

# ESTUDO NUMÉRICO DE UM ESCOAMENTO AERODINÂMICO EM UM MODELO DE ÔNIBUS UTILIZANDO OPENFOAM

Glademir Karpinski Júnior, glademir.karpinski.jr@gmail.com

Universidade de Passo Fundo - BR 285, Bairro São José - Passo Fundo/RS.

**RESUMO:** Otimização aerodinâmica de veículos terrestres juntamente com os métodos numéricos computacionais de simulação, vem sendo atualmente tema muito importante na indústria, pois são capazes de aumentar o desempenho, dirigibilidade e reduzir consumo de combustível a baixos custos e com relativa rapidez. As simulações numéricas computacionais são realizadas por uma série de métodos que diferem entre si por sua aplicação específica, mas todos têm como objetivo resolver as equações governantes do fenômeno estudado para as condições dadas. Tendo em vista tal panorama, este artigo resume um trabalho com grande revisão bibliográfica contendo tópicos métodos numéricos, aerodinâmica e turbulência, juntamente com a simulação de vários casos com dificuldade crescente culminando no Corpo de Ahmed, o modelo de ônibus utilizado em uma escala reduzida. Espera-se que este trabalho contribua para uma melhor compreensão das simulações computacionais, suas vantagens e limitações.

**PALAVRAS-CHAVE:** Métodos Numéricos, Método dos Volumes Finitos, Aerodinâmica

**ABSTRACT:** *Aerodynamics optimization of terrestrial vehicles with numerical simulation have been a important issue in the industry because they are capable of increasing performance, handling e reduce fuel consumption at low costs and relative quickly. Numerical simulations are performed by a variety of different methods with specific applications. This paper sums a work with large bibliography revision with topics in numerical methods, aerodynamics and turbulence. Later on were simulated several bodies with different scales finishing with Ahmed Body, the bus model used. One hopes that this paper improve the comprehension of computational simulations, its advantages and limitations.*

**KEYWORDS:** *Numerical Methods, Finite Volume Method, Aerodynamics*

## INTRODUÇÃO

Para a análise de problemas técnicos de engenharia, existem três tipos de abordagens: analítica, numérica e experimental. As abordagens analítica e experimental tem campos de atuação e limitações definidas, formando uma lacuna entre a teoria e a experimentação. O método numérico, utilizando-se de conceitos matemáticos e modelamento físico, preenchendo este hiato com baixo custo, rapidez e ampla aplicabilidade. Devido a estas características é ideal para problemas complexos da área de mecânica dos fluidos. A escolha de um modelo rodoviário de transporte de passageiros para análise aerodinâmica se deu pois há poucos estudos envolvendo tal situação. Os objetivos são compreender e aplicar os conceitos de mecânica dos fluidos utilizando os métodos numéricos para a análise aerodinâmica. Faz-se necessário um estudo mais aprofundado da mecânica dos fluidos computacional em conjunto com os métodos numéricos de solução, realizando uma análise de escoamentos e regimes aerodinâmicos.

## METODOLOGIA

No modelamento físico utilizou-se as equações diferenciais de conservação de energia, massa e quantidade de movimento, discretizadas pelo método dos volumes de controle para serem resolvidas computacionalmente e numericamente. Todos os escoamentos considerados aerodinâmicos em regime

permanente, incompressíveis sendo os modelos de turbulência k-e e RNGk-e. Para solução dos sistemas de equações resultantes usou-se o software OpenFOAM em conjunto com o Discretizer para pré-processamento, modelagem realizada no VariCAD demo e os resultados processados no ParaFOAM, em ambiente Linux. O hardware consistiu em dois modelos de notebooks, Lenovo G550 e HP DV6T Quad Edition. Os problemas foram elaborados e organizados em ordem de complexidade crescente sendo inicialmente descritos pelas equações conservativas, definidas as condições de contorno, modelados computacional e numericamente, discretizados e o sistema resultante solucionado. Após, os dados puros processados em informações gráficas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram realizadas 13 simulações ao todo, realizadas na seguinte ordem: 6 escoamentos potenciais em uma esfera, 1 escoamento turbulento em uma esfera, 4 escoamentos turbulentos em meia esfera e 2 escoamentos turbulentos em torno de um modelo normatizado pela SAE chamado Corpo de Ahmed, presente na Fig. 1.

