

## ESCOAMENTO SOBRE UM DEGRAU

Djhon Coelho<sup>1</sup>; Élen Rodrigues<sup>2</sup>; Ana Souza<sup>3</sup>; Eliel Aquino<sup>4</sup>

1 Universidade Federal do Pará, *djhon@ufpa.br*

2 Universidade Federal do Pará, *cacaurodrigues007@hotmail.com*

3 Universidade Federal do Pará, *aninhacosta46@gmail.com*

4 Universidade Federal do Pará, *elielar22@gmail.com*

### Introdução

A análise e a compreensão de escoamentos viscosos ao redor de corpos tem sido fundamental para o desenvolvimento de muitas áreas do conhecimento e, em particular, da tecnologia. O desenvolvimento tecnológico propicia, também, o aparecimento de novas áreas de conhecimento. Entre estas novas áreas e entre aquelas já tradicionalmente estabelecidas pode-se identificar, com frequência cada vez maior, a necessidade do conhecimento e da análise de escoamentos ao redor de corpos com geometria complexa. Como geometrias complexas aqui se entendem: um aerofólio se movimentando na presença de uma superfície plana, com ou sem movimento de oscilação do corpo; o movimento das pás no interior de uma máquina de fluxo; o escoamento ao redor de um arranjo de cilindros, etc. Esta necessidade é encontrada nas aplicações de pequenas escalas e se estende até aquelas aplicações que se inserem nas maiores escalas. Entre as aplicações caracterizadas pelas pequenas escalas pode-se mencionar o resfriamento de componentes eletrônicos (que possuem uma forma rombuda), exigindo a movimentação do ar sobre eles. Nas maiores escalas mencionam-se o escoamento da água através dos grandes sistemas oceânicos utilizados para a exploração do petróleo no mar, o movimento do ar através dos conglomerados de edifícios, etc.; e nas escalas intermediárias, os exemplos são muitos: o cálculo das cargas aerodinâmicas que atuam sobre os veículos automobilísticos, sobre os cabos e torres das linhas de transmissão de energia, a análise do escoamento no interior das máquinas de fluxo, etc.

O presente trabalho tem como objetivo comparar os resultados obtidos numericamente com dados experimentais da literatura de forma a avaliar a qualidade de diversos modelos de turbulência.

Atualmente existe uma grande quantidade de modelos de turbulência disponível. Porém, apesar de muita pesquisa no campo da turbulência, não há nenhum modelo de turbulência que possa ser aplicado adequadamente a todos os tipos de escoamento. A modelagem da turbulência pode ser dividida nos seguintes campos primários (ordenados de acordo com a exigência computacional):

1. Simulação de Escoamentos Turbulentos via Equações de Médias de Reynolds (RANS – Reynolds Averaged Navier-Stokes).

As equações da técnica de RANS são obtidas através de um conjunto de médias das equações do Navier-Stokes e da continuidade. O elemento crítico da modelagem RANS é a representação das tensões de Reynolds ou tensões turbulentas que descrevem os efeitos das flutuações turbulentas de pressão e velocidades;

2. Simulação de Grandes Escalas (LES – Large Eddy Simulation).

Nesta técnica, as grandes escalas, consideradas como os turbilhões que contém energia, são calculadas diretamente e para as pequenas escalas utilizam-se modelos de escalas sub-malha. Neste caso, a formulação é necessariamente transiente e tridimensional.

3. Simulação Numérica Direta (DNS – Direct Numerical Simulations).

Onde as equações de Navier-Stokes tridimensionais e transientes são resolvidas sem modelagem, em malhas bastante refinadas com passos de tempo bem pequenos, a fim de capturar toda a gama de escalas turbulentas.

## Metodologia

Segundo Ferreira, (2006, p. 5) um estudo utilizando CFD consiste basicamente de quatro etapas detalhadas a seguir: construção de geometria, geração da malha, processamento e pós-processamento.

