



Instituto Politécnico, Nova Friburgo
August 30th- September 3rd, 2004

Paper CRE04 – MC15

SIMULAÇÃO NUMÉRICA DO ESCOAMENTO DE UM FLUIDO NUMA EXPANSÃO ASSIMÉTRICA PELO MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS BASEADO EM VOLUMES DE CONTROLE

Paulo Henrique Rubi de Souza¹ e Rosiane Cristina de Lima²

Departamento de Engenharia Mecânica, DEM, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, FEIS / UNESP
CP 151, CEP 15385-000, Ilha Solteira, SP, Brasil

[1paulorubi@bol.com.br](mailto:paulorubi@bol.com.br), [2rosiane@aluno.feis.unesp.br](mailto:rosiane@aluno.feis.unesp.br)

João Batista Campos Silva

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – Universidade Estadual Paulista – UNESP
CP 31, CEP 15385-000, Ilha Solteira, SP, Brasil

jbcampos@dem.feis.unesp.br

O estudo do movimento dos fluidos vem desde os tempos mais antigos. Ao longo do tempo, os pesquisadores sempre buscaram por ferramentas para análise de escoamentos. Isto devido ao caráter altamente não linear das equações governantes do movimento de fluidos, o que praticamente impossibilitava soluções analíticas em situações reais. Antes do desenvolvimento do computador os estudos eram feitos basicamente de forma experimental, que por sua vez possuem várias limitações, já que determinados casos são muito difíceis de se reproduzir em laboratório. Além disso, existem casos onde o custo experimental torna a análise restrita, como é o caso do estudo de aviões em túneis de vento.

Tendo em vista esses fatores limitantes vários pesquisadores começaram a direcionar seus estudos no sentido de encontrar soluções matemáticas para o problema, onde se foi alcançado um formato satisfatório com o desenvolvimento das equações de Navier-Stokes. Essas equações por sua vez, permitem soluções analíticas apenas para alguns poucos casos, mas a partir do uso de métodos numéricos é possível obter soluções para problemas mais complexos. O campo de análise numérica é denominado Dinâmica dos Fluidos Computacional (CFD – Computational Fluids Dynamics). O método numérico utilizado no presente trabalho é o Método de Elementos Finitos baseado em Volumes de Controle (CVFEM – Control Volume Finite Element Method).

A figura 1 resume as etapas através das quais esta simulação é elaborada:



Figura 1 – Etapas para a obtenção da solução numérica de um problema de fluidos.

O código fonte utilizado foi desenvolvido por Campos Silva (1998) [1] em seu trabalho de doutorado, para escoamentos laminares de fluidos incompressíveis e domínio bidimensional. Neste foi implementado a modelagem da turbulência por Simulação de Grandes Escalas (LES- Large Eddy Simulation). O elemento finito utilizado é um quadrilátero de nove nós; no qual feita uma interpolação quadrática para a velocidade e interpolação linear para a pressão. O caso teste é mostrado na figura 2.

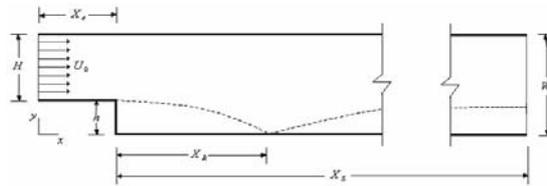


Figura 2. Geometria e parâmetros do degrau descendente (*backward-facing step*).

As dimensões definidas para simulação são: $Xe = 2h$, $Xs = 16h$, $r = h/H = 0,5$.

Os resultados apresentados são para Reynolds $1,4 \cdot 10^4$, utilizando-se malhas regulares com 8200 elementos e 33201 nós. O número de Reynolds é baseado na altura do degrau e na velocidade uniforme do escoamento no canal de entrada e as condições de não deslizamento foram impostas nas fronteiras superior e inferior.

O código numérico mostra-se eficiente no cálculo tanto das velocidades, quanto da pressão como ilustra a figura 3, onde é possível visualizar a velocidade u para o passo de tempo $t = 0,073$ em vários pontos do escoamento. Os resultados estão em concordância com resultados de Frigo et al (2004) [2].

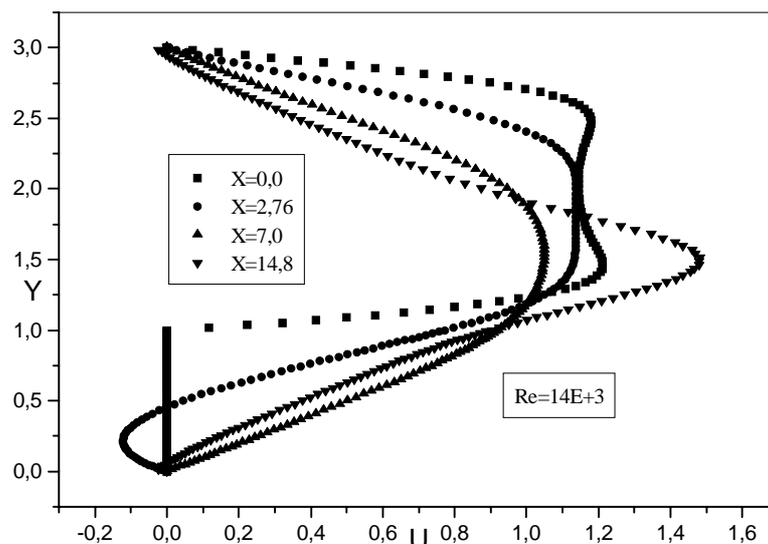


Figura 3. Velocidade U para um espaço de tempo baixo.

A região de entrada possui perfil uniforme, por isso o perfil na entrada ainda não está completamente desenvolvido. A região de recirculação está localizada depois do degrau e isso também pode ser observado na figura acima, o que comprova a eficácia do código.

REFERÊNCIAS

- [1] Campos-Silva, J.B. (1998). **Simulação Numérica de Escoamentos de Fluidos pelo Método de Elementos Finitos Baseado em Volumes de Controle. Tese de Doutorado, UNICAMP-Faculdade de Engenharia Mecânica, Campinas-SP, Brasil, 159 p.**
- [2] Frigo, L.M., et al (2004). **Análise numérica do escoamento a jusante de um degrau descendente bidimensional.**