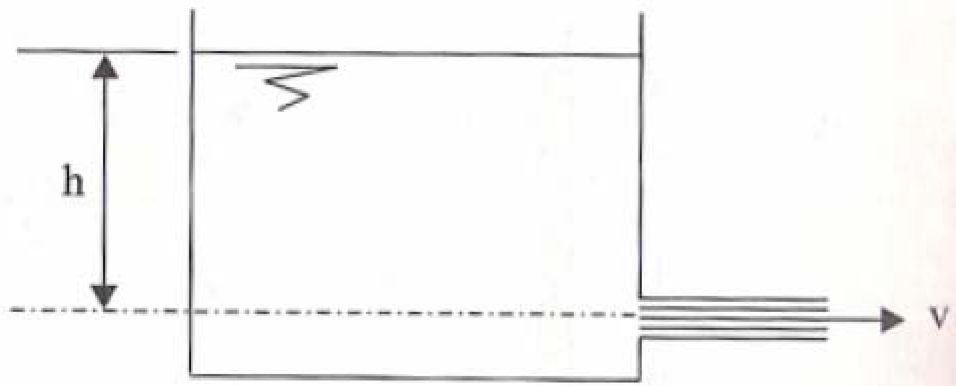
Resoluções dos exercícios do capítulo 4

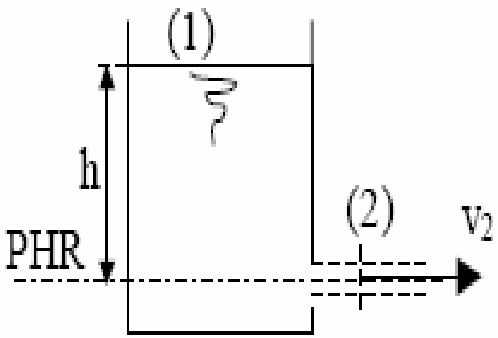
Livro professor Brunetti

4.1 – Determinar a velocidade do jato do líquido no orifício do tanque de grandes dimensões da figura. Considerar fluido ideal



Resp.: $v = \sqrt{2gh}$

Resolução do 4.1



$$\frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1 = \frac{v_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_2$$

$v_1 = 0 \rightarrow$ nível do fluido no reservatório

$p_1 = 0 \rightarrow$ p_{atm} na escala efetiva

$z_1 = h \rightarrow$ cota a partir do PHR

$v_2 \rightarrow$ é a incógnita

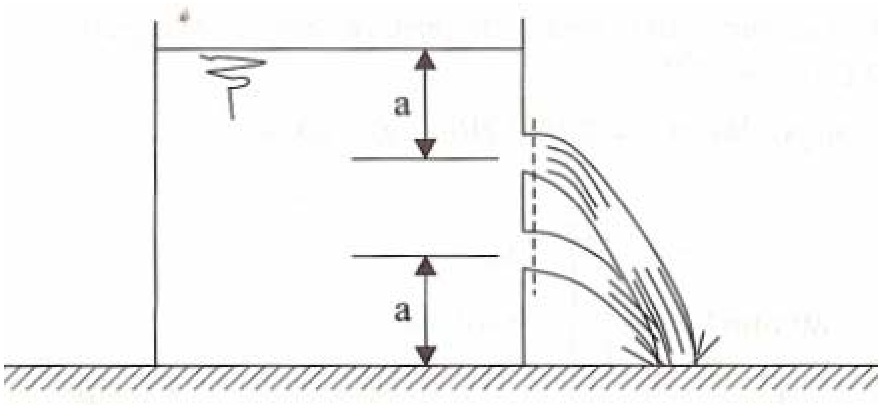
$p_2 = 0 \rightarrow$ p_{atm} na escala efetiva

$z_2 = 0 \rightarrow$ ponto no PHR

$$h = \frac{v_2^2}{2g} \rightarrow v_2 = \sqrt{2gh}$$

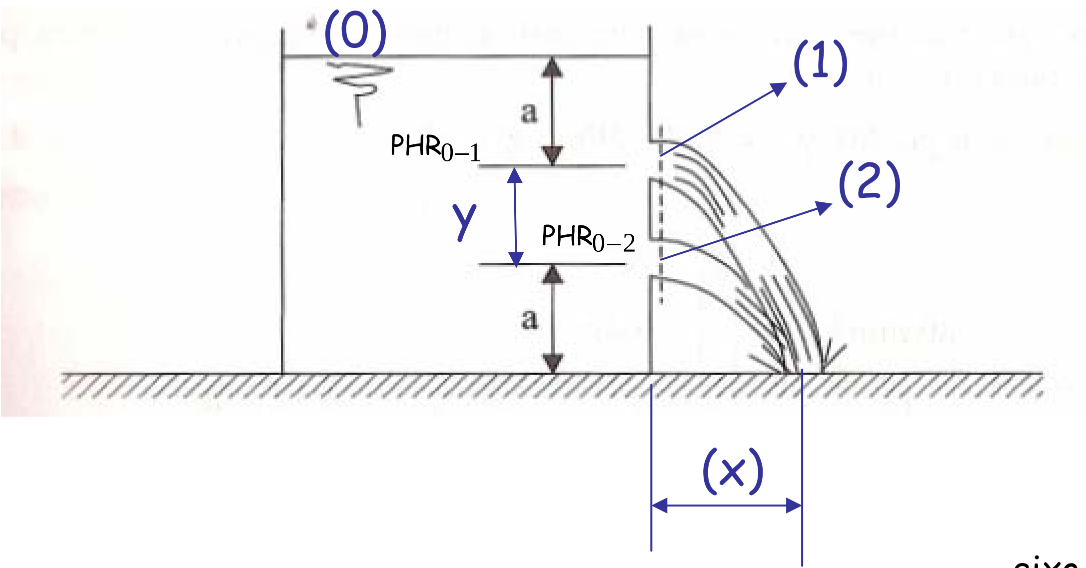
Exercício 4.2

Supondo fluido ideal, mostrar que os jatos de dois orifícios na parede de um tanque interceptam-se num mesmo ponto sobre um plano, que passa pela base do tanque, se o nível do líquido acima do orifício superior for igual à altura do orifício inferior acima da base.



Resolução do 4.2

Primeiro considera-se as seções especificadas na figura a seguir:



Equação de Bernoulli de (0) a (1)

$$H_0 = H_1 \therefore z_0 + \frac{p_0}{\gamma} + \frac{v_0^2}{2g} = z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g}$$

$$\therefore a = \frac{v_1^2}{2g} \Rightarrow v_1 = \sqrt{2ga}$$

Considerando o lançamento inclinado para esta situação tem-se:

$$\text{eixo } y \Rightarrow y + a = \frac{1}{2}gt^2 \therefore t = \sqrt{\frac{2(y+a)}{g}}$$

$$\text{eixo } x \Rightarrow x_1 = v_1 t \therefore x_1 = \sqrt{2ga} \times \sqrt{\frac{2(y+a)}{g}} = \sqrt{4a(y+a)}$$

Equação de Bernoulli de (0) a (2)

$$H_0 = H_2 \therefore z_0 + \frac{p_0}{\gamma} + \frac{v_0^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g}$$

$$\therefore a + y = \frac{v_2^2}{2g} \Rightarrow v_2 = \sqrt{2g(a+y)}$$

Considerando o lançamento inclinado para esta situação tem-se:

$$\text{eixo } y \Rightarrow a = \frac{1}{2}gt^2 \therefore t = \sqrt{\frac{2a}{g}}$$

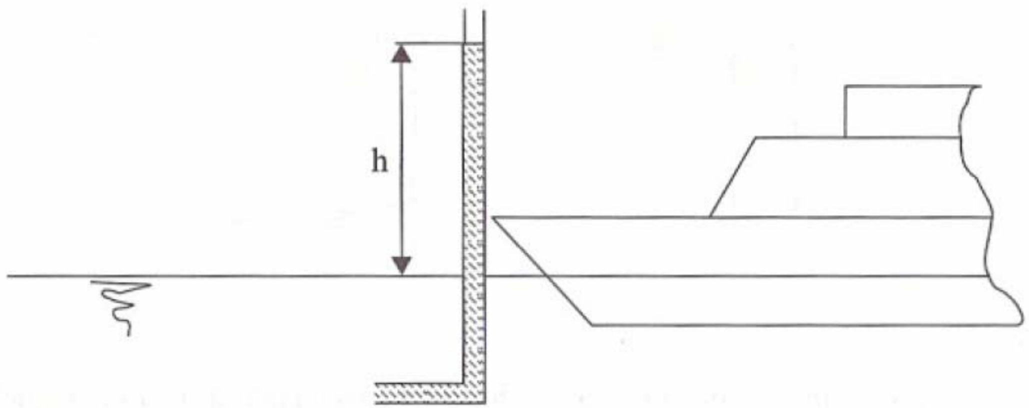
$$\text{eixo } x \Rightarrow x_2 = v_2 t \therefore x_2 = \sqrt{2g(a+y)} \times \sqrt{\frac{2a}{g}} = \sqrt{4a(y+a)}$$

Portanto: $x_1 = x_2 \Rightarrow$ cqd

4.3 - Está resolvido no sítio:

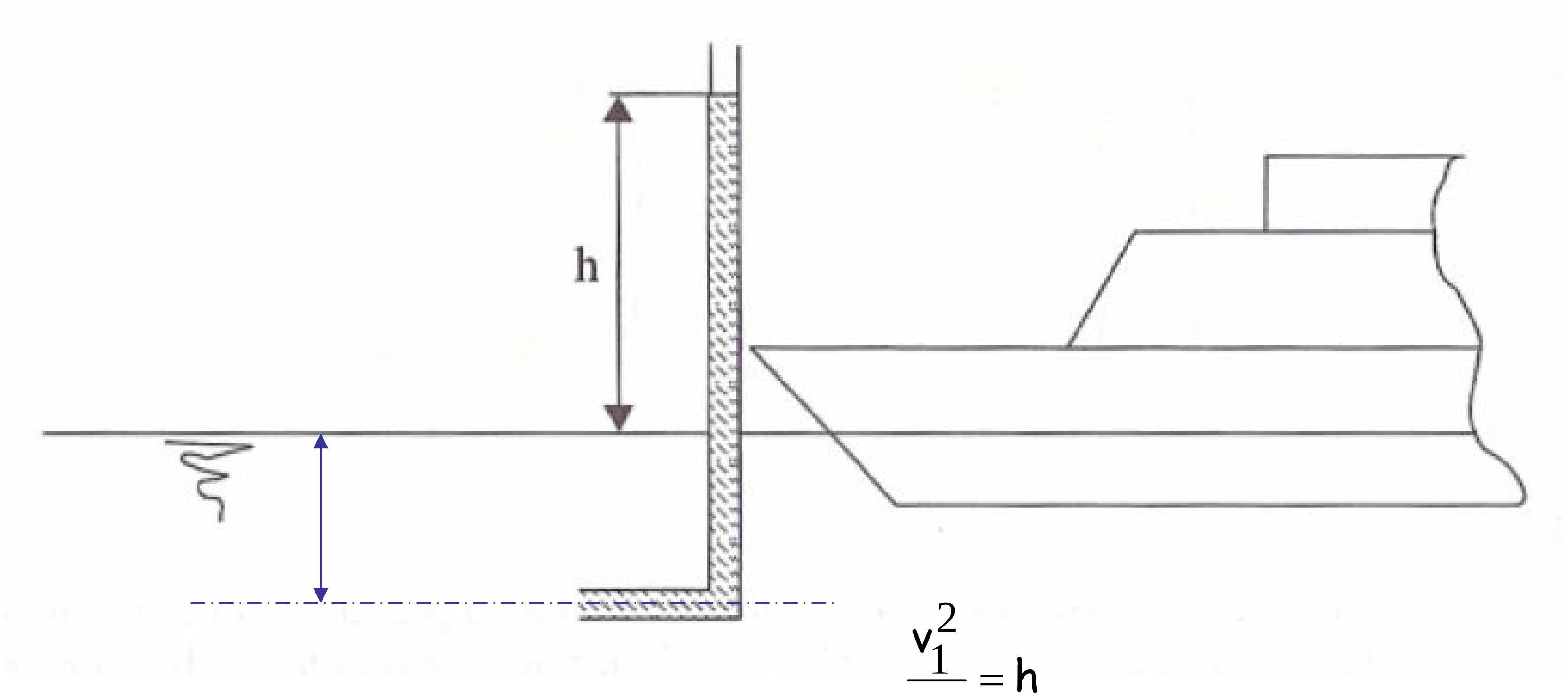
http://www.escoladavida.eng.br/mecflubasica/aulasfei/planejamento_fei.htm - na nona aula

4.4 - Um tubo de Pitot é preso num barco que se desloca com 45 km/h. qual será a altura h alcançada pela água no ramo vertical.



