

SIMULAÇÃO DE ESCOAMENTOS TURBULENTOS EM AEROFÓLIOS

Aluno: Cesar Augusto L. L. Da Fonseca

Orientadores: Luiz Eduardo Bittencourt Sampaio e Angela Ourivio Nieckele

Introdução

Foi realizado um estudo numérico do escoamento aerodinâmico bidimensional, turbulento e incompressível, em torno de um aerofólio NACA0018, com ângulo de ataque de 6 graus. Neste escoamento de enorme importância para a indústria, estão presentes diversos fenômenos físicos importantes, típicos de regimes turbulentos e constantemente encontrados em outras aplicações. Entre eles, cita-se: desenvolvimento da camada limite, transição de regime laminar-turbulento, separação e posterior recolamento da camada limite, relaminarização, e formação de bolhas de recirculação.

Objetivos

Avaliar o desempenho de metodologias numéricas para modelagem de escoamentos turbulentos baseadas em média de Reynolds (Reynolds Average Navier-Stokes – RANS), e definir uma geometria computacional e uma malha de discretização espacial adequadas a futuras simulações numéricas tridimensionais envolvendo a metodologia de grandes escalas (Large-Eddy Simulations – LES). Esta última metodologia, tem-se mostrado bem superior à primeira (RANS) em termos de precisão [1], porém, bem mais onerosa computacionalmente, somente sendo viável com a utilização de processamento paralelo, de forma a viabilizar o tempo total de computação.

Metodologia

Para determinar o campo de velocidade e pressão ao redor de um aerofólio é necessário resolver as equações de conservação de quantidade de movimento linear (equação de Navier-Stokes) e de massa. Todo escoamento turbulento é tri-dimensional e transiente, porém estatisticamente, observa-se um comportamento bi-dimensional e permanente o que permite a obtenção de soluções simplificadas, porém satisfatórias do ponto de vista prático.

Na metodologia de Reynolds (RANS), (chamada média de Reynolds) realiza-se uma média temporal ou estatística sobre as equações originalmente transientes, o que lhes confere um caráter estacionário, no qual as variáveis resolvidas são não mais campos instantâneos, mas campos médios. No processo da média de Reynolds (temporal ou estatística) da equação de quantidade de movimento, surge um novo termo, oriundo da não comutatividade entre o operador média e o operador produto no termo não-linear advectivo. Este novo termo representa as ações das flutuações turbulentas no transporte de momentum médio, e normalmente é modelado supondo-se que essas ações são análogas às de um processo de mistura, no qual a taxa de difusão é tanto maior quanto maior for a intensidade turbulenta.

No presente trabalho realizaram-se simulações com três modelos de turbulência diferentes: modelo de Spallart Almaras [1] de uma equação diferencial e os modelos de duas equações diferenciais κ - ϵ [2] e κ - ω SST [3].

Utilizando o Método dos Volumes Finitos [4], as equações diferenciais parciais que governam o escoamento foram discretizadas com o esquema QUICK, gerando um sistema algébrico. Dois pacotes numéricos foram empregados: FLUENT, que é um pacote comercial e OpenFoam, que é uma plataforma aberta e gratuita. Diversas malhas foram investigadas.

Os resultados das simulações obtidos com os diferentes modelos de turbulência, malhas

e softwares de simulação foram comparados, visando determinar a configuração mais adequada para analisar o problema com a metodologia LES. Para selecionar a configuração mais adequada os resultados das previsões numéricas para campos de velocidade e pressão médios, energia cinética turbulenta, ponto de separação da camada limite sobre o aerofólio, e ponto de recolamento da mesma foram comparados com os dados obtidos experimentalmente por Nakano et al. [5].

As Figuras 1 e 2 ilustram o campo do módulo do vetor velocidade ao redor do aerofólio. A Figura 1 corresponde aos resultados obtidos com o FLUENT, com uma malha inicial gerada com o pacote comercial GAMBIT, enquanto a Fig. 2 corresponde a uma malha e simulação obtidos com o pacote OpeanFoam.

