TCM - Lista de Exercícios 2

Propriedades da água ($20^o\,C$):
$\rho = 998\,kg/m^3$ e $\mu = 0,001\,kg/(m \cdot s)$.

Equação de Bernoulli

Exercício 1. Um tanque contendo água, fechado e pressurizado, como mostra a figura 1, tem um orifício de $10\,cm$ de diâmetro na parte inferior, onde a água é descarregada para a atmosfera. O nível da água na superfície está $2,5\,m$ acima do nível na saída. A pressão do ar do tanque acima do nível da água é de $250\,kPa$ (absoluta) enquanto a pressão atmosférica é de $100\,kPa$. Desprezando todas as perdas, determine a vazão de descarga inicial da água do tanque. Resposta: $\dot{V} = 0,147\,m^3/s$.

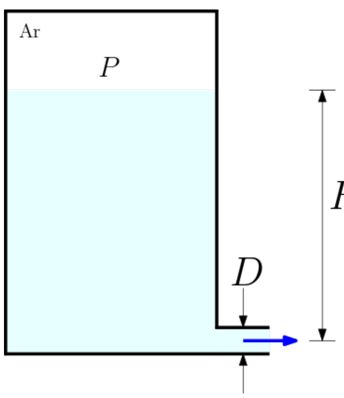

Figura 1: Tanque.

Exercício 2. Um tubo de Pitot como o da figura 2 é utilizado para medir as pressões estática e de estagnação (estática + dinâmica) em um tubo de água, como mostra a figura. Para as alturas das colunas de água indicadas, determine a velocidade no centro do tubo. Resposta: $1,53\,m/s$.

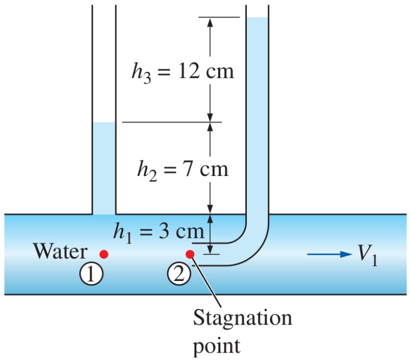

Figura 2: Pitot.

Exercício 3. Para o reservatório representado na figura 3, use a equação de Bernoulli para obter uma expressão para a distância X, que é a distância em que o jato livre de água irá alcançar na horizontal antes de tocar o chão. Para qual razão h/H essa distância X será máxima? Respostas: $X = 2\sqrt{h(H-h)}$; X será máximo para $h/H = 0,5$.

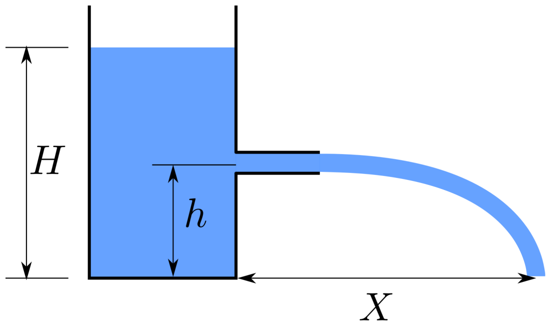

Figura 3: Reservatório.

Exercício 4. O tubo em U da figura 4 funciona como um sifão. O ponto mais alto deste tubo está a $1\,m$ acima da superfície livre da água, e a saída situa-se a $7\,m$ abaixo dessa superfície. Desprezando os efeitos viscosos, (a) determine a velocidade do jato livre e a pressão absoluta do fluido no ponto mais alto do sifão. Resposta: $11,7\,m/s$ e $22,8\,kPa$.

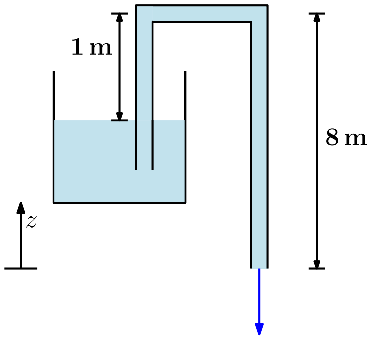

Figura 4: Sifão.