Resp.: h = 7,8 m

Resolução do 4.4

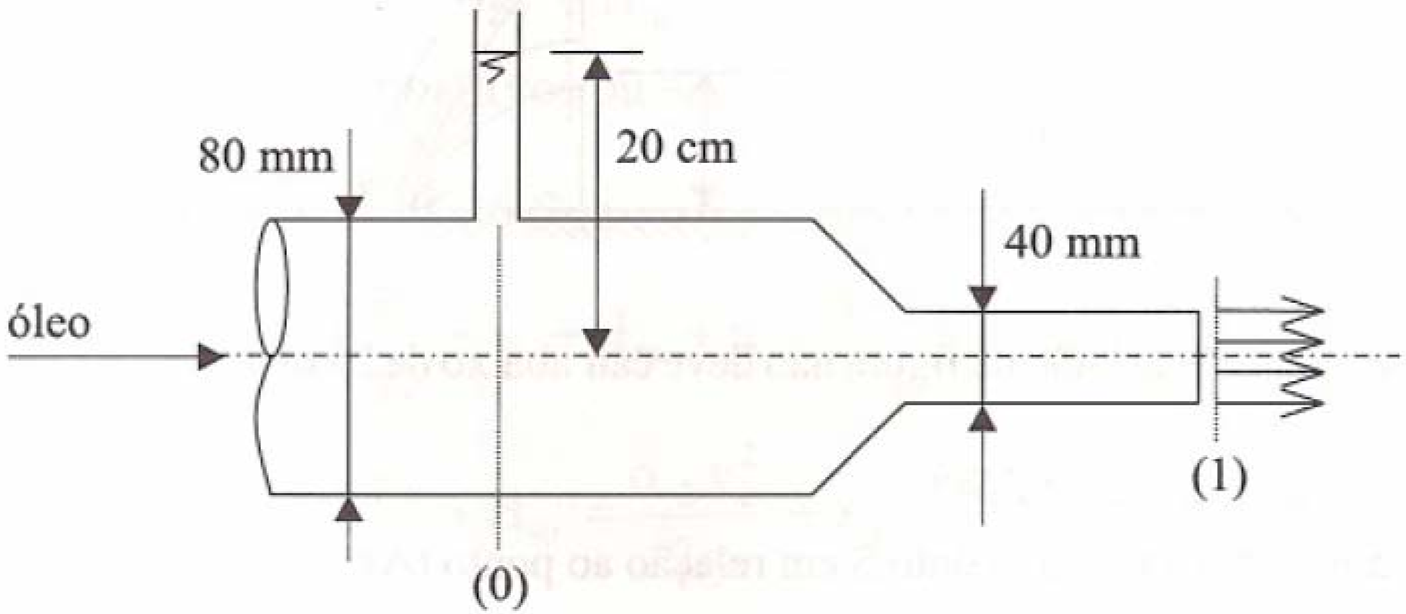


$$\frac{v_1^2}{2g} = h$$

$$\frac{\left(\frac{45}{3,6}\right)^2}{2 \times 10} = h \therefore h = 7,8125\,m \cong 7,8\,m$$

4.5 - Quais são as vazões de óleo em massa e em peso no tubo convergente da figura, para elevar uma coluna de 20 cm de óleo no ponto (0)?

Dados; desprezar as perdas; $\gamma_{óleo}$= 8.000 N/m^3; g = 10 m/s^2



Resp.: $Q_m = 2{,}1$ kg/s; $Q_G = 21$ N/s

Resolução do 4.5

$$\frac{v_0^2}{2g} + \frac{p_0}{\gamma} + z_0 = \frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1 \quad \text{e como} \quad \frac{p_0}{\gamma} = 0{,}2$$

$$\frac{v_1^2 - v_0^2}{2g} = 0{,}2 \quad \rightarrow \quad v_1^2 - v_0^2 = 4$$

$$v_0 \frac{\pi D_0^2}{4} = v_1 \frac{\pi D_1^2}{4} \quad \rightarrow \quad v_0 \times 80^2 = v_1 \times 40^2 \quad \rightarrow \quad v_1 = 4 v_0$$

Substituindo na anterior: $16 v_0^2 - v_0^2 = 4 \quad \rightarrow \quad v_0 = 0{,}52\,\text{m/s}$

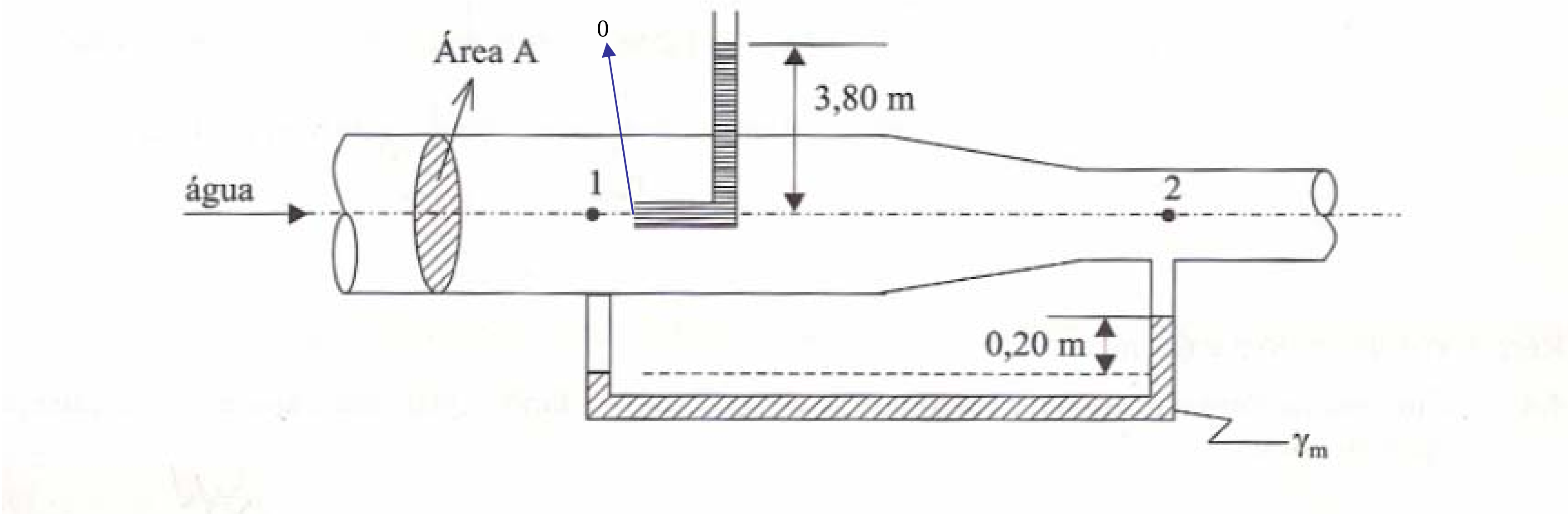
$$Q = v_0 \frac{\pi D_0^2}{4} \quad \rightarrow \quad Q = 0{,}52 \times \frac{\pi \times 0{,}08^2}{4} = 0{,}0026 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 2{,}6 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

$$Q_m = \rho Q = \frac{\gamma}{g} Q = \frac{8.000}{10} \times 0{,}0026 = 2{,}1 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$Q_G = g Q_m = 10 \times 2{,}1 = 21 \frac{\text{N}}{\text{s}}$$

4.6 Dado o dispositivo da figura, calcular a vazão do escoamento da água no conduto. Desprezar as perdas e considerar o diagrama de velocidades uniforme.

Dados: $\gamma H20 = 10^4$ N/m³; $\gamma m = 6 \times 10^4$ N/m³; $p_2 = 20$ kPa; $A = 10^{-2}$ m²; $g = 10$m/s².



Resp.: Q = 40 ℓ/s

$$H_1 = H_0 \Rightarrow z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = z_0 + \frac{p_0}{\gamma} + \frac{v_0^2}{2g}$$

$$z_1 = z_0 \Rightarrow p_1 + 0{,}2 \times \gamma_{H_2O} - 0{,}2 \times \gamma_m = p_2$$

$$\therefore p_1 = 20000 + 0{,}2 \times (60000 - 10000) = 30000 \frac{N}{m^2}$$

$v_1 = v_{média}$, já que as perdas foram desprezadas e se considerou o diagrama de velocidades uniforme

$$\frac{p_0}{\gamma} = 3{,}8m \rightarrow v_0 = 0$$

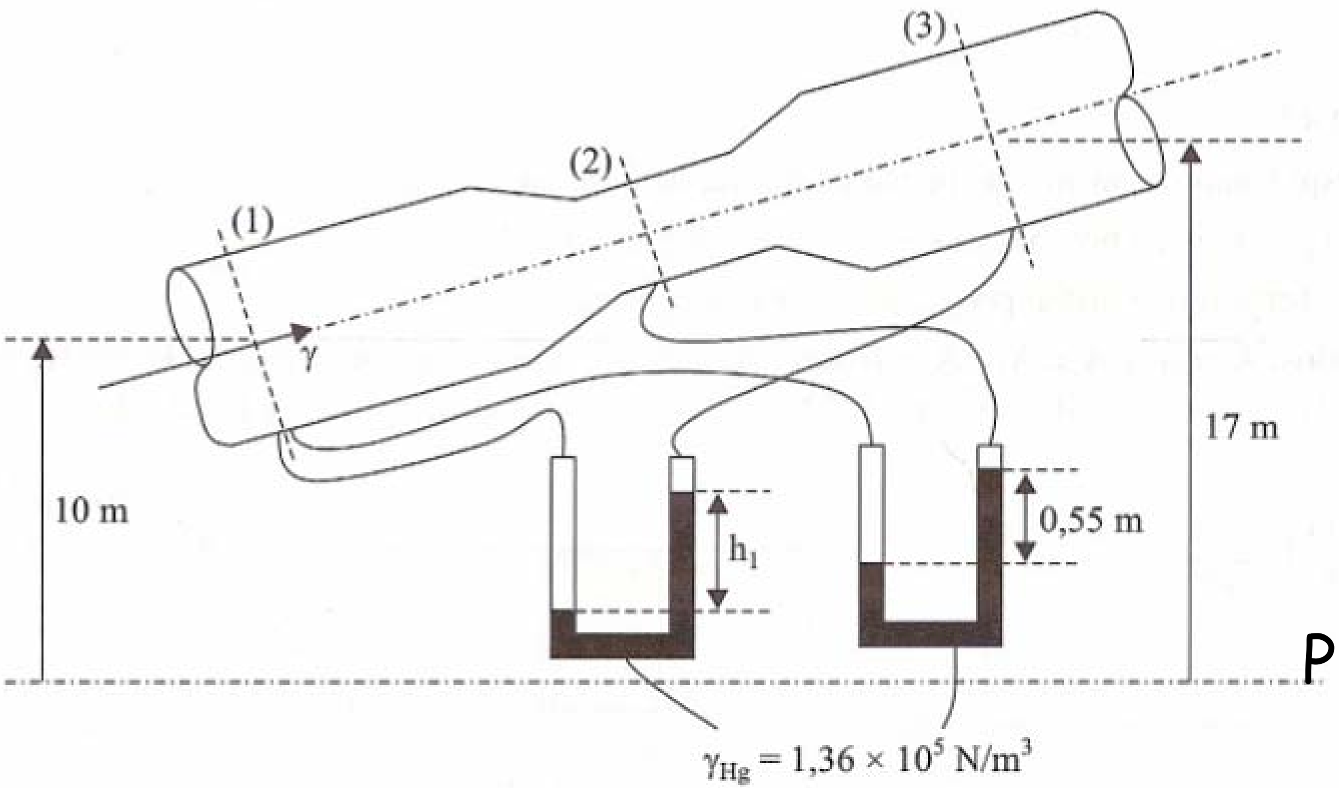
$$\therefore \frac{30000}{10000} + \frac{v_{média}^2}{20} = 3{,}8 \therefore v_{média} = \sqrt{0{,}8 \times 20} = 4 \frac{m}{s}$$

$$Q = v_{média} \times A = 4 \times 10^{-2} \frac{m^3}{s}$$

Portanto Q= 40 ℓ/s

4.7 – Está resolvido no sítio:
http://www.escoladavida.eng.br/mecflubasica/aulasfei/planejamento_fei.htm - na nona aula

4.8 No conduto da figura, o fluido é considerado ideal. Dados: H_1 = 16 m; P_1 = 52 kPa; $\gamma = 10^4\ N/m^3$; $D_1 = D_3$ = 10 cm. Determinar: a) a vazão em peso; b) a altura h_1 no manômetro; c) o diâmetro da seção (2).



