TÍTULO DO RESUMO. PROJETO E AVALIAÇÃO DE DISPOSITIVOS PARA GERAÇÃO DE DOWNFORCE EM VEÍCULOS

William Marcelino Bitencourt (PIC/UEM), Nicholas Dicati Pereira da Silva (Orientador), Júlio César Dainezi de Oliveira . E-mail: ndpsilva@uem.br.

Universidade Estadual de Maringá, Centro de Tecnologia (CTC), Departamento de Engenharia Mecânica (DEM), Maringá, PR.

Área e subárea do conhecimento: Engenharias / Engenharia Mecânica.

Palavras-chave: Aerodinâmica Veicular; Downforce; Corpo de Ahmed; Simulação Computacional; CFD.

RESUMO

Este trabalho investiga, por meio de simulações numéricas, a influência de modificações geométricas na geração de downforce e no arrasto aerodinâmico de um corpo de Ahmed em configuração bidimensional (2D). O estudo objetiva avaliar o potencial de dutos internos e difusores como dispositivos para incrementar a carga vertical em veículos. A metodologia empregou o software ANSYS Fluent com o modelo de turbulência k-ω SST, analisando seis configurações: corpo base (rampa 30°), duto central, duto inclinado, três dutos paralelos, difusor simples e difusor duplo. Os resultados demonstraram que os dutos internos aumentaram a sustentação positiva entre 10,5% e 45,2%, não sendo eficazes para o propósito. Em contrapartida, o difusor duplo gerou downforce real (Cl = -0,549), com um aumento de arrasto de apenas 0,6% sobre a base, representando o principal achado. O difusor simples mostrou-se a melhor opção para redução de arrasto (-21,9%). Conclui-se que a geometria do difusor duplo é uma estratégia promissora para otimização aerodinâmica, enquanto os dutos internos não se mostraram viáveis.

INTRODUÇÃO

A aerodinâmica veicular é determinante para eficiência energética e estabilidade. O escoamento ao redor do veículo gera downforce, que aumenta a aderência ao solo, e arrasto, que impacta o consumo de combustível. O equilíbrio entre essas forças é um desafio no desenvolvimento automotivo, sendo investigado por experimentos em túneis de vento e, cada vez mais, por simulações computacionais (CFD). Este trabalho propõe avaliar, por meio do corpo de Ahmed, o efeito de modificações geométricas (dutos internos e difusores) na geração de downforce e na resistência aerodinâmica.

MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia baseou-se em simulações numéricas 2D no software ANSYS Fluent. O escoamento foi modelado como permanente e incompressível, adequado para prever descolamentos de camada limite. A geometria base foi o corpo de Ahmed, com ângulo de traseira de 30°, dimensões de 1.044 mm de comprimento e 288 mm de altura. O domínio computacional foi definido com dimensões de 5 vezes o comprimento do veículo a jusante e 2 vezes a montante e acima. Foram testadas seis configurações: modelo base; duto central (30 mm); duto inclinado (15°); três dutos paralelos (10 mm); difusor simples (15°); e difusor duplo (duto inclinado + difusor). A malha, gerada com a técnica BOI, variou entre 80.000 e 107.000 elementos. A condição de contorno de entrada foi de 40 m/s e o piso foi modelado como moving wall para simular o efeito solo. Os coeficientes de arrasto (Cd) e sustentação (Cl) foram calculados com base na área frontal do corpo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados, apresentados na Tabela 1, revelaram comportamentos distintos para cada configuração. O corpo base apresentou Cd = 0,516 e Cl = 2,189, servindo como referência. As configurações com dutos internos (duto central, duto inclinado e três dutos) mostraram um aumento generalizado da sustentação positiva, variando de +10,5% a +45,2%, além de, na maioria dos casos, também aumentarem o arrasto. Este resultado indica que a canalização do fluxo através do veículo não contribui para a geração de downforce.

Tabela 1 - Coeficientes aerodinâmicos comparação.