- **Construção das geometrias:** etapa extremamente trabalhosa consiste em construir, em software adequado, a geometria do domínio a ser simulado, no caso presente trabalho a superfície da área, aonde o fluido irá se propagar. Vale ressaltar que já nessa etapa são empregadas algumas hipóteses simplificadoras, pois nem todos os componentes do domínio são desenhados exatamente como são, para que na próxima etapa não ocorra erros. (FERREIRA, 2006, p. 5). Os valores usados para a altura foi de 1m e para o comprimento foi de 5m, para a confecção do retângulo no qual o fluido irá passar. Encontrando como uma barreira um degrau de forma ascendente.
- **Geração das malhas:** uma das etapas mais importantes em uma análise CFD, a geração da malha consiste em discretizar a geometria construída na etapa anterior em vários elementos volumétricos para que a utilização do método dos volumes finitos pelo solver seja possível (FERREIRA, 2006, p. 5). Portanto neste trabalho as subdivisões utilizadas na discretização do problema foi de 1 divisão para cada interface da geometria, sabendo-se que estas estarão divididas em 0,2 volumes finitos e os outros parâmetros do problema como entrada e saída, estão expostos na figura 2 abaixo. A malha foi estruturada para escoamento do fluido sobre a superfície as escada.
- **Processamento:** etapa principal, a análise propriamente dita, é a resolução das equações de conservação das quantidades físicas por um software CFD apropriado. É nessa etapa que são inseridas as condições de contorno do modelo e tem-se com resultados as variáveis desejadas (FERREIRA, 2006, p. 5). No problema descrito as condições de contorno são: modelo de turbulência, material fluido, velocidade na horizontal 28,6001m/s e número de Reynolds 36000.
- **Pós-processamento:** é a análise dos resultados provenientes do processamento. Nessa fase são identificados problemas relacionados a todas as etapas anteriores, como inconsistências na geometria, baixo nível de refinamento da malha em regiões de grandes gradientes, ou ainda erros de determinação das condições de contorno. Encontrados os problemas, volta-se ao passo referente, corrigi-se e a análise é reiniciada. (FERREIRA, 2006, p. 5). Já no seguinte problema após os processos descritos acima, o programa ANSYS 14.0 resolve as equações com os dados do problema descrito e cria uma simulação dos resultados expostos. Além disso, foram gerados dados de temperatura em função da distância de todos os modelos de resolução de problemas dispostos no software.
- 

## Resultados e discussão

Neste item vamos mostrar os resultados das simulações feitas, utilizando os modelos de turbulência  $\kappa$ - $\epsilon$  padrão,  $\kappa$ - $\epsilon$  realizável e o Reynolds Stress. Ambos estes modelos estão adotando o número de Reynolds de 36000 e uma velocidade de aproximadamente 28 m/s. Esta simulação tem por base o artigo Experimental study of turbulent separated and reattached flow over a finite blunt plate, dos autores M. Yaghoubi \*, S. Mahmoodi. Esse artigo tem por base um experimento de um escoamento de um fluido sobre uma superfície, com o intuito de extrair deste, velocidade,

turbulência, tamanho da recirculação. Este trabalho tem como intuito mostrar qual dos modelos citados acima é o mais viável para este tipo de escoamento.

Para a simulação foram usados os modelos: Modelo de turbulência  $\kappa$ - $\epsilon$  padrão, Modelo de turbulência  $\kappa$ - $\epsilon$  realizável e o Modelo de turbulência Reynolds Stress.

Com análise nas simulações obtidas pelo software ANSYS 14.0, tivemos a clareza de observar que o modelo mais acessível para este tipo de escoamento turbulento é o da figura 5, que no caso é o Modelo de turbulência  $\kappa$ - $\epsilon$  padrão, por possuir um padrão nos formatos das recirculações obtida.

### **Conclusões**

Concluimos que, a simulação feita no ANSYS 14.0, possui características e ferramentas propícias para qualquer tipo de escoamento, basta você saber qual método será mais eficaz para sua simulação. Este trabalho se preocupou em abordar a simulação do escoamento de um fluido sobre uma escada, na qual foi observada a interação deste com a superfície da geometria, levando em consideração o problema físico da turbulência. E além disso mostramos qual o modelo é mais viável para o método simulacional utilizado, sempre levando em consideração a ideia da refinagem da malha, que ta ligada ao resultado do escoamento e qual modelo computacional de turbulência mais acessível ao problema.

**Palavras chave:** Turbulência, Modelos, Escoamento

### **Referências**

FERREIRA, T. A. **Simulação numérica de ambientes com insuflamento de ar frio pelo piso:** estudo de sensibilidade de modelos de radiação e de densidade do ar. 2006. 121 f. São Paulo, São Paulo, 2006

MOURA, W. **Análise do Escoamento ao Redor de um Corpo Oscilante na Presença de uma Superfície Plana.** 2007. 108 f. Tese (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Instituto de Engenharia Mecânica. Universidade Federal de Itajaíba, Minas Gerais. 2007

PUC-RIO. Disponível em; <[http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/14607/14607\\_4.PDF](http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/14607/14607_4.PDF) >, Acesso em 15 de Janeiro de 2015.