Resp.: a) Q_G = 314 N/s; b) h_1 = 0; c) D_2 = 5,7 cm

PHR

a) $H_1 = H_3 \Rightarrow z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = z_3 + \frac{p_3}{\gamma} + \frac{v_3^2}{2g}$

Como $v_1 = v_3$, origina :

$$10 + \frac{52000}{10000} = 17 + \frac{p_3}{\gamma} \therefore \frac{p_3}{\gamma} = -1{,}8m$$

$$H_1 = H_2 = H_3 = 16m \therefore 16 = 17 - 1{,}8 + \frac{v_3^2}{20} \therefore v_3 = 4\frac{m}{s}$$

$$Q_G = \gamma \times v \times A = 10^4 \times 4 \times \frac{\pi \times 0{,}1^2}{4} = 314{,}2\frac{N}{s}$$

b) equação manométrica

$$52000 + h_1 \times 10000 - h_1 \times 136000 - 7 \times 10000 = -1{,}8 \times 10000$$

$$\therefore 52000 - 70000 + 18000 = 126000 \times h_1 \Rightarrow h_1 = 0$$

c) equação manométrica

$$52000 + 0{,}55 \times 10000 - 0{,}55 \times 136000 - (z_2 - 10) \times 10000 = p_2$$

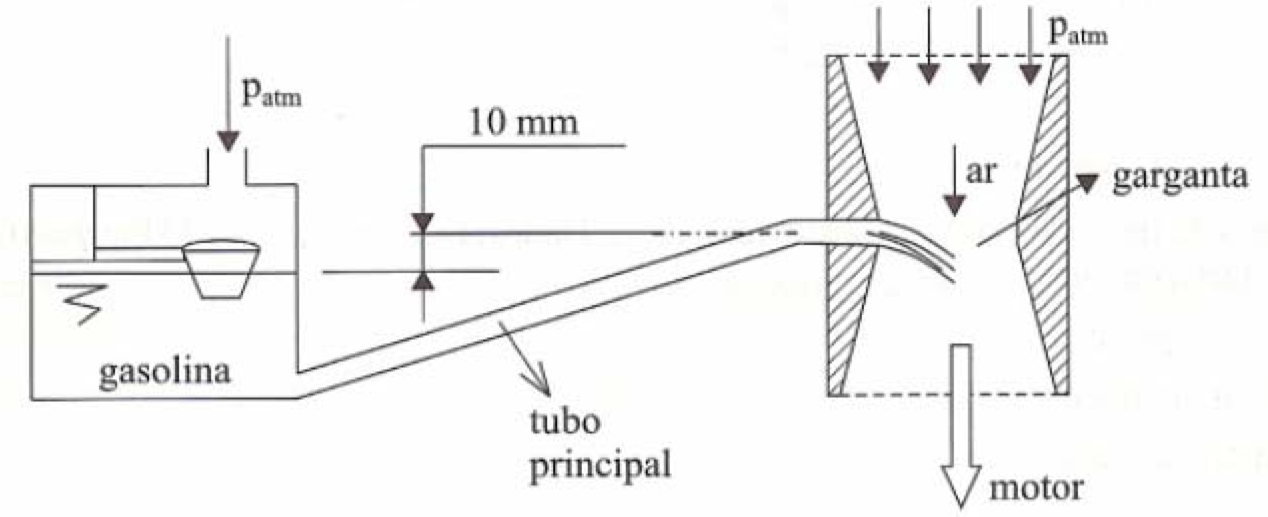
$$p_2 = 82700 - 10000 \times z_2 \Rightarrow \frac{p_2}{\gamma} = 8{,}27 - z_2$$

$$H_1 = H_2 \therefore 16 = z_2 + 8{,}27 - z_2 + \frac{v_2^2}{20} \therefore v_2 = 12{,}43\frac{m}{s}$$

$$Q_1 = Q_2 \therefore 4 \times \frac{\pi \times 0{,}1^2}{4} = 12{,}43 \times \frac{\pi \times D_2^2}{4} \therefore D_2 = \sqrt{\frac{4 \times 0{,}1^2}{12{,}43}} \cong 5{,}7 \times 10^{-2}m = 5{,}7cm$$

4.9 – Está resolvido no sítio:
http://www.escoladavida.eng.br/mecflubasica/aulasfei/planejamento_fei.htm - na nona aula

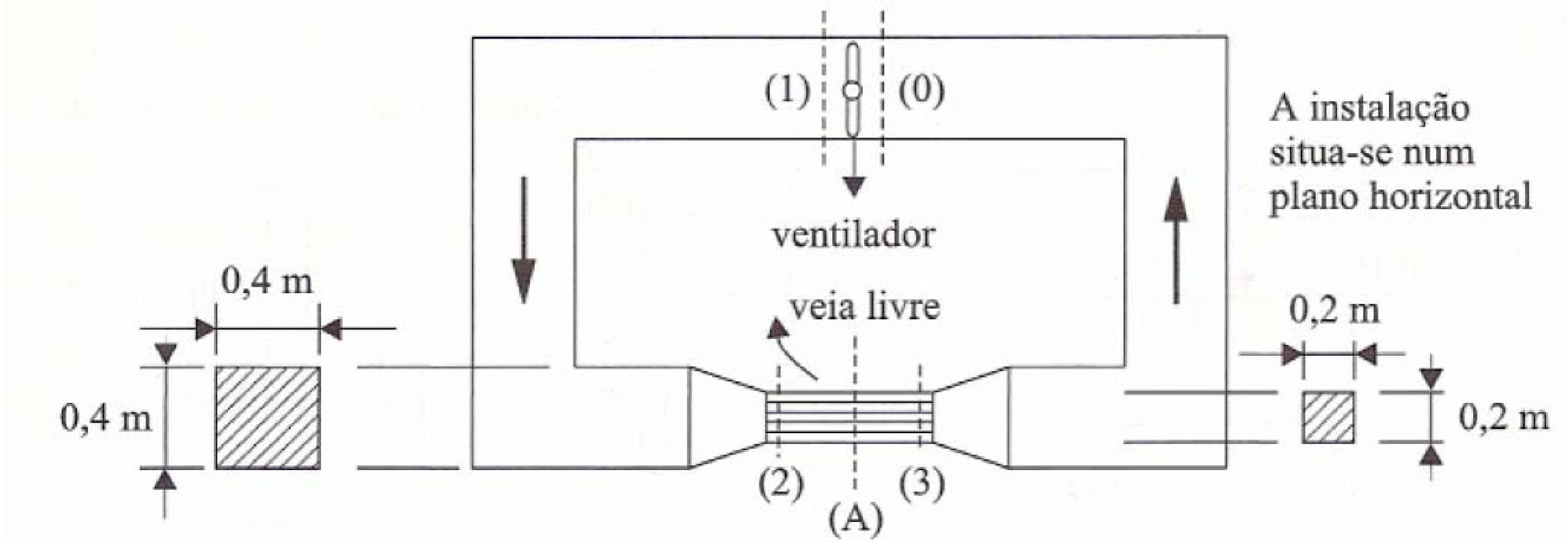
4.10 - Num carburador, a velocidade do ar na garganta do Venturi é 120 m/s. O diâmetro da garganta é 25 mm. O tubo principal de admissão de gasolina tem um diâmetro de 1,15 mm e o reservatório de gasolina pode ser considerado aberto à atmosfera com seu nível constante. Supondo o ar como fluido ideal e incompressível e desprezando as perdas no tubo de gasolina, determinar a relação gasolina/ar (em massa) que será admitida no motor. Dados:
ρ_{gas}= 720 kg/m³; ρ_{ar}= 1 kg/m³; g = 10 m/s²



Resp.: 0,0565

4.11 – Está resolvido no sítio:
http://www.escoladavida.eng.br/mecflubasica/aulasfei/planejamento_fei.htm - na décima aula

4.12 Um túnel aerodinâmico foi projetado para que na seção de exploração A a veia livre de seção quadrada de 0,2 m de lado tenha uma velocidade média de 30 m/s. As perdas de carga são: entre A e 0 →100 m e entre 1 e A → 100 m. Calcular a pressão nas seções 0 e 1e a potência do ventilador se seu rendimento é 70%. (γ_{ar} = 12,7 N/m³)



Respostas: Po = -734,2 Pa; P, = 1805,8 Pa; N_v = 4,36 kW

$$H_1 = H_A + H_{p_{1-A}} \Rightarrow z_1 + \frac{p_1}{\gamma_{ar}} + \frac{v_1^2}{2g} = z_A + \frac{p_A}{\gamma_{ar}} + \frac{v_A^2}{2g} + H_{p_{1-A}}$$

$$0 + \frac{p_1}{12{,}7} + \frac{v_1^2}{20} = 0 + 0 + \frac{30^2}{20} + 100 \Rightarrow \frac{p_1}{12{,}7} + \frac{v_1^2}{20} = 145$$

$$v_1 \times A_1 = 30 \times 0{,}2 \times 0{,}2 \therefore v_1 \times 0{,}4 \times 0{,}4 = 1{,}2 \therefore v_1 = 7{,}5\frac{m}{s}$$

$$p_1 = 12{,}7 \times \left(145 - \frac{7{,}5^2}{20}\right) \cong 1805{,}8\,Pa$$

$$H_A = H_0 + H_{p_{A-0}} \Rightarrow z_A + \frac{p_A}{\gamma_{ar}} + \frac{v_A^2}{2g} = z_0 + \frac{p_0}{\gamma_{ar}} + \frac{v_0^2}{2g} + H_{p_{A-0}}$$

$$\frac{30^2}{20} = \frac{p_0}{12{,}7} + \frac{7{,}5^2}{20} + 100 \Rightarrow p_0 = -734{,}2\,Pa$$

$$H_0 + H_v = H_1 \Rightarrow \frac{-734{,}2}{12{,}7} + H_v = \frac{1805{,}8}{12{,}7} \therefore H_v \cong 200\,m$$