Equação da Energia

Exercício 5. Um conjunto bomba-motor consome $25\,kW$ de energia elétrica enquanto bombeia óleo ($\rho = 860\,kg/m^3$) a uma vazão de $0,1\,m^3/s$. Os diâmetros de entrada e saída do tubo são $8\,cm$ e $12\,cm$, respectivamente (ver figura 5). Se a elevação da pressão do óleo na bomba for medida como $250\,kPa$, determine a potência de bomba necessária para manter o escoamento. Resposta: $\dot{W}_{bomba} = 11,3\,kW$.

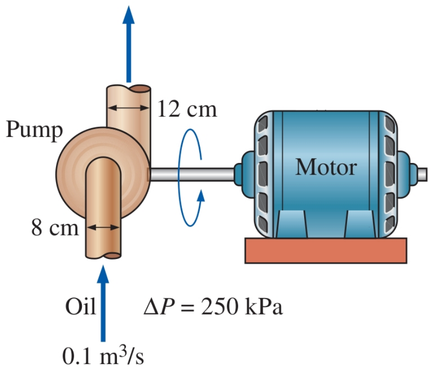

Figura 5: Bomba.

Exercício 6. Água entra em uma turbina hidráulica por meio de um tubo com $30\,cm$ de diâmetro e uma vazão de $0,6\,m^3/s$ e sai através de um tubo com $25\,cm$ de diâmetro, como mostra a figura 6. A queda de pressão na turbina é medida por um manômetro de mercúrio, sendo de $1,2\,mHg$. Determine o trabalho de turbina neste caso. Resposta: $\dot{W}_{turbina} = 72,6\,kW$.

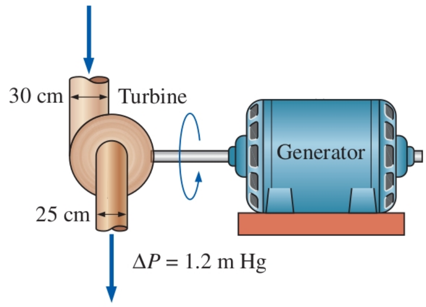

Figura 6: Turbina.

Exercício 7. O sistema *bomba-turbina* da figura 7 retira água do reservatório superior durante o dia para produzir energia elétrica para uma cidade. À noite, o sistema bombeia água do reservatório inferior para o superior para restaurar a situação. Para uma vazão de projeto de $56,8\,m^3/min$ em ambas as direções, a perda de carga por atrito é de $5,2\,m$. Calcule a potência em kW (a) extraída pela turbina e (b) entregue pela bomba. Respostas: (a) $\dot{W}_{turbina} = 3,06 \times 10^5\,W$; (b) $\dot{W}_{bomba} = 4,02 \times 10^5\,W$.

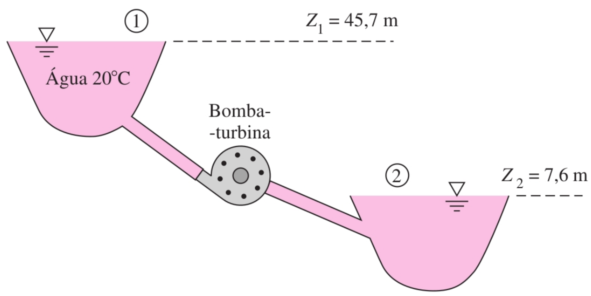

Figura 7: Bomba-turbina.

Exercício 8. Quando a bomba da figura 8 bombeia $220\,m^3/h$ de água do reservatório, a perda de carga total por atrito é de $5\,m$. O escoamento descarrega através de um bocal para a atmosfera. Calcule a potência da bomba em kW entregue para a água. Respostas: $33,73\,kW$.

