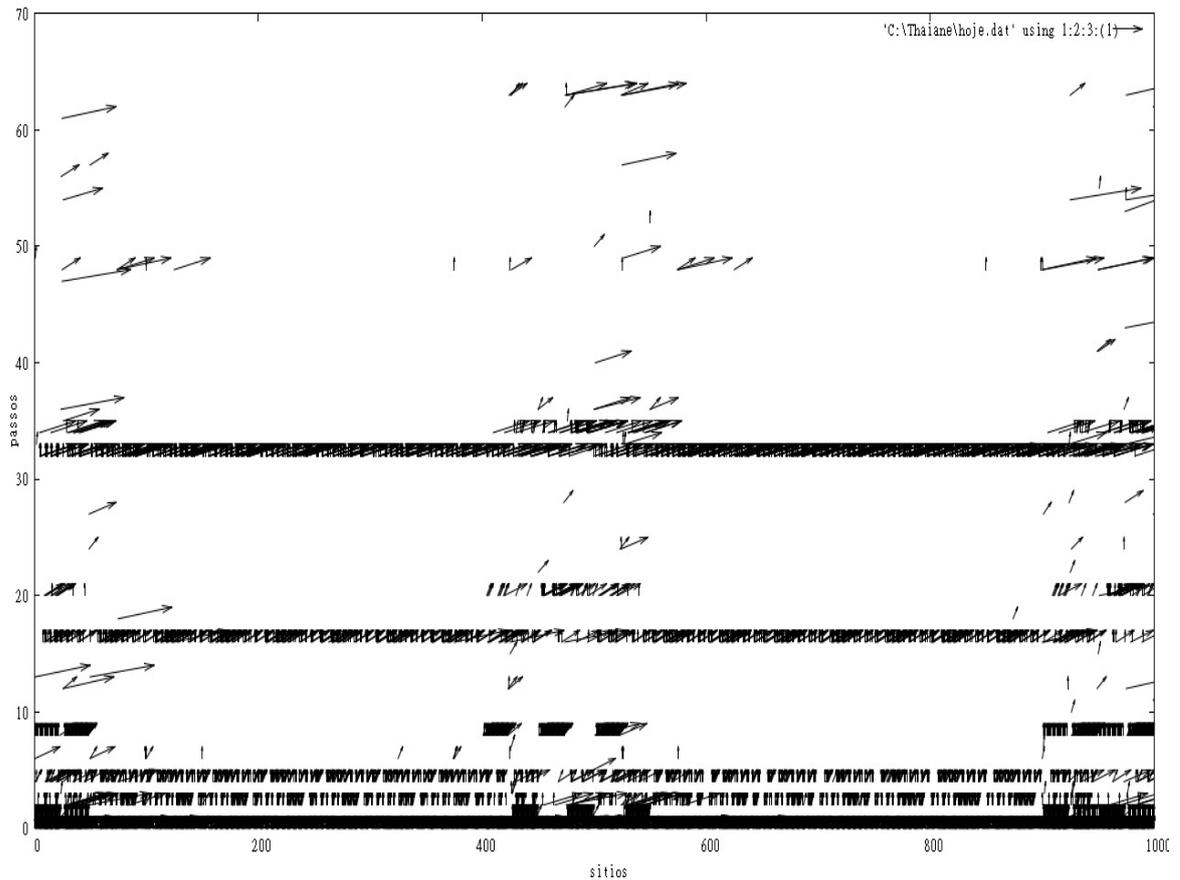
A pesquisa foi fundamentada em duas partes. A primeira foi destinada a um estudo analítico de equações diferenciais parciais (equações de Navier-Stokes), com o objetivo de simular o comportamento de fluidos incompressíveis. Na segunda parte, foi utilizada a técnica computacional conhecida como autômato celular de gás na rede aplicadas a meios desordenados e com geometrias restritas (Célula de Hele-Shaw). O estudo do projeto consistiu numa pesquisa bibliográfica sobre o escoamento de fluidos. Partindo do caso mais simples que é um fluido incompressível, o qual a sua viscosidade é desconsiderada, e seu comportamento é descrito pelas equações de Navier-Stokes. Estas equações não possuem solução analítica para a maioria dos casos. Isto se deve ao fato de que a equação de Navier-Stokes é uma equação diferencial parcial não-linear. Foi utilizado Autômato celular de gás na rede (LGCA) para reproduzir o comportamento de fluidos governados pela equação de Navier-Stokes. Essa técnica computacional foi de grande utilidade, para determinar padrões de propagação de fluidos em meios com desordem aleatória, ou seja, fluidos complexos.

Área: CV ( ) CHSA ( ) ECET (X)

Elaboramos um algoritmo, fazendo uso das regras de propagação e colisão das partículas componentes do fluidos, seguindo o modelo proposto por Frisch, Hasslacher e Pomeau (modelo FHP), que é autômato celular definido numa rede com simetria hexagonal.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente geramos uma configuração com toda a rede desocupada, exceto um conjunto de sítios centrais que estão ocupados por partículas com uma distribuição determinada de velocidades. Executamos o programa para uma rede de tamanho  $50 \times 20$ , que foi mapeada num vetor de 10.000 componentes. Após a coleta dos dados fizemos o mapeamento de volta do vetor de 10.000 componentes para a rede bidimensional. Neste processo usamos o software Gnuplot para desenhar as linhas de campo de velocidades. O resultado deste processo é mostrado na Figura abaixo.



Área: CV ( ) CHSA ( ) ECET ( X )

Na figura acima temos o plano xy com as setas representando os vetores de velocidade das partículas do fluido se deslocando em um espaço na presença de barreiras longitudinais.

## **CONCLUSÃO**

Os nossos resultados numéricos precisam ser melhorados, bem como as nossas habilidades de manipular graficamente os dados, de formar a obter uma imagem representativa dos deslocamentos das partículas no fluido.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao Departamento de Física da UFPI pela disponibilidade de recursos computacionais e infra-estrutura.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

AZEVEDO, R. M. Simulação de Fluidos em um Meio Poroso Através de Autômatos Celulares de Gás na Rede-Dissertação de Mestrado defendida em fevereiro de 2007, Departamento de FÍSICA-UFPE, orientador: Mauricio D. Coutinho Filho.

GOULD, H., TOBOCHNIK, J., CRISTIAN, W. An Introduction to Computer Simulation Methods Pearson, 3<sup>a</sup> ed., Addison Wesley, 2006.

ROTHMAN, H. D., ZALESKI, S. Lattice-Gas Cellular Automata, Simple Models of complex Hydrodynamics. Cambridge, 1997.