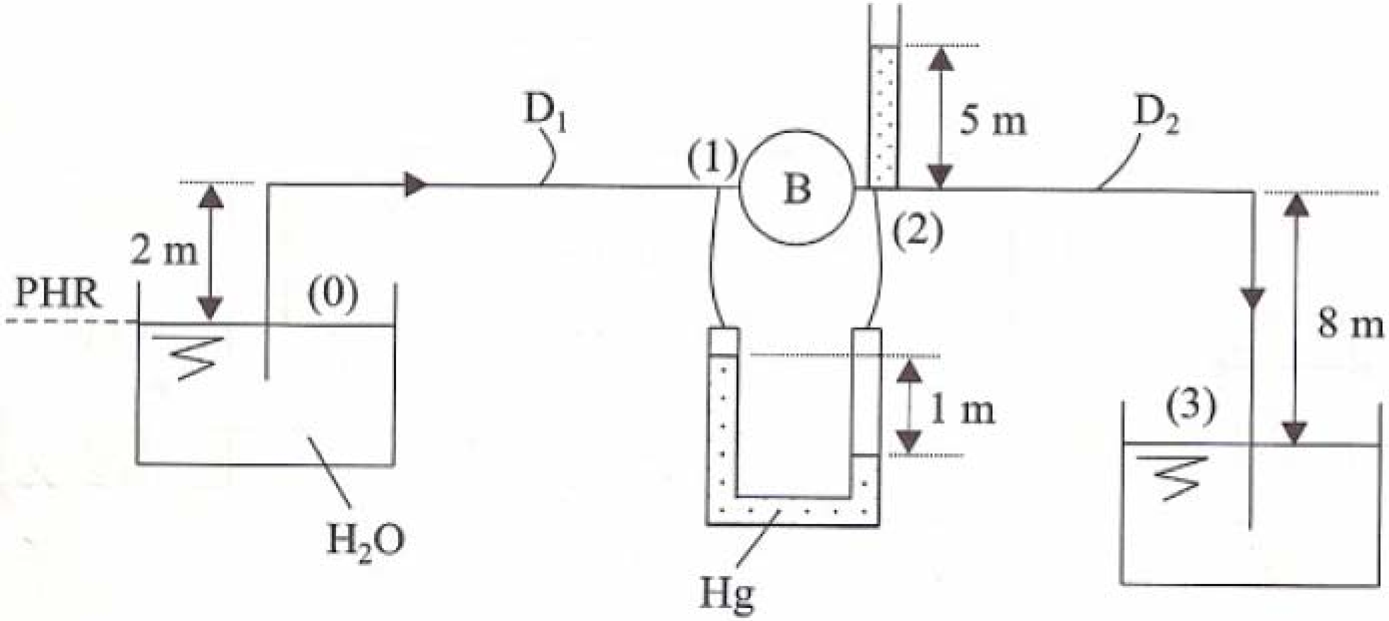
$$N_v = \frac{12{,}7 \times 30 \times 0{,}2 \times 0{,}2 \times 200}{0{,}7} \cong 4354{,}3\,w \approx 4{,}36\,kw$$

4.13 – Está resolvido no sítio:
http://www.escoladavida.eng.br/mecflubasica/aulasfei/planejamento_fei.htm - na décima aula

4.14 – Na instalação da figura, a carga total na seção (2) é 12 m. Nessa seção, existe um piezômetro que indica 5 m. determinar: a) a vazão; b) a pressão em (1); c) a perda de carga ao longo de toda a tubulação; d) a potência que o fluido recebe da bomba.

Dados :

$$\gamma_{H_2O} = 10^4 \frac{N}{m^3}; \gamma_{Hg} = 136000 \frac{N}{m^3}; h = 1m; D_1 = 6cm; D_2 = 5cm \text{ e } \eta_B = 0{,}8$$



Respostas: a) 19,6 ℓ/s; b) -76 kPa; c) 21,2 m; d) 3 kw

a) $H_2 = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} \therefore 12 = 2 + 5 + \frac{v_2^2}{20} \Rightarrow v_2 = 10\frac{m}{s}$

$$Q = 10 \times \frac{\pi \times 0{,}05^2}{4} \cong 0{,}0196\frac{m^3}{s} = 19{,}6\frac{l}{s}$$

b) $p_1 + 1 \times 136000 - 1 \times 10000 = 50000 \therefore p_1 = -76000\ Pa = -76\ kPa$

c) $v_1 \times A_1 = v_2 \times A_2 \therefore v_1 \times \frac{\pi \times 6^2}{4} = 10 \times \frac{\pi \times 5^2}{4} \therefore v_1 \cong 6{,}94\frac{m}{s}$

$$H_1 + H_B = H_2 \Rightarrow z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + H_B = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g}$$

$$2 - \frac{76000}{10000} + \frac{6{,}94^2}{20} + H_B = 2 + 5 + \frac{10^2}{20} \therefore H_B = 15{,}2\ m$$

$$H_0 + H_B = H_3 + H_{pT} \Rightarrow 0 + 15{,}2 = -6 + H_{pT} \therefore H_{pT} = 21{,}2\ m$$

d) $N = \gamma \times Q \times H_B = 10000 \times 19{,}6 \times 10^{-3} \times 15{,}2 \cong 2979{,}2\ w \approx 2{,}98\ kw$

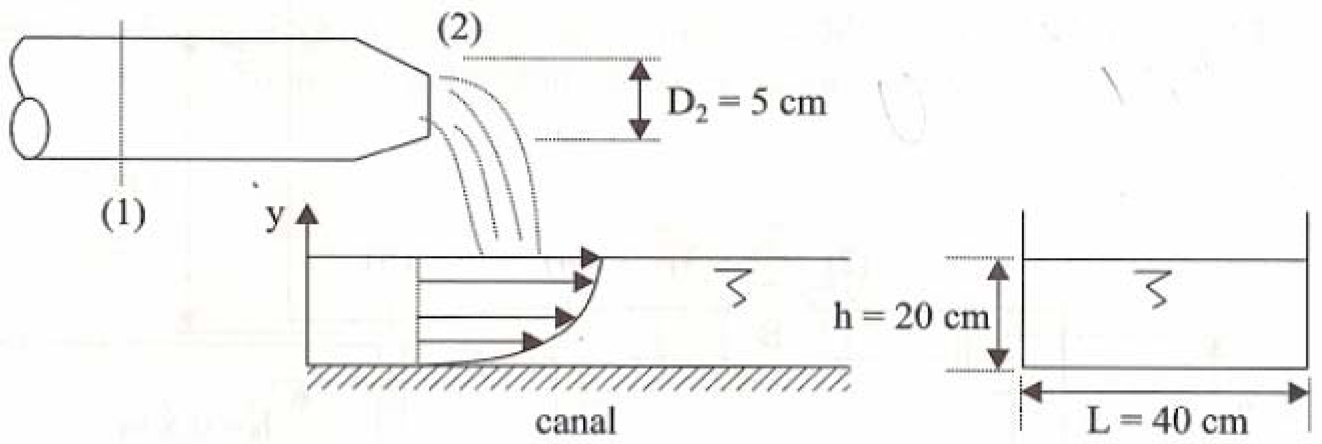
4.15 O bocal da figura descarrega 40 ℓ/s de um fluido de $\nu = 10^{-4} m^2/s$ e $\gamma = 8.000$ N/m^3 no canal de seção retangular. Determinar:

a) a velocidade média do fluido no canal;

b) o mínimo diâmetro da seção (1) para que o escoamento seja laminar;

c) a perda de carga de (1) a (2) no bocal, quando o diâmetro é o do item (c), supondo $p_1 = 0,3$ MPa;

d) a velocidade máxima no canal se o diagrama é do tipo $v = ay^2 + by + c$ com $dv/dy = 0$ na superfície do canal (vide figura).



Resp.: a) 0,5 m/s; b) 0,255 m; c) 16,8 m; d) 0,75 m/s

a) $Q = v_{canal} bL \quad \rightarrow \quad v_{canal} = \frac{Q}{bL} = \frac{40\times10^{-3}}{0{,}2\times0{,}4} = 0{,}5\ \frac{m}{s}$

b) $Re_1 = \frac{v_1 D_1}{\nu}; \quad v_1 = \frac{4Q}{\pi D_1^2} \quad \rightarrow \quad Re_1 = \frac{4Q}{\pi D_1^2}\times\frac{D_1}{\nu} = \frac{4Q}{\pi D_1 \nu}$

$$D_1 = \frac{4Q}{\pi\nu\, Re_1} = \frac{4\times40\times10^{-3}}{\pi\times10^{-4}\times2000} = 0{,}255\ m$$

c) $z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1\times v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2\times v_2^2}{2g} + H_{p_{1-2}}$

$$H_{p_{1-2}} = \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1\times v_1^2 - \alpha_2\times v_2^2}{2g}$$

$$v_1 = \frac{4Q}{\pi D_1^2} = \frac{4\times40\times10^{-3}}{\pi\times0{,}255^2} = 0{,}78\ \frac{m}{s}$$

$$v_2 = \frac{4Q}{\pi D_2^2} = \frac{4\times40\times10^{-3}}{\pi\times0{,}05^2} = 20{,}4\ \frac{m}{s}$$

$$H_{p_{1-2}} = \frac{2\times0{,}78^2 - 1\times20{,}4^2}{20} + \frac{0{,}3\times10^6}{8000} \cong 16{,}8m$$

d) para $y = 0;\ v = 0 \quad \Rightarrow \quad c = 0$

para $y = 0{,}2\ \text{m};\ v = v_{máx} \quad \Rightarrow \quad v_{máx} = a \times 0{,}2^2 + b \times 0{,}2$

para $y = 0{,}2\ \text{m};\ \dfrac{dv}{dy} = 0 \quad \rightarrow \quad \dfrac{dv}{dy} = 2ay + b \quad \rightarrow \quad 0 = 2a \times 0{,}2 + b$

Resolvendo o sistema: $a = -25 v_{máx}$ e $b = 10 v_{máx}$

Logo: $v = -25 v_{máx} y^2 + 10 v_{máx} y$

$$v_m = \frac{1}{bL}\int_0^h \left(-25 v_{máx} y^2 + 10 v_{máx} y\right) L\, dy = \frac{v_{máx}}{h}\int_0^h \left(-25 y^2 + 10 y\right) dy$$

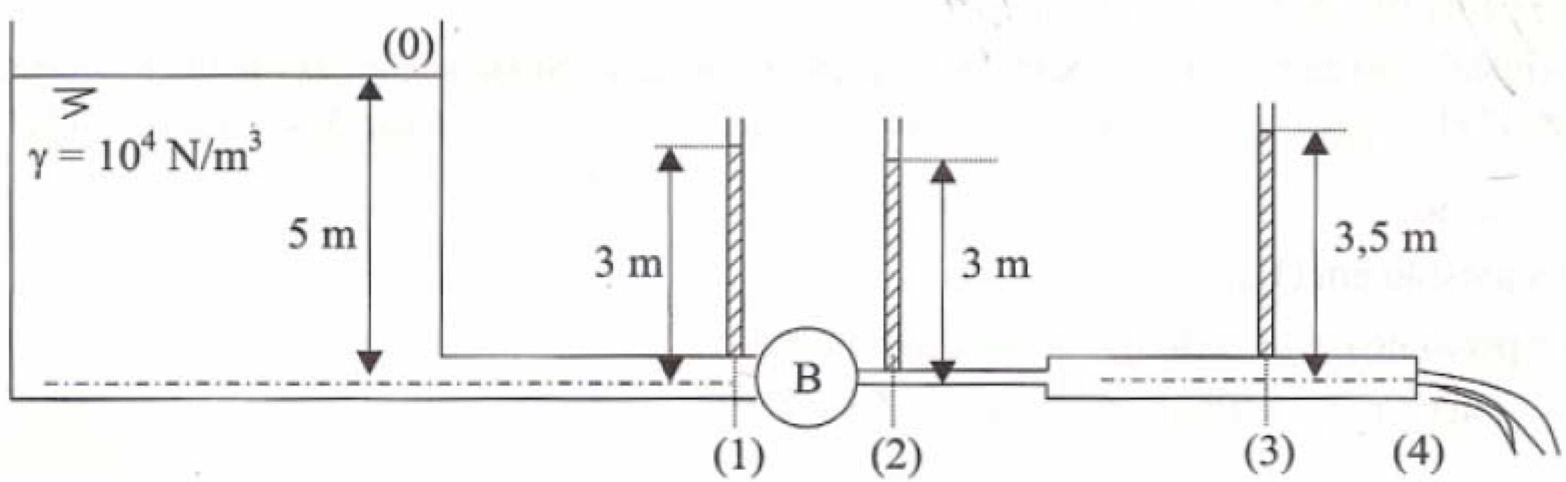
$$v_m = \frac{v_{máx}}{h}\left(\frac{-25 h^3}{3} + \frac{10 h^2}{2}\right) = v_{máx} \times 0{,}667 \quad \Rightarrow \quad v_{máx} = \frac{v_m}{0{,}667} = \frac{0{,}5}{0{,}667} = 0{,}75\ \frac{m}{s}$$

4.16 Dados: $Hp_{2\text{-}3}$ = 2 m; A_3 = 20 cm²; A_2 = 1 cm²; $Hp_{0\text{-}1}$ = 0,8 m; rendimento da bomba igual a 70%. Determinar:

a) a vazão (l/s);

b) a área da seção (1) (cm²);

c) a potência fornecida pela bomba ao fluido.



