

$$\frac{\rho v_i^2}{2} + \rho g h_i + P_i = C \quad (4.14)$$

onde C é uma constante com unidade de pressão que depende da linha de fluxo escolhida e i é o índice das variáveis, aplicadas em cada ponto escolhido.

4.4.3 Viscosidade

Para manter um fluido viscoso escoando dentro de uma tubulação cilíndrica, percebe-se que uma diferença de pressão é necessária, e a *lei de Poiseuille* relaciona o fluxo obtido nestas condições:

$$\Phi = \frac{\pi R^4 \Delta P}{8 \eta L} \quad (4.15)$$

onde

Φ fluxo volumétrico na tubulação (m^3/s)

π pi, $\pi = 3,141596\dots$

R raio da tubulação (considerada cilíndrica)

ΔP diferença de pressão entre a entrada e a saída (sendo que na entrada ela é sempre maior)

η viscosidade do fluido ($\text{Pa}\cdot\text{s}$)

L comprimento da tubulação

4.5 Exercícios

Respostas no capítulo 6.

- Calcule as densidades dos seguintes objetos:
 - Um cubo, de lado 0,20 m e de massa 43 kg.
 - Um cilindro, de altura 37 cm, diâmetro 23 cm e massa 26 kg.
 - Uma gota, de massa 0,21 g e volume 0,20 cm^3 .
- Para os três recipientes da figura 4.6, calcule a pressão hidrostática nos pontos indicados. Utilize $P_0 = 0 \text{ Pa}$, $\rho = 1350 \text{ kg/m}^3$ e $h = 58 \text{ cm}$. Além disso, explique o padrão observado nos resultados.
- Calcule a pressão hidrostática nas seguintes condições (*quando necessário, recalcule a pressão atmosférica local utilizando a equação 4.4*):
 - Fundo de um copo de refrigerante pureza ($\rho = 1032 \text{ kg/m}^3$), 12 cm abaixo da superfície, na beira da praia do campeche.
 - Fundo de um copo de refrigerante pureza, 12 cm abaixo da superfície, mas agora no alto do monte Aconcágua, nos Andes (6962 m acima do nível do mar).

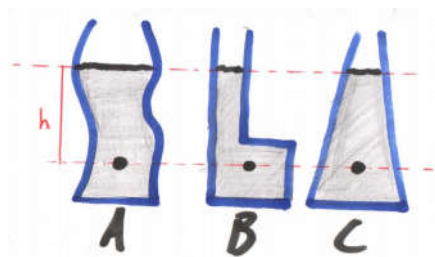


Figura 4.6: Três recipientes com fluido em equilíbrio hidrostático.

- (c) Fundo do mar Morto ($\rho = 1240 \text{ kg/m}^3$), 307 m abaixo da sua superfície. Considere também que a superfície do mar Morto está 417 m abaixo do nível do mar.
4. Durante o voo, é mantida dentro da cabine dos aviões comerciais uma pressão de cerca de $8,3 \times 10^4 \text{ Pa}$. Calcule a força (módulo e direção) exercida sobre uma de suas portas, de dimensões $2,1 \text{ m} \times 1,5 \text{ m}$, quando uma cabine com esta pressão está nos seguintes ambientes:
 - (a) Pista de pouso, nível do mar.
 - (b) Altitude de cruzeiro, 12000 km, com pressão atmosférica de 25 kPa.
 - (c) Fundo da Lagoa da Conceição, 13 m abaixo do nível do mar, com $\rho = 1010 \text{ kg/m}^3$.
5. Um navio possui um casco na forma de um paralelepípedo, com $75 \text{ m} \times 11 \text{ m}$ de base e 7,2 m de altura.
 - (a) Determine a sua massa, sabendo que quando ele flutua no mar fica com 4,3 m submersos.
 - (b) Se ele viajar até o mar Morto e lá ficar parado, qual será a sua nova submersão?
 - (c) Considerando o navio como um bloco maciço com as dimensões indicadas no enunciado, calcule a sua densidade. O resultado condiz com o esperado?
6. Qual é a massa máxima de mariscos que pode ser cultivada em uma fazenda no Ribeirão da Ilha, sendo que ela é composta de 18 barris de plástico de massa 42 kg e volume 270 L? Desconsidere o volume dos mariscos. (Dica quente: $1 \text{ L} = 0,001 \text{ m}^3 = 1000 \text{ cm}^3$)
7. Resolva novamente a questão anterior incluindo o volume que os mariscos possuem, considerando que a densidade deles seja 1300 kg/m^3 .
8. Um objeto de 15 kg e volume 10 L está amarrado por uma corda ao fundo de um recipiente preenchido por um fluido de densidade $\rho = 2300 \text{ kg/m}^3$ (como na figura 4.7). Calcule a tensão na corda.
9. O sistema de vasos comunicantes da figura 4.8 possui três colunas, sendo uma delas fechada. Dentro da coluna fechada está um gás com pressão uniforme P_3 . Sabendo que as densidades dos dois líquidos são $\rho_1 =$