Configuração	Cd [N/m]	Cl [N/m]	Cd	Cl	ΔCd (%)	ΔCl (%)
Modelo Base	145,73	617,81	0,516	2,189	–	–
Duto central	152,17	897,17	0,539	3,179	+4,4	+45,2
Duto inclinado	142,57	741,31	0,505	2,627	-2,2	+20
Três dutos paralelos	148,20	682,55	0,525	2,418	+1,7	+10,5

Difusor	113,77	334,32	0,403	1,185	-21,9	-45,9
Difusor duplo	146,60	-154,96	0,519	-0,549	+0,6	-125,1

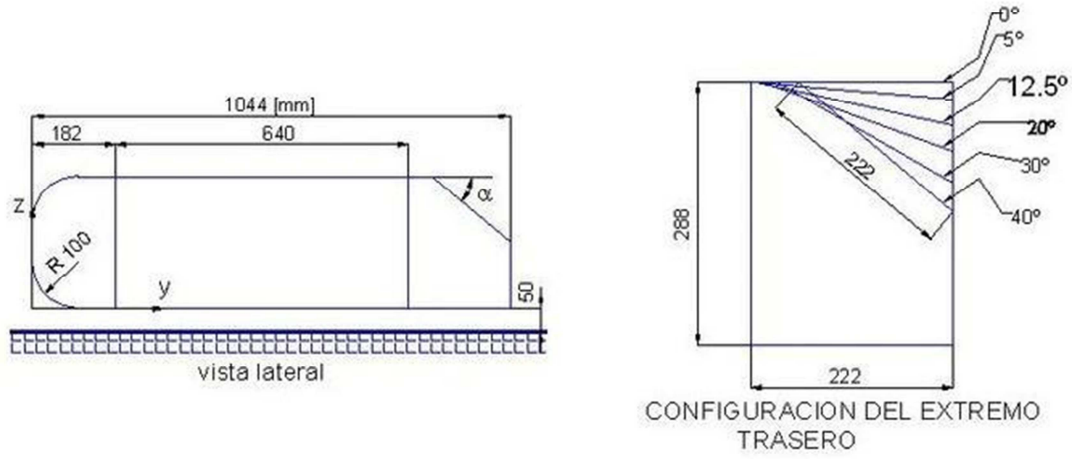


Figura 1 – Dimensões do modelo de Ahmed

Em contrapartida, a configuração com difusor simples demonstrou a melhor performance para redução de arrasto, com uma queda de -21,9%, e também reduziu significativamente a sustentação. O resultado mais expressivo foi obtido com o difusor duplo, que gerou downforce real (Cl = -0,549) com uma penalidade de arrasto de apenas +0,6% em relação à base. Este ganho é atribuído à aceleração do escoamento na região inferior do veículo, que reduz a pressão sob o corpo, gerando sucção. Os valores de Cd obtidos são condizentes com a literatura para simulações 2D, embora superestimem os valores tridimensionais devido à não captura dos vórtices laterais, um artefato do modelo.

CONCLUSÕES

Com base nas simulações realizadas, conclui-se que os dutos internos avaliados não são eficazes para a geração de downforce, resultando em um aumento indesejado da sustentação. Em contraste, a configuração com difusor duplo provou ser uma solução promissora, gerando downforce real com um impacto mínimo no arrasto. O estudo valida o uso de simulações 2D como uma ferramenta de triagem eficiente e de baixo custo computacional para a comparação de conceitos aerodinâmicos. Trabalhos futuros devem focar na validação experimental dos resultados e na extensão da análise para modelos tridimensionais, a fim de capturar com maior fidelidade os fenômenos da esteira turbulenta.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Programa Institucional de Iniciação Científica (PIC) da Universidade Estadual de Maringá (UEM) pelo suporte financeiro e pela oportunidade de desenvolvimento acadêmico e científico.

REFERÊNCIAS

Livro

ANDERSON, J. D. **Fundamentals of Aerodynamics**. 6. ed. New York: McGraw-Hill Education, 2017.

FOX, R. W.; MCDONALD, A. T.; PRITCHARD, P. J. **Introdução à Mecânica dos Fluidos**. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

Artigo de revista

AHMED, S. R.; RAMM, G.; FALTIN, G. Some salient features of the time-averaged ground vehicle wake. SAE Transactions, v. 93, p. 473-503, 1984. Disponível em: https://www.sae.org/publications/technical-papers/content/840300/. Acesso em: 20 fev. 2026.

HUMBERT, J. S.; OETTLE, N. R. A computational study of the Ahmed body with active flow control. Journal of Fluids Engineering, v. 142, n. 6, p. 061201, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1115/1.4046423. Acesso em: 15 jun. 2026.

WILLIAMS, D. R.; LEE, J. H. A review of experimental and numerical studies on the Ahmed body wake. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, v. 208, p. 104438, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jweia.2020.104438. Acesso em: 10 mar. 2026.