Resp.: a) 0,71 L/s; b) 1,45 cm²; c) 0,15 kW

a) $H_2 = H_3 + H_{p_{2-3}} \Rightarrow z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} = z_3 + \frac{p_3}{\gamma} + \frac{\alpha_3 v_3^2}{2g} + H_{p_{2-3}}$

$z_2 = z_3; \alpha_2 = \alpha_3 = 1 \therefore 3 + \frac{v_2^2}{20} = 3{,}5 + \frac{v_3^2}{20} + 2 \Rightarrow v_2^2 - v_3^2 = 50 \Rightarrow (I)$

$v_2 \times A_2 = v_3 \times A_3 \therefore v_2 \times 1 = v_3 \times 20 \Rightarrow v_2^2 = 400 v_3^2 \Rightarrow (II)$

De (II) em (I) resulta : $399 v_3^2 = 50 \therefore v_3 = \sqrt{\frac{50}{399}} \rightarrow Q = \sqrt{\frac{50}{399}} \times 20 \times 10^{-4}$

$Q \cong 0{,}71 \times 10^{-3} \frac{m^3}{s} = 0{,}71 \frac{l}{s}$

b) $H_0 = H_1 + H_{p_{0-1}} \Rightarrow z_0 + \frac{p_0}{\gamma} + \frac{v_0^2}{2g} = z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} + H_{p_{0-1}}$

$5 + 0 + 0 = 0 + 3 + \frac{1 \times v_1^2}{20} + 0{,}8 \Rightarrow v_1 \cong 4{,}9 \frac{m}{s}$

$Q = v_1 \times A_1 \therefore 0{,}71 \times 10^{-3} = 4{,}9 \times A_1 \Rightarrow A_1 = \frac{0{,}71 \times 10^{-3}}{4{,}9} \cong 1{,}45 \times 10^{-4}\ m^2 = 1{,}45\ cm^2$

c) $H_1 + H_B = H_2$ seção (1) e (2) respectivamente entrada e saída da bomba, portanto a perda já é considerada no rendimento da bomba, e isto resulta :

$3 + \frac{1 \times v_1^2}{20} + H_B = 3 + \frac{1 \times v_2^2}{20} \therefore H_B = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} \rightarrow$ isto na prática não ocorre, já que a bomba geralmente é construída para fornecer carga de pressão.

$0{,}71 \times 10^{-3} = v_2 \times 10^{-4} \Rightarrow v_2 = 7{,}1 \frac{m}{s}$

$H_B = \frac{7{,}1^2 - 4{,}9^2}{20} \cong 1{,}32\ m$

$N = \gamma \times Q \times H_B = 10^4 \times 0{,}71 \times 10^{-3} \times 1{,}32 \cong 9{,}372\ w$

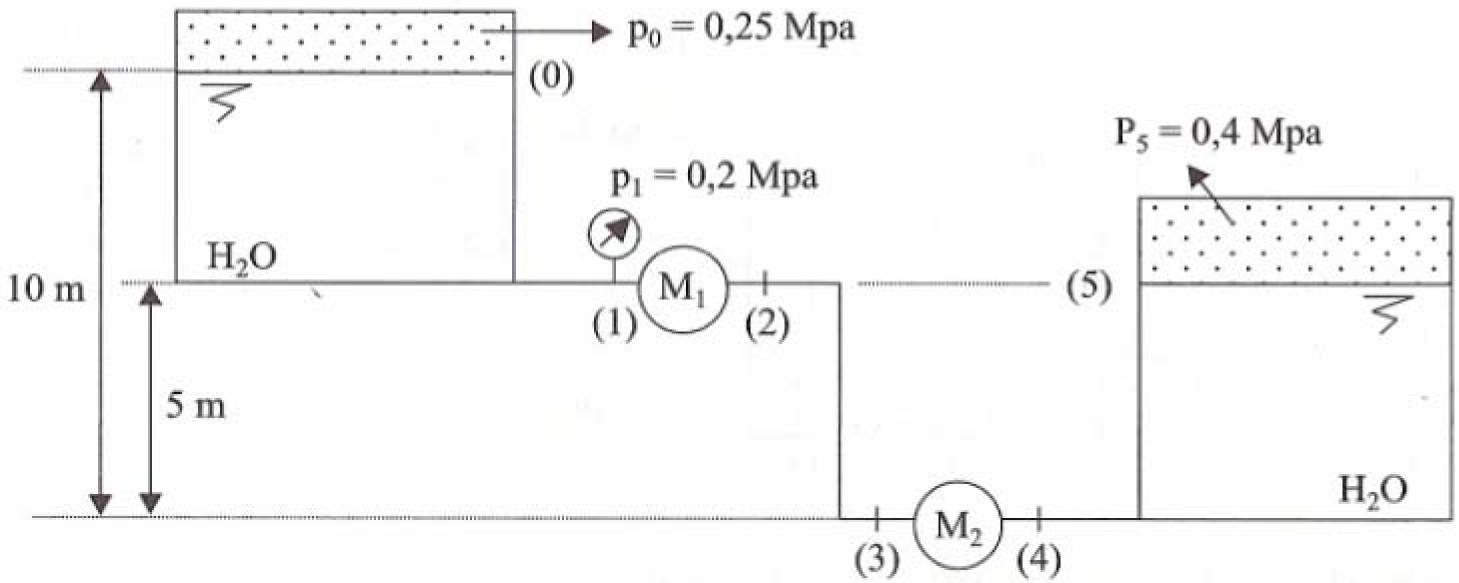
4.17 Na instalação da figura, a máquina M_2 fornece ao fluido uma energia por unidade de peso de 30 m e a perda de carga total do sistema é 15 m. Determinar:

a) a potência da máquina M_1 sendo $\eta_{M1} = 0,8$;

b) a pressão na seção (2) em mca;

c) a perda de carga no trecho (2)-(5) da instalação.

Dados: $Q = 20\ l/s$; $\gamma = 10^4\ N/m^3$; $g = 10\ m/s^2$; $A = 10\ cm^2$ (área da seção dos tubos).



Resp.: a) $N_T = 4$ kW; b) 45 mca; c) 5 m

Exercício 4.17

a) $H_0 = \frac{v_0^2}{2g} + \frac{p_0}{\gamma} + z_0 = 0 + \frac{0{,}25 \times 10^6}{10^4} + 10 = 35\ \text{m}$

$$v_1 = \frac{Q}{A_1} = \frac{20 \times 10^{-3}}{10 \times 10^{-4}} = 20\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$H_1 = \frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1 = \frac{20^2}{20} + \frac{0{,}2 \times 10^6}{10^4} + 5 = 45\ \text{m}$$

$H_1 > H_0 \quad \rightarrow \quad$ Escoamento de (5) a (0)

$$H_5 + H_{M_2} + H_{M_1} = H_0 + H_{p_{5,0}}$$

$$\frac{p_5}{\gamma} + z_5 + H_{M_2} + H_{M_1} = \frac{p_0}{\gamma} + z_0 + H_{p_{5,0}}$$

$$H_{M_1} = \frac{0{,}25 \times 10^6}{10^4} + 10 + 15 - \frac{0{,}4 \times 10^6}{10^4} - 5 - 30 = -25\ \text{m}$$

$$H_T = 25\ \text{m}$$

$$N_T = \gamma Q H_T \eta_{p_T} = 10^4 \times 20 \times 10^{-3} \times 25 \times 0{,}8 \times \frac{1}{1000} = 4\ \text{kW}$$

b) $\frac{v_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + H_{M_1} = \frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1$

$$\frac{p_2}{\gamma} = \frac{p_1}{\gamma} - H_{M_1} \quad \rightarrow \quad \frac{p_2}{\gamma} = \frac{0{,}2 \times 10^6}{10^4} - (-25) = 45\text{mca}$$

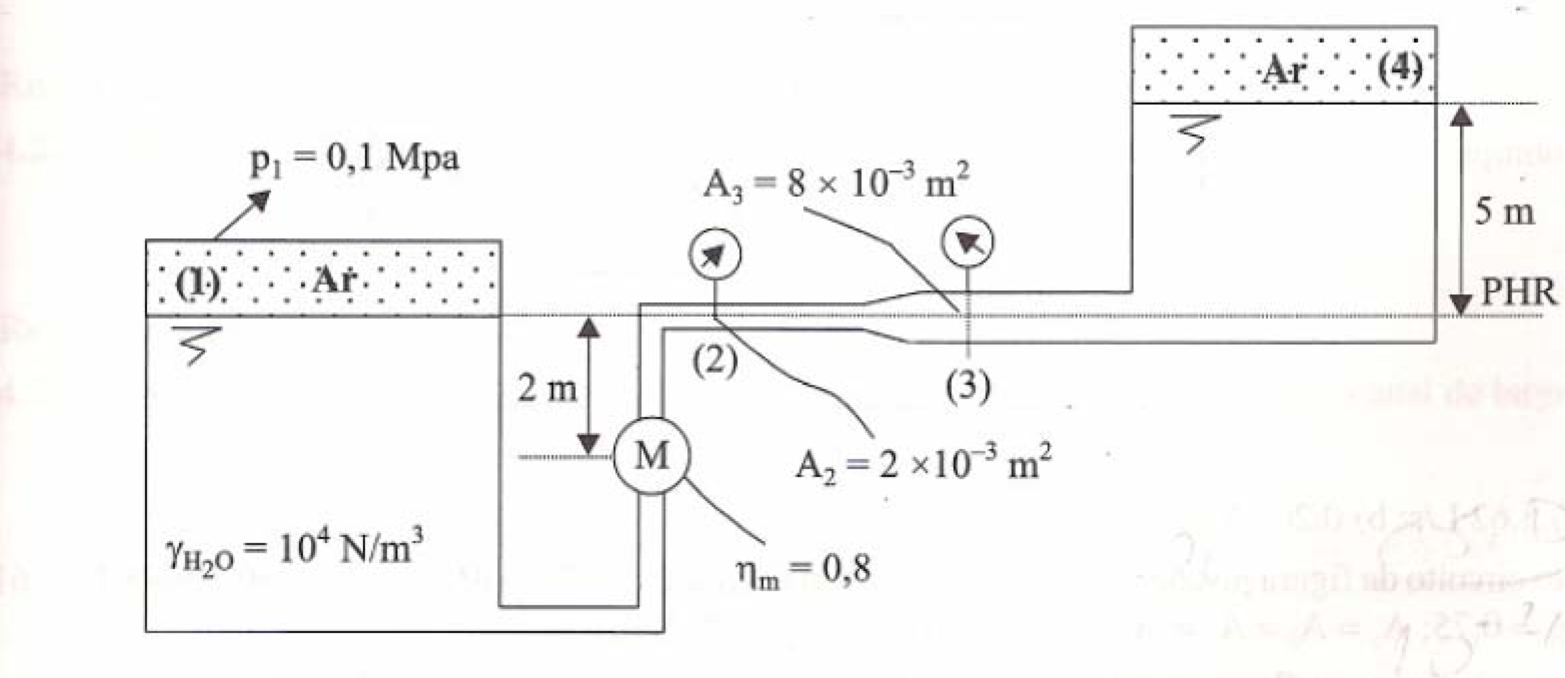
c) $H_5 + H_{M_2} = H_2 + H_{p_{5,2}}$

$$H_{p_{5,2}} = \frac{p_5}{\gamma} + H_{M_2} - \frac{v_2^2}{2g} - \frac{p_2}{\gamma}$$

$$H_{p_{5,2}} = \frac{0{,}4 \times 10^6}{10^4} + 30 - \frac{20^2}{20} - 45 = 5\ \text{m}$$