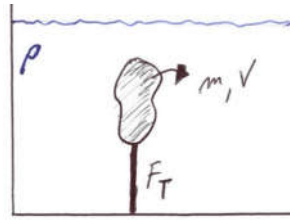


Figura 4.7: Objeto amarrado no fundo.

1000 kg/m^3 e $\rho_2 = 600 \text{ kg/m}^3$ e que $P_0 = 1,0 \text{ atm}$, $h_1 = 20 \text{ cm}$ e $h_3 = 5,0 \text{ cm}$ calcule a altura h_2 e a pressão P_3 .

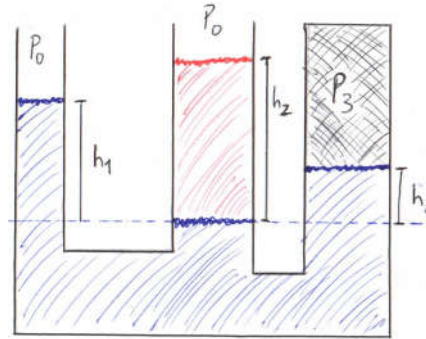


Figura 4.8: Três recipientes com fluido em equilíbrio hidrostático.

10. Em Manaus, o Rio Negro e o Rio Solimões se encontram para formar ~~uma~~ ~~dupla sertaneja~~ o Rio Amazonas. As velocidades médias e as vazões são, respectivamente, $2,0 \text{ km/h}$ e $28000 \text{ m}^3/\text{s}$ para o Rio Negro e $5,5 \text{ km/h}$ e $103000 \text{ m}^3/\text{s}$ para o Rio Solimões. Considere as velocidades uniformes em cada um dos rios e:
 - (a) Calcule a área transversal do Rio Negro.
 - (b) Calcule a área transversal do Rio Solimões.
 - (c) Calcule a velocidade do Rio Amazonas, supondo que a sua área transversal seja 80% da soma das áreas dos dois afluentes.
11. Considere um rio com um perfil dado pela figura 4.9, na forma de um triângulo retângulo. Supondo que a velocidade de escoamento dele independa do nível de água e seja $v = 2,00 \text{ m/s}$. Determine h sabendo que o fluxo é de $150 \text{ m}^3/\text{s}$.
12. Considere o sistema da figura 4.10, onde um tubo de Venturi é utilizado para oxigenar a água. Para isso, a água do tanque ($\rho = 1010 \text{ kg/m}^3$) é bombeada através do cano horizontal e gera uma diferença de pressão correspondente à coluna de água de altura h . Com $h = 2,3 \text{ m}$ e sabendo que a seção reta no gargalo é 10 vezes menor que no restante do tubo,

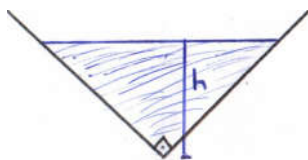


Figura 4.9: Rio triangular.

determine a velocidade mínima com a qual a água deve passar no ponto 2.

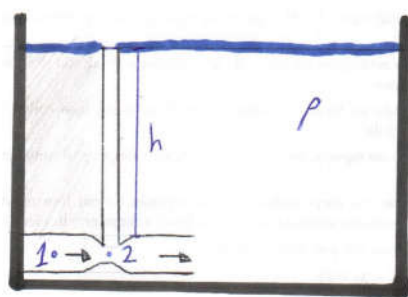


Figura 4.10: Tubo de Venturi

13. No sistema circulatório dos vertebrados o coração exerce uma diferença de pressão no sangue, fazendo-o fluir. Considere uma artéria cilíndrica de comprimento L . No caso 1, de uma pessoa saudável, ela tem um raio interno R_1 . No caso 2, há uma obstrução de 8%, com $R_2 = 0,92R_1$. Calcule a razão $\Delta P_2/\Delta P_1$, supondo que os fluxos sanguíneos sejam idênticos.