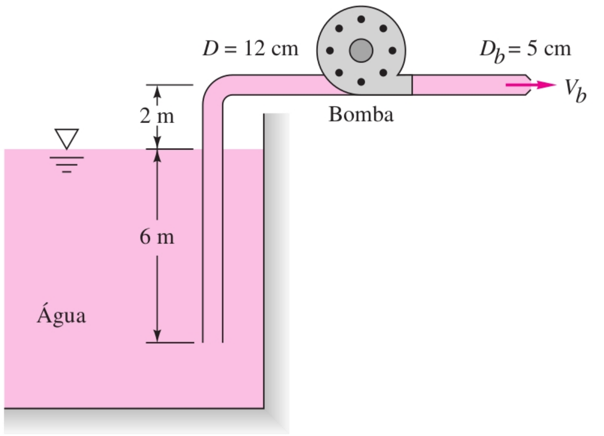

Figura 8: Bomba.

Exercício 9. Querosene a 20^oC ($\rho = 750\,kg/m^3$) escoa através da bomba da figura 9 a $65\,L/s$. As perdas de carga entre 1 e 2 são de $2,4\,m$ e a bomba entrega $8\,hp$ para o escoamento. Qual deve ser a leitura h do manômetro de mercúrio?

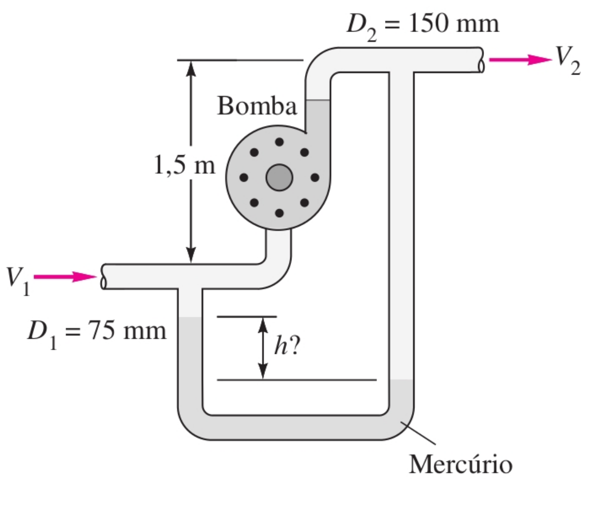

Figura 9: Bomba.

Exercício 10. No bocal da figura 10, o diâmetro de saída é de $2\,cm$. Sabendo que a eficiência da bomba é de 80%, e o fluido é água, calcule a potência necessária para que a altura no ponto mais alto do jato, A, seja a indicada. O ângulo entre o bocal e a horizontal é de 30^o. Resposta: $10,67\,kW$.

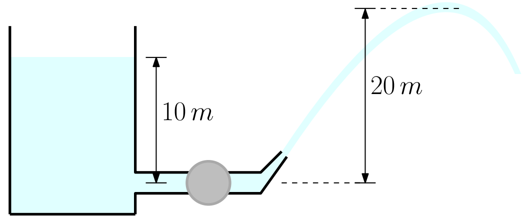

Figura 10: Bocal.

Equação do Momento

Exercício 11. Água escoa em regime permanente através do cotovelo de 90^o mostrado na figura 11. Na entrada do cotovelo, em 1, a pressão manométrica é $120\,kPa$ e a área da seção transversal é $0,01\,m^2$. Na saída, a área da seção transversal é $0,0025\,m^2$ e a velocidade média é $16\,m/s$. O cotovelo descarrega para a atmosfera. Determine a força necessária para manter o cotovelo no lugar. Resposta: $\vec{F} = (-1,36\hat{\imath} - 0,64\hat{\jmath})\ kN$.

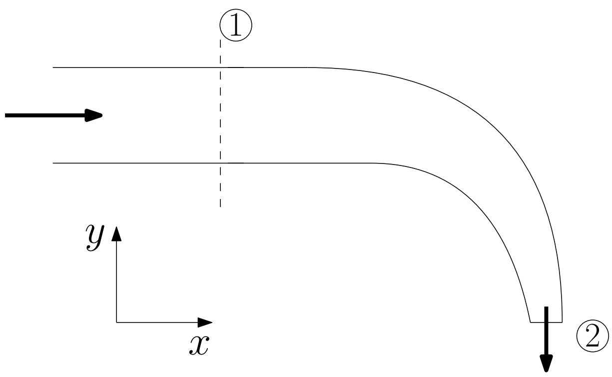

Figura 11: Cotovelo.