4.18 Na instalação da figura, a vazão de água na máquina é 16 l/s e tem-se $Hp_{1-2} = Hp_{3-4} = 1$ m. O manômetro na seção (2) indica 200 kPa e o da seção (3) indica 400 kPa. Determinar:

a) o sentido do escoamento;
b) a perda de carga no trecho (2)-(3);
c) o tipo de máquina e a potência que troca com o fluido;
d) a pressão do ar em (4) em kgf/cm^2



Resp.: a) (4) para (1); b) 17 m; c) turbina; 1,95 kW; d) 0,362 MPa

a) $Q = v_2 \times A_2 = v_3 \times A_3 \therefore 16 \times 10^{-3} = v_2 \times 2 \times 10^{-3} = v_3 \times 8 \times 10^{-3}$

$v_2 = 8\dfrac{m}{s}$ e $v_3 = 2\dfrac{m}{s}$

$$H_2 = 0 + \frac{200 \times 10^3}{10^4} + \frac{1 \times 8^2}{20} = 23{,}2\ m$$

$H_3 = 0 + \dfrac{400 \times 10^3}{10^4} + \dfrac{1 \times 2^2}{20} = 40{,}2\ m \therefore$ como $H_3 > H_2 \Rightarrow$ o escoamento é de 3 para 2, ou seja, de (4) para (1).

b) $H_3 = H_2 + H_{p_{3-2}} \therefore 40{,}2 = 23{,}2 + H_{p_{3-2}} \Rightarrow H_{p_{3-2}} = 17\ m$

c) $H_2 + H_M = H_1 + H_{p_{2-1}} \therefore 23{,}2 + H_M = \dfrac{0{,}1 \times 10^6}{10^4} + 1 \therefore H_M = -12{,}2\ m \Rightarrow$ como deu negativo pode-se afirmar que a máquina é uma tubina hidráulica.

$N = \gamma \times Q \times H_M = 10^4 \times 16 \times 10^{-3} \times 12{,}2 \therefore N = 1952\ w = 1{,}952\ kw$

d) $H_4 - H_T = H_1 + H_{p_{4-3}} + H_{p_{3-2}} + H_{p_{2-1}}$

$$5 + \frac{p_{ar}}{10^4} - 12{,}2 = \frac{0{,}1 \times 10^6}{10^4} + 1 + 17 + 1 \therefore p_{ar} = 36{,}2 \times 10^4 \frac{N}{m^2} = 0{,}362\ MPa$$

4.19 – Está resolvido no sítio: http://www.escoladavida.eng.br/mecflubasica/aulasfei/planejamento_fei.htm - na décima segunda aula

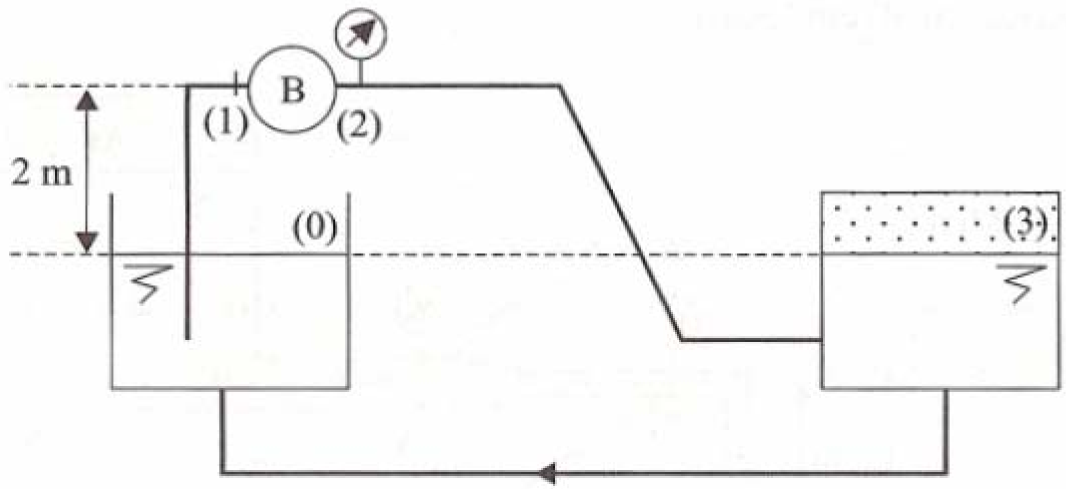
4.20 Na instalação da figura, os reservatórios são de pequenas dimensões, mas o nível mantém-se constante.

a) Qual é a vazão na tubulação que une a parte inferior dos dois tanques?

b) Para que aconteça essa vazão, qual a pressão em (3)?

c) Qual é a perda de carga na tubulação inferior dos dois tanques?

Dados: potência recebida pelo fluido da bomba N = 1,5 kW; D_1 = 4 cm; D1 ≠ D2; p_1 = 50 kPa (abs); p_{atm}= 100 kPa; Hp_{0-1} = 2 m; Hp_{2-3} = 4 m; $\gamma = 10^4 N/m^3$.



Resp.: a) 5,62 L/s; b) 0,207 MPa; c) 20,7 m

a) $H_0 = H_1 + H_{p_{0-1}} \therefore 0 = 2 + \frac{p_1}{10000} + \frac{1 \times v_1^2}{20} + 2$

$p_1 = p_{1_{abs}} - p_{atm} = 50000 - 100000 = -50000 \text{ Pa}$

$0 = 2 - \frac{50000}{10000} + \frac{1 \times v_1^2}{20} + 2 \therefore v_1 = \sqrt{20} \cong 4{,}47 \frac{m}{s}$

$Q = 4{,}47 \times \frac{\pi \times 0{,}04^2}{4} \cong 5{,}62 \times 10^{-3} \frac{m^3}{s} = 5{,}62 \frac{l}{s}$

está é a vazão que a bomba recalca e para que os níveis se mantenham constante, deve ser igual a que circula pela tubulação inferior.

b) $N = \gamma \times Q \times H_B \therefore 1{,}5 \times 10^3 = 10^4 \times 5{,}62 \times 10^{-3} \times H_B \Rightarrow H_B \cong 26{,}7 \text{ m}$

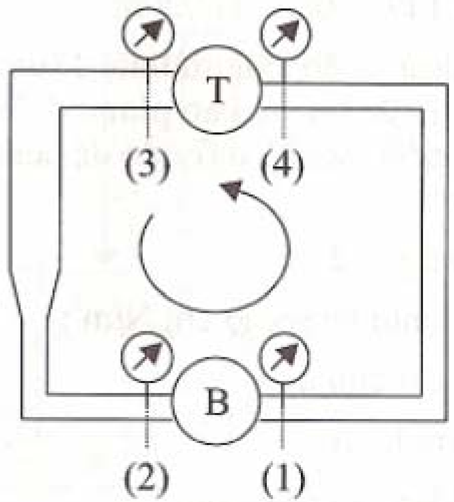
$H_0 + H_B = H_3 + H_{p_{0-1}} + H_{p_{2-3}}$

$0 + 26{,}7 = 0 + \frac{p_3}{10000} + 2 + 4 \therefore p_3 = 20{,}7 \times 10^4 \text{ Pa} = 0{,}207 \text{ MPa}$

c) $H_3 = H_0 + H_{p_{tubinf}} \Rightarrow 20{,}7 = 0 + H_{p_{tubinf}} \therefore H_{p_{tubinf}} = 20{,}7 \text{ m}$

4.21 No circuito da figura instalado num plano horizontal, tem-se p_1 =0,3 MPa; P_2=0; P3=0,1 MPa; N_T= 6 kW; $\eta_T = 0{,}75$; $A_1 = A_2 = A_4 = 80\ cm^2$; $A_3 = 100\ cm^2$; $\gamma = 10^4\ N/m^3$. A potência que o fluido recebe da bomba é o dobro da potência da turbina. Determinar:

a) a vazão;
b) a perda de carga no trecho da direita;
c) a leitura do manômetro (4);
d) a perda de carga no trecho da esquerda.



Resp.: a) 40 L/s; b) 0,45 m; c) 0,295 MPa; d) 9,55 m

Exercício 4.21

a) $H_B = \frac{p_1 - p_2}{\gamma} = \frac{(0{,}3 - 0)\times 10^6}{10^4} = 30\text{ m}$

$\gamma Q H_B = 2\gamma Q H_T \eta_T \quad \rightarrow \quad H_T = \frac{H_B}{2\eta_T} = \frac{30}{2\times 0{,}75} = 20\text{ m}$

$N_T = \gamma Q H_T \eta_T \quad \rightarrow \quad Q = \frac{N_T}{\gamma H_T \eta_T} = \frac{6\times 10^3}{10^4 \times 20 \times 0{,}75} = 0{,}04\,\frac{m^3}{s}$

b) $H_2 + H_B - H_T = H_3 + H_{p_{1,2}}$

$$\frac{v_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + H_B - H_T = \frac{v_3^2}{2g} + \frac{p_3}{\gamma} + z_3 + H_{p_{1,2}}$$

$$H_{p_{1,2}} = \frac{v_2^2 - v_3^2}{2g} + \frac{p_2 - p_3}{\gamma} + H_B - H_T$$

$v_3 = \frac{Q}{A_3} = \frac{0{,}04}{100\times 10^{-4}} = 4\,\frac{m}{s}; \qquad v_2 = \frac{Q}{A_2} = \frac{0{,}04}{80\times 10^{-4}} = 5\,\frac{m}{s}$

$$H_{p_{1,2}} = \frac{5^2 - 4^2}{20} + \frac{(0 - 0{,}1)\times 10^6}{10^4} + 30 - 20 = 0{,}45\text{ m}$$

c) $\frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1 = \frac{v_4^2}{2g} + \frac{p_4}{\gamma} + z_4 + H_{p_{1,4}}$

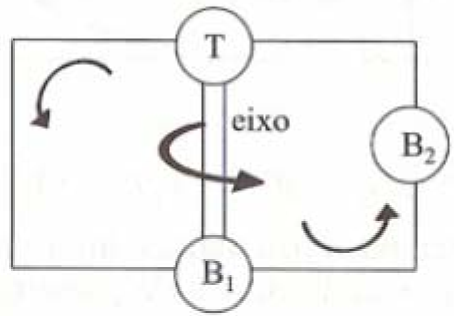
$$\frac{p_4}{\gamma} = \frac{p_1}{\gamma} - H_{p_{1,4}}$$

$$p_4 = p_1 - \gamma H_{p_{1,4}} = 0{,}3\times 10^6 - 10^4 \times 0{,}45 = 2{,}95\times 10^5\text{ Pa} = 0{,}295\text{ MPa}$$

d) $\frac{v_3^2}{2g} + \frac{p_3}{\gamma} + z_3 = \frac{v_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + H_{p_{3,2}}$

$$H_{p_{3,2}} = \frac{v_3^2 - v_2^2}{2g} + \frac{p_3}{\gamma} = \frac{4^2 - 5^2}{20} + \frac{0{,}1\times 10^6}{10^4} = 9{,}55\text{ m}$$

4.22 No circuito da figura, a bomba B, é acionada pela turbina. A vazão é 30 *l*/s e os rendimentos da turbina e da bomba B, são, respectivamente, 0,7 e 0,8. A perda de carga na tubulação é 15 m. Sabendo que o fluido ($\gamma = 10^4$ N/m^3) recebe da bomba B_2 uma potência de 6 kW, determinar a potência que o fluido cede à turbina.