- (b) $F_N = 386 \text{ N}$
 (c) $F_N = 375 \text{ N}$
 (d) $F_N = 355 \text{ N}$
10. $F_T = 49 \text{ N}$
11. (a) $T = 3,9 \times 10^4 \text{ N}$
 (b) $T = 4,5 \times 10^4 \text{ N}$
 (c) $T = 3,2 \times 10^4 \text{ N}$
12. $a_{MAX} = 2,0 \text{ m/s}^2$
13. (a) Não.
 (b) $F = 55 \text{ N}$
 (c) $F = 86 \text{ N}$
 (d) $F = 50 \text{ N}$
14. (a) $T = 128 \text{ N}$
 (b) $a = 4,57 \text{ m/s}^2$
 (c) $T = 370 \text{ N}$
 (d) μ_E e μ_C não mudam, T sim.
 E atensão também muda,
 afinal ele está ébrio.
15. $v_1 = 85 \text{ m/s}$, $v_2 = 74 \text{ m/s}$ e
 $b_3 = 6,9 \text{ kg/s}$
16. $F_{at} = 15 \text{ N}$ e $a = 1,9 \text{ m/s}^2$
- 17.
18. $F = 300 \text{ N}$
19. (a) $W = 38 \text{ J}$
 (b) $W = -38 \text{ J}$
 (c) $W = 0 \text{ J}$
20. $h = 41 \text{ m}$
21. $E_C = 3 \times 10^{12} \text{ J}$
22. $h = 0,26 \text{ m}$
23. $\Delta x = 0,12 \text{ m}$
24. (a) $v = 5,7 \text{ m/s}$
 (b) $v = 7,2 \text{ m/s}$
25. (a) $m = 5000 \text{ kg}$
 (b) $p = 5,0 \times 10^4 \text{ kg.m/s}$
26. $p = 2500 \text{ kg.m/s}$ e $E_C = 6,2 \times 10^5 \text{ J}$
27. $\bar{F} = 609 \text{ N}$
28. $\tau_1 = 7,1 \text{ N.m}$, $\tau_2 = 7,5 \text{ N.m}$ e
 $\tau_3 = 6,5 \text{ N.m}$
29. Rotação no sentido horário em
 torno do eixo.

Fluidos

1. (a) $\rho = 5375 \text{ kg/m}^3$
 (b) $\rho = 1691 \text{ kg/m}^3$
 (c) $\rho = 1050 \text{ kg/m}^3$
2. $P_A = P_B = P_C = 7673 \text{ Pa}$
3. (a) $P = 102538 \text{ Pa}$ (1,0 atm)
 (b) $P = 46225 \text{ Pa}$ (0,46 atm)
 (c) $P = 3,84 \times 10^6 \text{ Pa}$
 (37,9 atm)
4. (a) 57 kN; De fora para dentro
 do avião.
 (b) 183 kN; De dentro para fora
 do avião.
- (c) 463 kN; De fora para dentro
 do avião.
5. (a) $m = 3,6 \times 10^6 \text{ kg}$
 (b) $h = 3,5 \text{ m}$
 (c) $\rho = 612 \text{ kg/m}^3$; Sim, é me-
 nor que a da água.
6. $m = 4,2 \text{ t}$
7. $m = 20 \text{ t}$
8. $F_T = 78 \text{ N}$
9. $h_2 = 33 \text{ cm}$, $P_3 = 102795 \text{ Pa}$
10. (a) $A = 50 \times 10^3 \text{ m}^2$
 (b) $A = 67 \times 10^3 \text{ m}^2$

(c) $v = 1,4 \text{ m/s} = 5,1 \text{ km/h}$

12. $v_2 = 6,7 \text{ m/s}$

11. $h = 8,66 \text{ m}$

13. $\Delta P_2/\Delta P_1 = 1,4$