Observa-se que ambos os pacotes numéricos detectaram o ponto de estacção no nariz do aerofólio. Percebe-se ainda, a região de alta velocidade, correspondente a depressão da pressão na parte superior do mesmo. O início de formação de esteira na extremidade posterior do aerofólio também pode ser observado, indicando a formação de separação do escoamento.

Conclusões

Os resultados obtidos com o código aberto OpenFOAM foram ligeiramente melhores do que as obtidas com o Fluent, porém ainda não foram capazes de capturar as pequenas regiões de recirculação constatadas experimentalmente. Os resultados apontam para a necessidade de se utilizar modelagens numéricas mais sofisticadas para escoamentos turbulentos, tal como as Simulações de Grandes Escalas (LES).

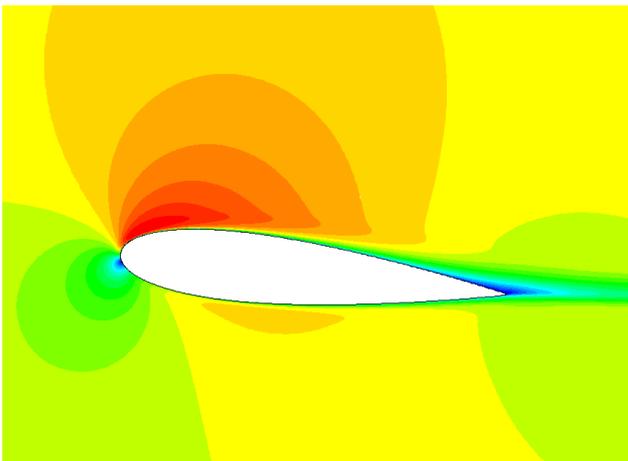


Figura 1 – Modelo κ - ϵ ; FLUENT

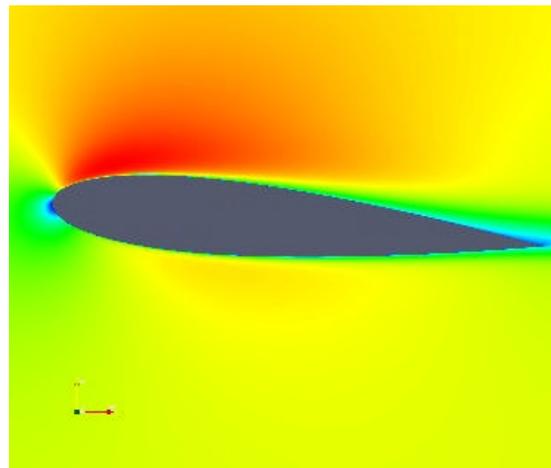


Figura 2 – Modelo κ - ϵ ; OpeanFoam

Referências

- 1 - SPALART, P. R.. **Strategies for turbulence modelling and simulations**. International Journal of Heat and Fluid Flow, 21:252-263, 2000.
- 2 - LAUNDER, B. E. AND SPALDING, D. B., 1974, The numerical computation of turbulent flows, **Computer Meth in Appl Mech and Eng**, Vol. 3(2), pp. 269-289.
- 3 - MENTER, F. R., KUNTZ, M. AND LANGTRY, R., 2003, Ten Years of Industrial Experience with the SST Turbulence Model”, **Proceedings of the 4th International Symposium on Turbulence, Heat and Mass Transfer**, pp. 625-632.
- 4 - PATANKAR, S. **Numerical heat transfer and fluid flow**. Hemisphere, New York, 1980.
- 5 - NAKANO, T., FUJISAWA, N., OGUMA, Y., TAKAGI, Y., LEE, S.. **Experimental study on flow and noise characteristics of NACA0018 airfoil**, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 95: 511-531, 2007.