Resp.: N = 3,4 kW

$$N_T = N_{B1} \Rightarrow \gamma \times Q \times H_T \times \eta_T = \frac{\gamma \times Q \times H_B}{\eta_B} \therefore H_T = \frac{H_B}{0{,}56}$$

$$H_{B1} + H_{B2} - H_T = H_p \Rightarrow 6000 = 10000 \times 30 \times 0{,}001 \times H_{B2} \therefore H_{B2} = 20\ m$$

$$H_{B1} + 20 - \frac{H_{B1}}{0{,}56} = 15 \therefore 0{,}56 \times H_{B1} + 11{,}2 - H_{B1} = 8{,}4$$

$$11{,}2 - 8{,}4 = 0{,}44 \times H_{B1} \Rightarrow H_{B1} \cong 6{,}4\ m$$

$$H_T = \frac{6{,}4}{0{,}56} \cong 11{,}4\ m \Rightarrow N = 10^4 \times 30 \times 10^{-3} \times 11{,}4 \cong 3420\ w = 3{,}42\ kw$$

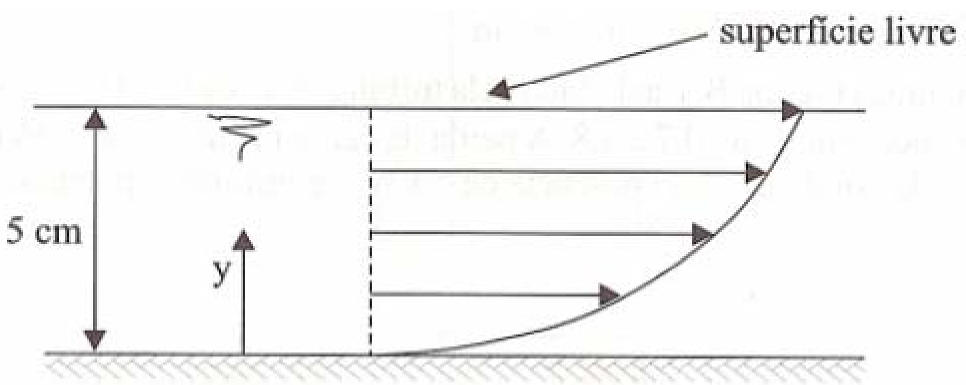
4.23 – Está resolvido no sítio: http://www.escoladavida.eng.br/mecflubasica/aulasfei/planejamento_fei.htm - na décima primeira aula

4.24 – Está resolvido no sítio: http://www.escoladavida.eng.br/mecflubasica/aulasfei/planejamento_fei.htm - na décima primeira aula

4.25 – Está resolvido no sítio: http://www.escoladavida.eng.br/mecflubasica/aulasfei/planejamento_fei.htm - na décima primeira aula

4.26 O esquema da figura corresponde à seção longitudinal de um canal de 25 cm de largura. Admite-se que a velocidade é invariável ao longo da normal ao plano do esquema, sendo variável com y através de $v = 30y - y^2$ (y em cm e v em cm/s). Sendo o fluido de peso específico 9 N/ℓ, viscosidade cinemática 70 cSt e $g = 10\ m/s^2$, determinar:

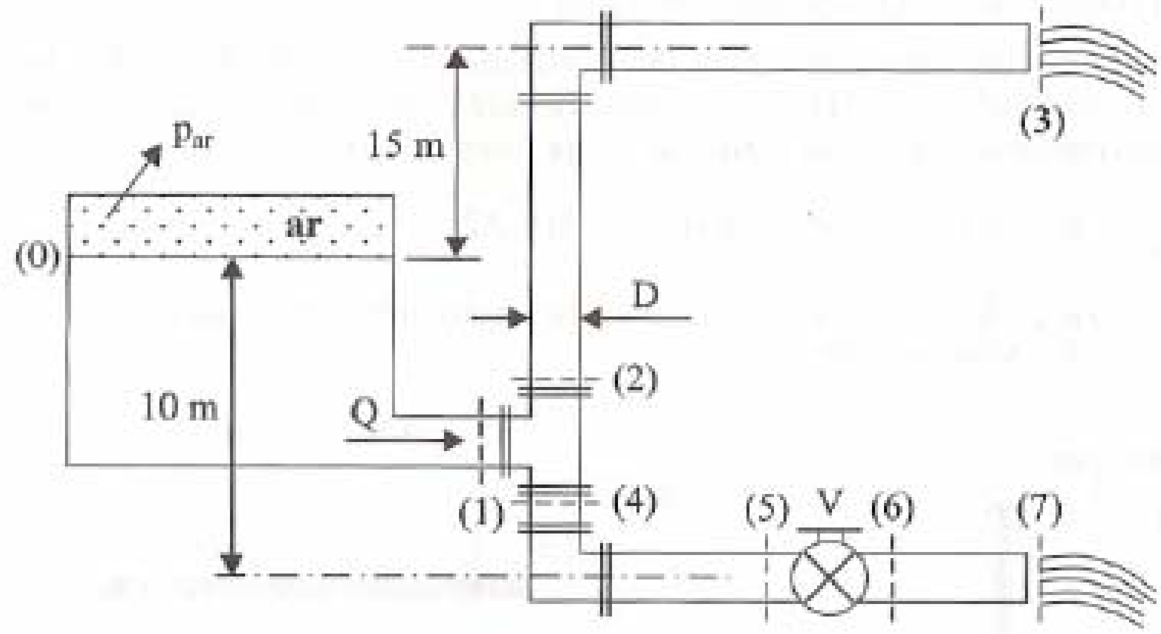
a) o gradiente de velocidade para y = 2 cm;
b) a máxima tensão de cisalhamento na seção em N/m^2;
c) a velocidade média na seção em cm/s;
d) a vazão em massa na seção em kg/h;
e) o coeficiente da energia cinética (α) na seção.



Resp.: a) 26 s^{-1}; b) 1,9 N/m^2; c) 0,75 m/s; d) 30.375 kg/h; e) 1,86

4.27 – Está resolvido no sítio: http://www.escoladavida.eng.br/mecflubasica/aulasfei/planejamento_fei.htm - na décima segunda aula

4.28 A figura está num plano vertical. Calcular a perda de carga que deve ser introduzida pela válvula 'V' da figura para que a vazão se distribua igualmente nos dois ramais, cujos diâmetros são iguais. Dados: D = 5 cm; $\gamma_{H2O} = 10^4$ N/m^3; p_{ar} = 0,2 MPa; Q = 10 ℓ/s; Hp_{0-1} =2m; Hp_{1-2-3} = O;Hp_{2-3}=3 m; Hp_{4-5} = 3 m; Hp_{6-7} = 2 m.



Resp.: H_{pV} = 22,4 m

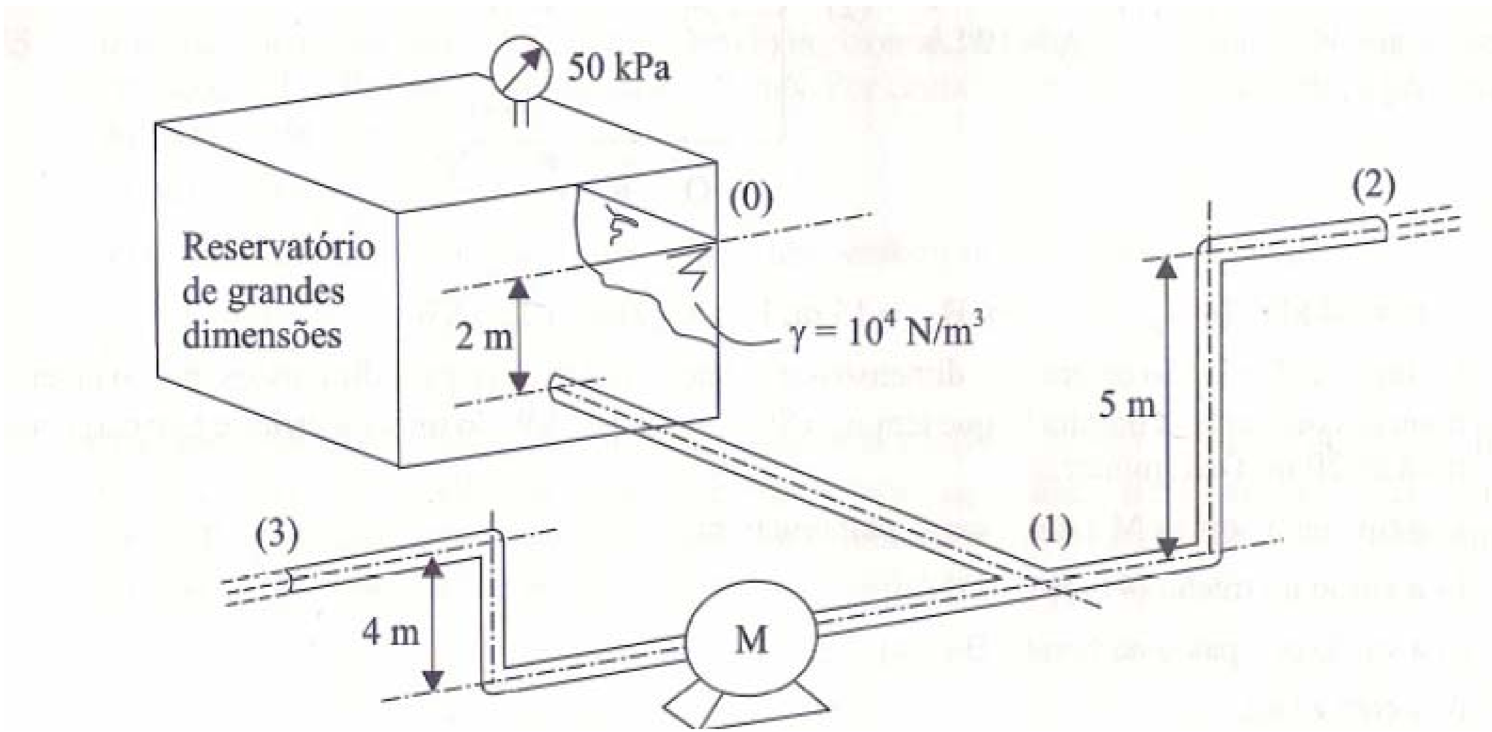
4.29 – Está resolvido no sítio:
http://www.escoladavida.eng.br/mecflubasica/aulasfei/planejamento_fei.htm - na décima segunda aula

4.30 Na instalação da figura, todas as tubulações são de diâmetro muito grande em face da vazão, o que torna desprezível a carga cinética. Determinar:

a) o tipo de máquina e a sua carga manométrica;

b) a vazão em volume proveniente do reservatório;

