

Universidade Federal do Paraná  
Departamento de Engenharia Mecânica  
TM352 - Mecânica dos Fluidos II

## Exercícios de Análise Dimensional e Semelhança

por

*Prof. Christian Strobel, Ph.D.*

*"Não vamos entrar em pânico! Vou vender  
um de meus fígados, posso viver com  
um só..." - Homer J. Simpson*

### Exercícios

1. Considere uma esfera lisa, de diâmetro  $D$ , imersa em um fluido movendo-se com velocidade  $V$ . A força de arrasto sobre um balão meteorológico com  $3m$  de diâmetro, movendo-se no ar a  $1,5m/s$ , deve ser calculada partindo de dados de teste. O teste deve ser realizado na água usando um modelo com  $50mm$  de diâmetro. Sob condições de semelhança dinâmica, a força de arrasto sobre o modelo é medida como  $3,78N$ . Avalie a velocidade de teste do modelo e a força de arrasto esperada sobre o balão em escala natural. [  $V = 6,05m/s$  e  $F_D = 1,01N$  ]
2. O diâmetro,  $d$ , dos pontos impressos por uma impressora a jato de tinta depende da viscosidade  $\mu$ , massa específica,  $\rho$ , e tensão superficial,  $\sigma$ , da tinta, da distância,  $L$ , do bocal à superfície do papel, do diâmetro do bocal,  $D$ , bem como da velocidade do jato,  $V$ . Use a análise dimensional para encontrar os parâmetros  $\Pi$  que caracterizam o comportamento do jato de tinta. [  $\Pi_1 = \frac{d}{D}$  ;  $\Pi_2 = \frac{1}{Re}$  ;  $\Pi_3 = \frac{L}{D}$  e  $\Pi_4 = \frac{\sigma}{\rho V^2 D}$  ]
3. Em velocidades muito baixas, a força de arrasto sobre um objeto é independente da massa específica do fluido. Deste modo, a força,  $F$ , sobre uma pequena esfera, é uma função somente da velocidade,  $V$ , da viscosidade do fluido,  $\mu$ , e do diâmetro da esfera,  $D$ . Use a análise dimensional para determinar como a força de arrasto  $F$  depende da velocidade  $V$ . [  $\Pi = \frac{F}{\mu V D}$  ]
4. Em velocidades muito altas, o arrasto sobre um objeto é independente da viscosidade do fluido. Deste modo, a força de arrasto aerodinâmico,  $F$ , sobre um automóvel é uma função somente da velocidade,  $V$ , da massa específica do ar,  $\rho$ , e do tamanho do veículo, caracterizado por sua área frontal,  $A$ . Use a análise dimensional para determinar como a força de arrasto  $F$  depende da velocidade  $V$ . [  $\Pi = \frac{F A}{v^2 \rho}$  ]
5. Um navio deve ser movido por um cilindro circular rotativo. Testes de modelo são planejados para estimar a potência requerida para testar o cilindro-protótipo. Uma análise dimensional é necessária para transportar por escala os resultados dos testes do modelo para o protótipo. Liste os parâmetros que deveriam ser incluídos na análise dimensional. Faça uma análise

dimensional para identificar os grupo adimensionais importantes. [  $\Pi_1 = \frac{P}{\rho \omega^3 D^5}$  ;  $\Pi_2 = \frac{V}{\omega D}$  ;  $\Pi_3 = \frac{H}{D}$   
e  $\Pi_4 = \frac{\mu}{\rho \omega D^2}$  ]

6. Quando uma válvula é subitamente fechada num tubo em que escoava água, uma onda de pressão se desenvolve (martelo hidráulico ou golpe de aríete). As elevadas pressões geradas por essas ondas podem danificar o tubo. A pressão máxima,  $P_{max}$ , gerada pelo martelo hidráulico é uma função da massa específica do líquido,  $\rho$ , da velocidade inicial do escoamento,  $u_0$ , e do módulo de compressibilidade do líquido,  $E_v$ . Quantos grupos adimensionais são necessários para caracterizar o martelo hidráulico? Determine a relação funcional entre as variáveis em termos dos grupos  $\Pi$  necessários. [  $\Pi_1 = \frac{P}{\rho u_0}$  ;  $\Pi_2 = \frac{E_v}{\rho u_0}$  ]
7. Um automóvel deve trafegar a  $100 \frac{km}{h}$  em ar padrão. Para determinar a distribuição de pressão, um modelo em escala  $\frac{1}{5}$  deve ser testado em água. Que fatores devem ser considerados de modo a assegurar semelhança cinemática nos testes? Determine a velocidade da água que deve ser empregada. Qual a razão correspondente de forças de arrasto entre os escoamentos sobre o protótipo e sobre o modelo? [  $V = 9,51 \frac{m}{s}$  e  $\frac{F_{d,p}}{F_{d,m}} = 0,62$  ]
8. Uma aeronave deve operar a  $20 \frac{m}{s}$  no ar na condição padrão. Um modelo é construído em escala  $\frac{1}{20}$  e testado em um túnel de vento, com ar na temperatura padrão, para determinar o arrasto. Que critério deve ser considerado para se obter semelhança dinâmica? Se o modelo testado a  $75 \frac{m}{s}$ , que pressão deve ser usada no túnel de vento? Se a força de arrasto sobre o modelo for  $250N$ , qual será a força sobre o protótipo? [  $P = 5,38 \cdot 10^5 Pa$  e  $F_D = 1334,17N$  ]
9. Um modelo de torpedo em escala  $\frac{1}{5}$  é testado em um túnel de vento para determinar a força de arrasto. O protótipo opera em água, tem  $533mm$  de diâmetro e  $6,7m$  de comprimento. A velocidade de operação desejada é de  $28m/s$ . Para evitar efeitos de compressibilidade no túnel de vento a velocidade máxima é limitada em  $110 \frac{m}{s}$ . Entretanto a pressão no túnel de vento pode variar enquanto a temperatura é mantida em  $20^\circ C$  (Buscar propriedades para esta temperatura). Em que pressão mínima deverá operar para se obter um teste dinamicamente semelhante? Em condição de teste semelhante, a força de arrasto medida sobre o modelo foi de  $618N$ . Avalie a força de arrasto sobre o torpedo em escala natural. [  $P = 1,93MPa$  e  $F_D = 43,4kN$  ]