Exercício 12. Água escoa em regime permanente através do cotovelo de 180^o mostrado na figura 12. Na entrada do cotovelo, em 1, a pressão manométrica é $120\,kPa$ e a área da seção transversal é $0,01\,m^2$. Na saída, a área da seção transversal é $0,0025\,m^2$ e a velocidade média é $16\,m/s$. O cotovelo descarrega para a atmosfera. Determine a força necessária para manter o cotovelo no lugar. Resposta: $\vec{F} = (-2,0\hat{\imath} + 0\hat{\jmath})\ kN$.

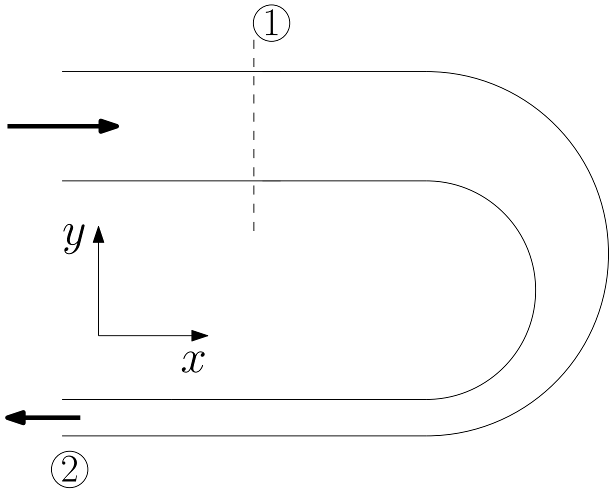

Figura 12: Cotovelo.

Exercício 13. Para a seção de redução do escoamento em um tubo (figura 13), $D_1 = 8\,\text{cm}$, $D_2 = 5\,\text{cm}$ e $p_2 = 1\,\text{atm}$. Se $V_1 = 5\,\text{m/s}$ e a leitura do manômetro é $h = 58\,\text{cm}$, estime a força total resistida pelos parafusos da flange. Resposta: $163\,\text{N}$.

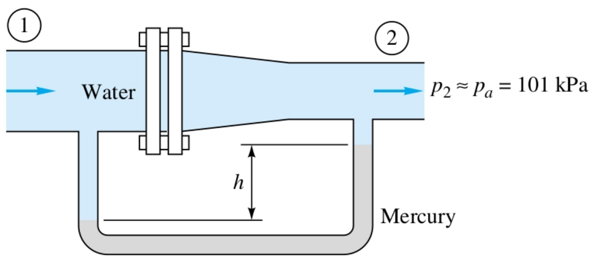

Figura 13: Escoamento em tubo.

Exercício 14. Água de um bocal estacionário é dirigida normalmente contra uma placa plana, como mostra a figura 14. O escoamento subsequente é paralelo à placa. Determine a força horizontal sobre placa. Dados: $V = 13\,m/s$; área de saída do bocal: $0,005\,m^2$. Resposta: $F = 845\,N$.

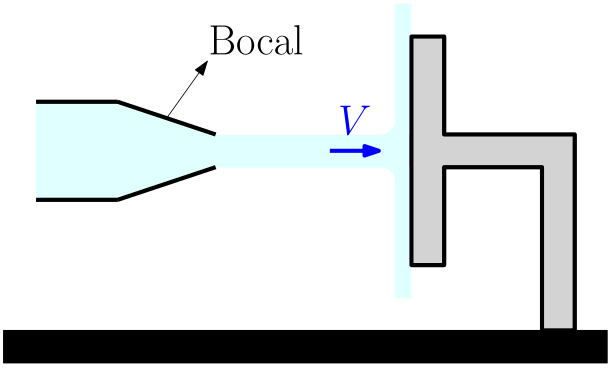

Figura 14: Placa.

