L. H. Carnevale
G. R. Anjos

fig/uerj.png

30/07/2018

Arrefecimento simultâneo de microprocessadores empilhados[1] com diferentes geometrias

fig/CMOSAIC.png

fig/channels_67.jpg

[1]figures from Prof. John Thome, Laboratoire de Transfert de Chaleur et de Masse (LTCM), EPFL, *https://ltcm.epfl.ch*

Corrente-Vorticidade

$$\frac{\partial \omega_z}{\partial t} + \mathbf{v} \cdot \nabla \omega_z = \frac{1}{Re} \nabla^2 \omega_z \quad (1)$$

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} = \omega_z \quad (2)$$

$$\frac{\partial \psi}{\partial y} = v_x \ , \ \ \frac{\partial \psi}{\partial x} = -v_y \quad (3)$$

Transporte de Calor

$$\frac{\partial T}{\partial t} + \mathbf{v} \cdot \nabla T = \frac{1}{RePr} \nabla^2 T \quad (4)$$

Condições de Contorno e Inicias

$$\omega_z = \frac{\partial v_y}{\partial x} - \frac{\partial v_x}{\partial y} \quad (5)$$

$$\psi = \psi_0 \quad (6)$$

fig/triang.png

Coeficientes da Função de Forma

$a_i = x_j y_k - x_k y_j \,;\, b_i = y_j - y_k \,;\, c_i = x_k - x_j$
$a_j = x_k y_i - x_i y_k \,;\, b_j = y_k - y_i \,;\, c_j = x_i - x_k$
$a_k = x_i y_j - x_j y_i \,;\, b_k = y_i - y_j \,;\, c_k = x_j - x_i$

$$\mathbf{M} = \frac{A}{12}\begin{bmatrix} 2 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 2 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{B} = \begin{bmatrix} B_x \\ B_y \end{bmatrix} = \frac{1}{2A}\begin{bmatrix} b_i & b_j & b_k \\ c_i & c_j & c_k \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{G_x} = \frac{1}{6}\begin{bmatrix} b_i & b_j & b_k \\ b_i & b_j & b_k \\ b_i & b_j & b_k \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{G_y} = \frac{1}{6}\begin{bmatrix} c_i & c_j & c_k \\ c_i & c_j & c_k \\ c_i & c_j & c_k \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{K} = \mathbf{B}^T\mathbf{B}$$

$$A = a_i + a_j + a_k$$

Corrente-Vorticidade

$$\left(\frac{\mathbf{M}}{\Delta t} + \frac{1}{Re}\mathbf{K} + v_x\mathbf{G_x} + v_y\mathbf{G_y}\right)\omega_z^{n+1} = \left(\frac{\mathbf{M}}{\Delta t}\right)\omega_z^{n} + \frac{\mathbf{f}}{Re}$$

$$\mathbf{K}\psi = \mathbf{M}\omega_z^{n+1} + \mathbf{f}$$

$$v_x = \mathbf{G_y}\psi \quad , \quad v_y = -\mathbf{G_x}\psi$$

Transport de Calor

$$\left(\frac{\mathbf{M}}{\Delta t} + \frac{1}{RePr}\mathbf{K} + v_x\mathbf{G_x} + v_y\mathbf{G_y}\right)T^{n+1} = \left(\frac{\mathbf{M}}{\Delta t}\right)T^{n} + \frac{\mathbf{f}}{RePr}$$

fig/flux.png

Caso de Validação

fig/poi.png

images/mesh-poi.png

Parâmetros

$Re = 10$, $Pr = 1$, $\Delta t = 0.1$, 100 iterações

images/temp.png

(a) Temperatura

images/vel.png

(b) Velocidade

images/t_graph.png

images/v_graph.png

Solução analítica:

$$T = \frac{-15}{48}q + \frac{2}{Re(-\partial P/\partial x)}qx + 3q\left(\frac{y^2}{2} - \frac{y^4}{3}\right) \qquad u = 6y(1-y)$$

- Condições de contorno similares ao caso anterior
- Fluxo de calor $q = 1$ definido apenas nas regiões retangulares
- Mesmo número de Reynolds e Prandtl

fig/mesh-ru.png

Figure: Malha não estruturada obtida com o software Gmsh images/temp_r.png

(a) Temperatura

- Boa aplicação com a equação do transporte de calor
- Necessário aprimorar a metodologia para acomodar valores mais elevados de Re
- Formulação é melhor aplicada à casos 2D

Figure: Resultados preliminares de um problema de troca de calor conjugado

Obrigado!

fig/uerj.png