

# PME 2556 – Dinâmica dos Fluidos Computacional

Aula 12 – Modelo de Spalart-Allmaras

# Equação de transporte para a viscosidade turbulenta

- Dificuldades com modelos complexos levou a pesquisas para um modelo de uma equação.
- Solução: equação de transporte para a viscosidade turbulenta.
- Tensões de Reynolds são escritas simplesmente como:

$$\overline{u'_i u'_j} = -\nu_t \left( \frac{\partial U_i}{\partial x_j} + \frac{\partial U_j}{\partial x_i} \right)$$

# Modelo Spalart-Allmaras

$$\frac{\partial \tilde{\nu}}{\partial t} + \frac{\partial (U_j \tilde{\nu})}{\partial x_j} = \text{Produção de } \tilde{\nu} - \text{Destruição de } \tilde{\nu} + \text{Difusão de } \tilde{\nu}$$

$$\nu_t = f_{\nu_1} \tilde{\nu} \quad \text{onde} \quad f_{\nu_1} = \frac{\chi^3}{\chi^3 + C_{\nu_1}^3}$$

$$\text{com } \chi = \frac{\tilde{\nu}}{\nu} \text{ e } C_{\nu_1} = 7.1$$

Fonte: ANSYS CFX 14 Theory Guide, 2012.

# Modelo Spalart-Allmaras

**Kinematic Eddy Viscosity:**

$$\nu_T = \tilde{\nu} f_{v1} \quad (4.24)$$

**Eddy Viscosity Equation:**

$$\frac{\partial \tilde{\nu}}{\partial t} + U_j \frac{\partial \tilde{\nu}}{\partial x_j} = c_{b1} \tilde{S} \tilde{\nu} - c_{w1} f_w \left( \frac{\tilde{\nu}}{d} \right)^2 + \frac{1}{\sigma} \frac{\partial}{\partial x_k} \left[ (\nu + \tilde{\nu}) \frac{\partial \tilde{\nu}}{\partial x_k} \right] + \frac{c_{b2}}{\sigma} \frac{\partial \tilde{\nu}}{\partial x_k} \frac{\partial \tilde{\nu}}{\partial x_k} \quad (4.25)$$

**Closure Coefficients and Auxiliary Relations:**

$$c_{b1} = 0.1355, \quad c_{b2} = 0.622, \quad c_{v1} = 7.1, \quad \sigma = 2/3 \quad (4.26)$$

$$c_{w1} = \frac{c_{b1}}{\kappa^2} + \frac{(1 + c_{b2})}{\sigma}, \quad c_{w2} = 0.3, \quad c_{w3} = 2, \quad \kappa = 0.41 \quad (4.27)$$

$$f_{v1} = \frac{\chi^3}{\chi^3 + c_{v1}^3}, \quad f_{v2} = 1 - \frac{\chi}{1 + \chi f_{v1}}, \quad f_w = g \left[ \frac{1 + c_{w3}^6}{g^6 + c_{w3}^6} \right]^{1/6} \quad (4.28)$$

$$\chi = \frac{\tilde{\nu}}{\nu}, \quad g = r + c_{w2}(r^6 - r), \quad r = \frac{\tilde{\nu}}{\tilde{S} \kappa^2 d^2} \quad (4.29)$$

$$\tilde{S} = S + \frac{\tilde{\nu}}{\kappa^2 d^2} f_{v2}, \quad S = \sqrt{2 \Omega_{ij} \Omega_{ij}} \quad (4.30)$$

Fonte: ANSYS CFX 14 Theory Guide, 2012.

# Resultados

- Otimizado para escoamento em perfis de asa.
- Dá bons resultados para o escoamento em um alargamento brusco, sugerindo que também pode ser usado para escoamentos internos.
- Como a destruição da viscosidade turbulenta é relacionada com a distância até a parede, em escoamentos externos não detecta decaimento da turbulência.

# Bibliografia

B. E. Launder, D. B. Spalding, “Lectures in Mathematical models of turbulence”, Academic Press, 1972.

W. Rodi, “Turbulence models and their application in hydraulics”, state-of-the-art paper, IAHR, 1980.

D. C. Wilcox, “Turbulence Modeling for CFD”, 2nd Edition, DCW Industries, 2000.

ANSYS CFX 14 Theory Guide, 2012.