Exercício 15. Um carro com uma superfície curva sobre ele é atingido por um jato de água, com velocidade $V = 12\,m/s$ e área de fluxo de $0,03\,m^2$, como mostra a figura 15. O carro está parado. Sabendo que $M = 300\,kg$, determine o ângulo θ que a superfície faz com a horizontal na saída da água. Resposta: $\theta = 71,4\,^o$.

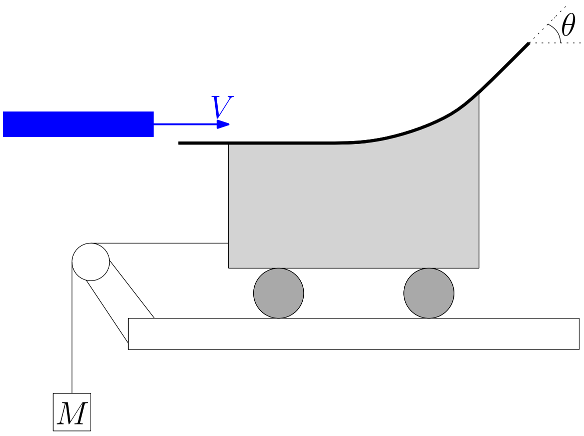

Figura 15: Carro.

Análise Dimensional

Exercício 16. Uma camada limite é uma região fina (geralmente ao longo de uma parede) na qual as forças viscosas são significativas e dentro da qual o fluxo é rotacional. Considere uma camada limite que cresce ao longo de uma placa plana fina (figura 16). O fluxo é estacionário. A espessura da camada limite δ em qualquer distância a jusante x é uma função de x, velocidade de corrente livre V, e propriedades do fluido ρ (densidade) e μ (viscosidade). Use o método de variáveis repetitivas para gerar uma relação adimensional para δ como uma função dos outros parâmetros.

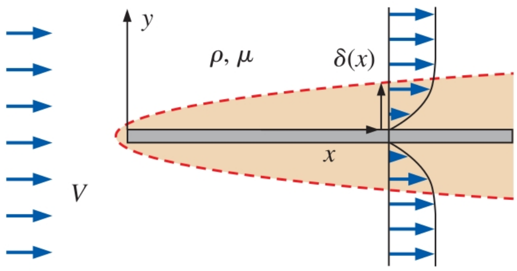

Figura 16: Camada limite.

Exercício 17. Gás escoa através de um furo em uma tubulação. A vazão deve ser expressa em termos das variáveis importantes do problema, quais sejam, a diferença de pressões ΔP, a viscosidade cinemática ν, a densidade ρ e o raio do furo, r. Mostre que

$$\frac{Q}{r^2\sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}}} = f\left(\frac{r}{\nu}\sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}}\right).$$

Exercício 18. Quando um fluido entra em um tubo e é acelerado linearmente a partir do repouso, ele começa a escoar como um escoamento laminar e em seguida sofre uma transição para a turbulência em um instante t_{tr}, que depende do diâmetro D do tubo, da aceleração a do fluido, da densidade ρ e viscosidade μ. Arranje esses termos em uma relação adimensional entre t_{tr} e D. Resposta: $t_{tr}\left(\frac{\rho a^2}{\mu}\right)^{1/3} = f\left(D\left(\frac{\rho^2 a}{\mu^2}\right)^{1/3}\right)$

Escoamento em Tubo

Exercício 19. Óleo ($\rho = 900\,kg \cdot m^{-3}$ e $\mu = 0,01\,kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}$) escoa a $0,1\,m^3/s$ através de um tubo de ferro fundido novo ($\epsilon = 0,26\,mm$) de $200\,m$ de comprimento e $200\,mm$ de diâmetro. Determine (a) a queda de pressão ΔP_L ao longo do tubo, (b) a perda de carga h_L e (c) a diferença de pressão entre a entrada e a saída, se o tubo tem um ângulo de aclive de 15^o no sentido do escoamento. Respostas: (a) $\Delta P_L = 110\,kPa$; (b) $h_L = \Delta P_L/(\rho g) = 12,5\,m$; (c) $\Delta P = P_1 - P_2 = 567\,kPa$.