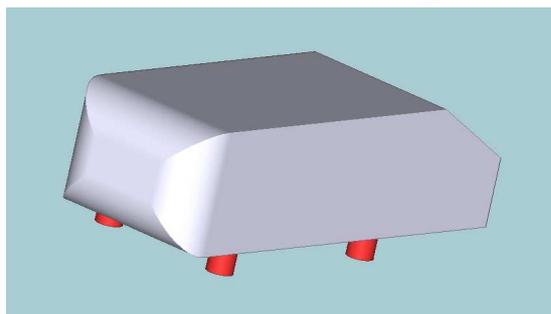


Figura 1: Corpo de Ahmed.

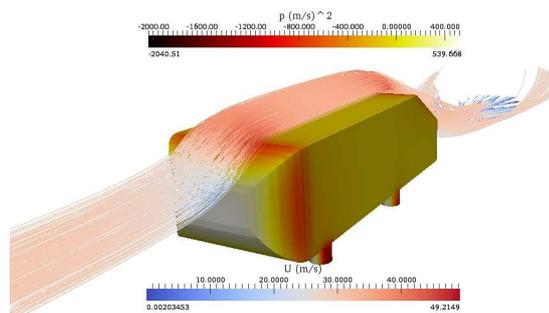


Figura 3: Linhas de corrente no corpo de Ahmed.

Nos escoamentos potenciais investigou-se a viabilidade de uma simulação simples e os efeitos da mudança de condições de contorno onde constatou-se aumento apenas nos escalares. Em relação ao primeiro escoamento turbulento foi sondada a aplicação de modelos de turbulência em objetos tridimensionais simples gerados em um CAD onde obteve-se resultados razoáveis com algumas inconsistências no objeto modelado. Seguiu-se uma averiguação do efeito das esteiras aerodinâmicas próximas a uma superfície plana, verificando uma distorção no perfil, causada pela baixa velocidade do escoamento próximo a parede além de uma mudança na distribuição de propriedades nos vórtices, não ocorrendo mais de forma simétrica, conforme Fig. 2.

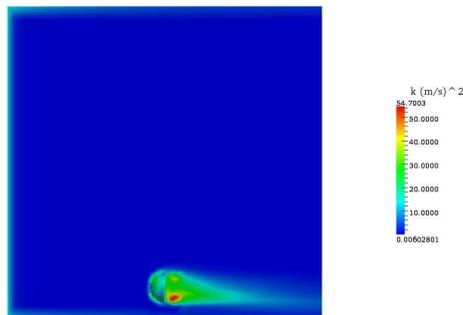


Figura 2: Perfil de Geração de Turbulência.

Finalmente com o modelo normatizado cada simulação ocorreu com uma geometria traseira diferente além de um canal com uma escala diferente mas com a mesma velocidade nas condições de contorno. Indagou-se sobre a influência da forma traseira no escoamento à jusante sendo que após as simulações foi constatado uma grande diferença entre ambos os casos. A influência do domínio, a partir dos dados computacionais, revelou que um canal menor restringe as perturbações do fluido pelo aumento da pressão dinâmica e as duas traseiras obtiveram escoamentos díspares, uma exibindo clássicos vórtices concentrados com baixa velocidade e pouca perturbação na dissipação enquanto outra demonstra uma vorticidade mais espalhada no modelo onde, apesar da velocidade não ser tão baixa, a turbulência é dissipada lentamente, conforme Fig. 3.

Pode-se afirmar que estes fenômenos em sua totalidade não tem como causa apenas as formas do modelo, pois o domínio pode atenuar o comportamento do escoamento.

## CONCLUSÃO

Com a revisão bibliográfica foi possível constatar a grande complexidade do assunto. Há limitações tecnológicas e conceituais sendo que as equações são duplamente aproximadas, ficando a fidelidade comprometida. Os métodos numéricos são úteis para a engenharia, cortando custos, mas devem ser acompanhados sempre de validações.

## REFERÊNCIAS

- Anderson, J.D., 2001 "Fundamentals of Aerodynamics", 3 ed. McGraw-Hill Inc, New York, EUA.
- Ferziger, J. and Peric, M., 2002, "Computational Methods for Fluid Dynamics", 3 ed., Springer-Verlag, Berlin, Alemanha.
- Good, G.M.L., Garry, K. P., 2004, "On the use of reference models in automotive aerodynamics" SAE Technical Paper Series. Detroit, EUA.
- Maliska, C.R., 2004, "Transferência de Calor e Mecânica dos Fluidos Computacional". 2 ed., LTC, Rio de Janeiro.

## DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

O autor é o único responsável pelo material impresso contido neste artigo.