



**EME-757/MNE-717 DINÂMICA DOS FLUIDOS COMPUTACIONAL I – 2013/3**

**9º Trabalho Computacional - 27 Nov 2013**

**Entrega: 18 Dez 2013**

**Questão única**

Implementar um programa computacional para resolver numericamente, através do método de volumes finitos, o modelo matemático constituído pelas equações de conservação da massa e da quantidade de movimento linear (problema de Moody), relativo ao escoamento unidimensional de fluido incompressível com propriedades constantes, definido por

$$\text{MASSA: } \frac{\partial(uA)}{\partial x} = 0$$

$$\text{QML: } \rho A \frac{\partial u}{\partial t} + \rho \frac{\partial(Au^2)}{\partial x} = \mu \frac{\partial}{\partial x} \left( A \frac{\partial u}{\partial x} \right) - A \frac{\partial p}{\partial x} - S(u, A)$$

onde  $A$  = área do escoamento em cada coordenada  $x$ ,  $t$  = tempo,  $u$  = velocidade,  $p$  = pressão,  $\rho$  = massa específica,  $\mu$  = viscosidade e  $S$  = termo fonte.

**Modelo numérico:**

- Empregar o modelo descrito no capítulo 9 das notas de aula.
- Utilizar o esquema UDS na advecção e o CDS na difusão e na pressão.
- Aplicar as condições de contorno com volumes fictícios.
- Usar o método TDMA para resolver os dois sistemas de equações algébricas.

**Dados:**  $N = 12$  (volumes de controle incluindo dois fictícios)

$$\begin{array}{llll} D_o = 2 \times 10^{-2} \text{ m} & C_D = 4 \times 10^{-3} & \Delta t = 1 \text{ s} & L = 5 \text{ m} \\ \mu = 1 \times 10^{-3} \text{ Pa.s} & \rho = 10^3 \text{ kg/m}^3 & f = 2 \times 10^{-2} & U_{in} = 10 \text{ m/s} \\ \text{Número de iterações no ciclo da MASSA} = 2 & & & \end{array}$$

**Depois de ter obtido a solução numérica, mas antes de gerar as tabelas e os gráficos, deve-se fazer o seguinte pós-processamento:**

- $u(1) = U_{in}$
- $u(N) = (u(N-1) + u(N))/2$
- $p(1) = (p(1) + p(2))/2$
- $p(N) = (p(N-1) + p(N))/2$
- $p_{ref} = p(1)$
- $p(P) = p(P) - p_{ref}$ , para  $P = 1$  a  $N$

onde os números e letras entre parênteses representam os volumes de controle; e 1 e N são volumes fictícios.

### **Resultados a apresentar:**

- 1) Gráfico da variação de  $u(N)$  em cada iteração (em escala logarítmica) *versus* número da iteração (em escala decimal). No mesmo gráfico, outra curva com a variação de  $dp$  em cada iteração, onde  $dp = p(2) - p(N)$
- 2) Para a solução final, tabela contendo em cada linha: número do nó,  $x_P$ ,  $a_w$ ,  $a_p$ ,  $a_e$ ,  $b_p$ , onde
$$a_p u_p = a_w u_w + a_e u_E + b_p$$
- 3) Tabela contendo em cada linha: número do nó,  $x_P$ ,  $u_P$ , incluindo os dois contornos.
- 4) Gráfico de  $u_P$  *versus*  $x_P$ , incluindo os dois contornos.
- 5) Tabela contendo em cada linha: número do nó,  $x_e$ ,  $u_e$ , incluindo os dois contornos.
- 6) Gráfico do fluxo de massa na face leste de cada volume de controle, incluindo os dois contornos.
- 7) Para a solução final, tabela contendo em cada linha: número do nó,  $x_P$ ,  $a_w$ ,  $a_p$ ,  $a_e$ ,  $b_p$ , onde
$$a_p p'_p = a_w p'_w + a_e p'_E + b_p$$
- 8) Tabela contendo em cada linha: número do nó,  $x_P$ ,  $p_P$ ,  $p'_p$ , incluindo os dois contornos.
- 9) Gráfico de  $p_P$  *versus*  $x_P$ , incluindo os dois contornos.
- 10) Listagem impressa do programa computacional implementado.

### **RECOMENDAÇÕES:**

- Usar como base o programa implementado no sétimo trabalho computacional.
- O programa computacional PROG7\_CFD1, disponível no site da disciplina, pode ser usado para comparar os resultados.
- Usar precisão dupla e apresentar os resultados com pelo menos 10 algarismos significativos.
- Usar papel A4 branco ou folha com pauta; o texto deve ser impresso ou escrito a caneta.
- O trabalho deve ser feito individualmente. Em caso de dúvidas, entrar em contato com o professor antes do final do prazo de entrega do trabalho.