Exercício 20. Água escoa em regime permanente em um tubo horizontal de $30\,m$ de comprimento e $5\,cm$ de diâmetro feito de aço inoxidável ($\epsilon = 0,002\,mm$) a uma vazão de $9\,L/s$ (figura 17). Determine (a) a queda de pressão ao longo do tubo e (b) a perda de carga. Resposta: $h_L = 10,1\,m$.

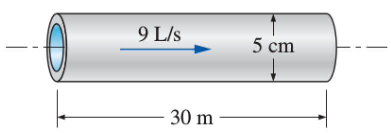

Figura 17: Tubo.

Exercício 21. Qual nível h deve ser mantido no tanque de água, representado na figura 18, para fornecer uma vazão de $0,425\,L/s$ pelo tubo de aço comercial ($\epsilon = 0,045\,mm$) de $13\,mm$ de diâmetro e $24,4\,m$ de comprimento? Resposta: $h \approx 22,1\,m$.

Exercício 22. O escoamento no tubo da fi-

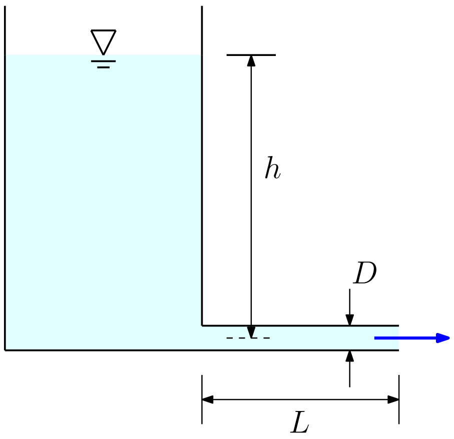

Figura 18: Tanque.

gura 19 é produzido pelo ar pressurizado no reservatório. Que pressão P_1 manométrica é necessária para fornecer uma vazão $\dot{V} = 60\, m^3/h$ de água? Resposta: $P_1 \approx 2,4\, MPa$.

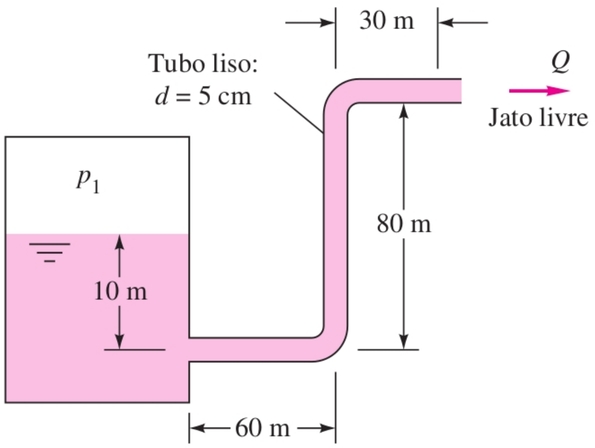

Figura 19: Reservatório.

Exercício 23. Água deve ser bombeada por um tubo de $610\, m$ do reservatório 1 para o reservatório 2 a uma taxa de $85\, L/s$, como mostra a figura 20. Se o tubo é de ferro fundido ($\epsilon = 0.25\, mm$) de $150\, mm$ de diâmetro, qual é a potência necessária, em kW, para a bomba?

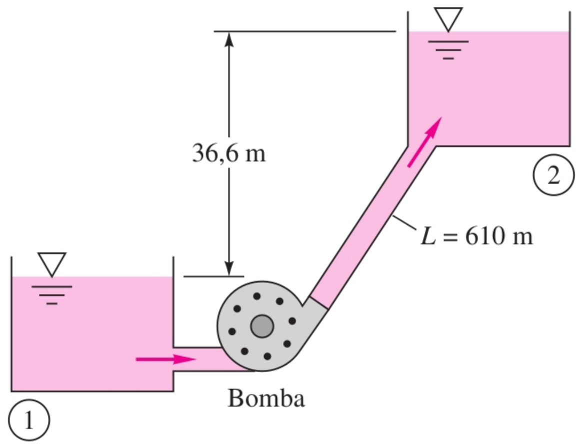

Figura 20: Reservatórios.