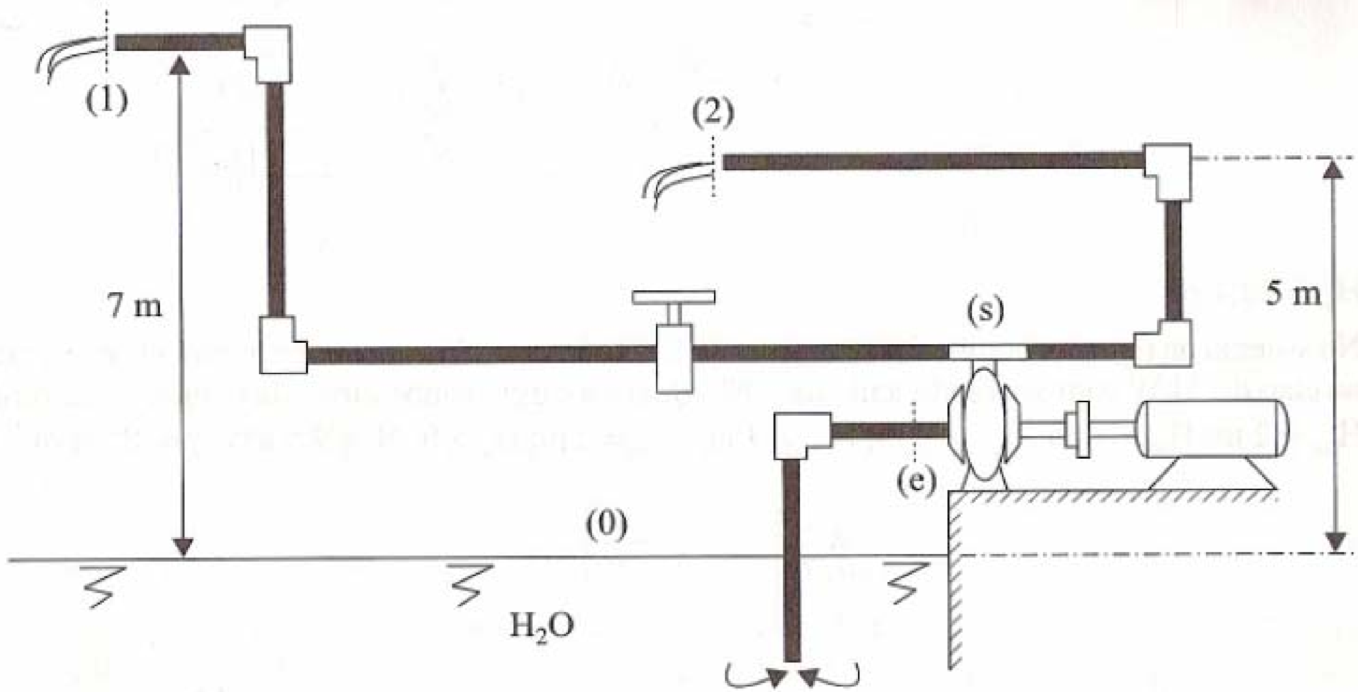
Dados: $Q_2 = Q_3$; $Hp_{0-1} = 1$ m; $Hp_{1-2} = 1$ m; $Hp_{1-3} = 4$ m; $\eta_m = 80\%$; potência no eixo da máquina = 0,7 kW



4.31 Na instalação da figura, todas as tubulações são de mesmo diâmetro (D = 138 mm); o registro é ajustado para que a vazão pela seção (1) seja a metade da vazão pela seção (2). Para tal condição,a altura manométrica da bomba vale 8 m e as perdas de carga valem, respectivamente:

$$H_{p_{0-e}} = \frac{1}{3}\left(\frac{v_e^2}{2g}\right); H_{p_{s-1}} = 5\left(\frac{v_1^2}{2g}\right); H_{p_{s-2}} = 1{,}5\left(\frac{v_2^2}{2g}\right)$$

Desprezando a perda de carga no 'T' na saída da bomba, determinar sua potência, sendo seu rendimento 48%. γ_{H20} = 10^4 N/m³; g = 10 m/s².



Resp.: N_B = 15 kW

Exercício 4.31

$$\gamma Q_0 H_0 + \gamma Q_0 H_B = \gamma Q_1 H_1 + \gamma Q_2 H_2 + \gamma Q_0 H_{p_{0,e}} + \gamma Q_1 H_{p_{s,1}} + \gamma Q_2 H_{p_{s,2}}$$

$$Q_2 = 2Q_1; \qquad Q_0 = Q_1 + Q_2 \quad \rightarrow \quad Q_0 = 3Q_1$$

$$\gamma 3Q_1 H_0 + \gamma 3Q_1 H_B = \gamma Q_1 H_1 + \gamma 2Q_1 H_2 + \gamma 3Q_1 H_{p_{0,e}} + \gamma Q_1 H_{p_{s,1}} + \gamma 2Q_1 H_{p_{s,2}}$$

$$3H_0 + 3H_B = H_1 + 2H_2 + 3H_{p_{0,e}} + H_{p_{s,1}} + 2H_{p_{s,2}}$$

$$H_0 = 0; \quad H_B = 8; \quad H_1 = 7 + \frac{v_1^2}{2g}; \quad H_2 = 5 + \frac{v_2^2}{2g}; \quad H_{p_{0,e}} = \frac{1}{3}\frac{v_e^2}{2g};$$

$$H_{p_{s,1}} = 5\frac{v_1^2}{2g}; \quad H_{p_{s,2}} = 1{,}5\frac{v_2^2}{2g}$$

$$3 \times 8 = 7 + \frac{v_1^2}{2g} + 10 + 2\frac{v_2^2}{2g} + \frac{v_e^2}{2g} + 5\frac{v_1^2}{2g} + 3\frac{v_2^2}{2g}$$

$$7 = 6\frac{v_1^2}{2g} + 5\frac{v_2^2}{2g} + \frac{v_e^2}{2g}$$

$$v_e = 3v_1 \qquad v_2 = 2v_1$$

$$140 = 6v_1^2 + 20v_1^2 + 9v_1^2 \quad \rightarrow \quad 35v_1^2 = 140 \quad \rightarrow \quad v_1 = 2\frac{m}{s} \quad \Rightarrow \quad v_e = 6\frac{m}{s}$$

$$Q_e = v_e \frac{\pi D_e^2}{4} = 6 \times \frac{\pi \times 0{,}138^2}{4} = 0{,}0897\frac{m^3}{s}$$

$$N_B = \frac{\gamma Q_e H_B}{\eta_B} = \frac{10^4 \times 0{,}0897 \times 8}{0{,}48} \times \frac{1}{1000} = 15\,kW$$

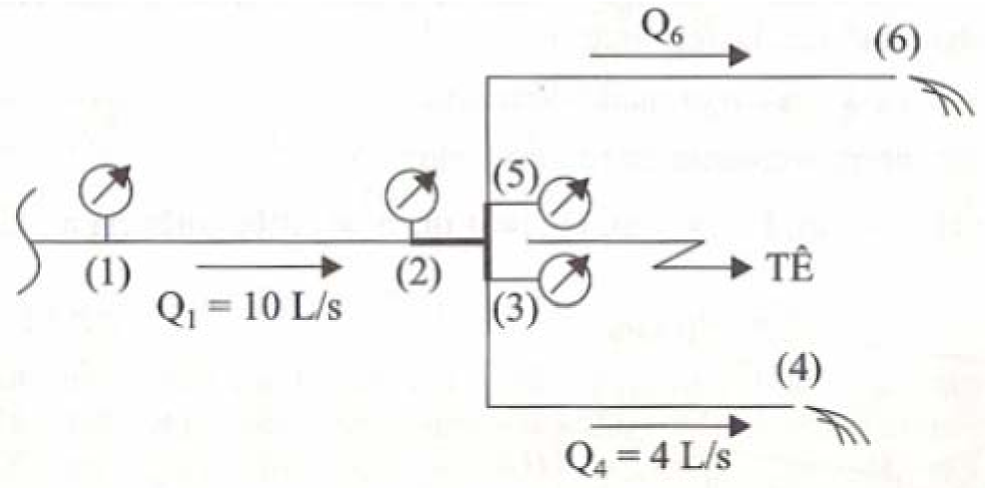
4.32 No trecho da instalação da figura, que está num plano horizontal, determinar:

a) a leitura no manômetro (2) para que se possa considerar a perda de carga desprezível no Tê;

b) a perda de carga de (1) a (2), (5) a (6) e (3) a (4);

c) a potência dissipada em todo o conjunto.

Dados: $\gamma = 10^4$ N/m^3; p_1 = 0,2MPa; p_3 = 0,15 MPa; p_5 = 0,1 MPa; A= 10cm^2 (área da seção das tubulações).

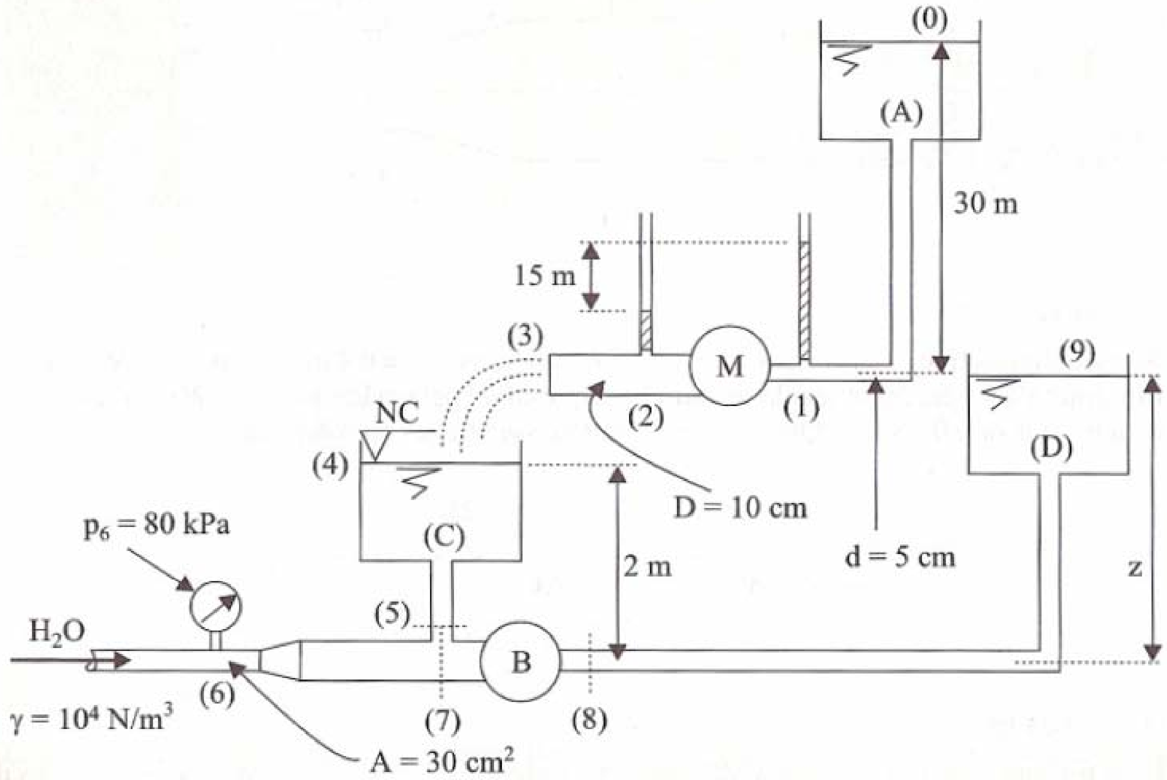


Resp.: a) p_2 = 84 kPa; b) $H_{p1,2}$ = 11,6 m; $H_{p3,4}$ = 15 m; $H_{p5,6}$ = 10 m; c) 2,36 kW

4.33 Os tanques A e D são de grandes dimensões e o tanque C é de pequenas dimensões, mas o nível (4) permanece constante. A bomba B, que tem rendimento igual a 80%, recebe 11 kW do motor elétrico e tem carga manométrica de 20 m. Determinar:

a) o tipo de máquina M e a sua carga manométrica;
b) a vazão no trecho (4)-(5) (Q_c) (l/s);
c) a vazão que passa na bomba B (l/s);
d) a cota z (m).

Dados: $H_{p0,3} = 3$ m; $H_{p4,5} = 0$ m; $H_{p6,7} = 2$ m; $H_{p8,9} = 10$ m.



Resp.: a) $H_T = 26{,}3$ m; b) $Q_c = 30{,}4$ L/s; c) $Q_B = 44$ L/s; d) z = 13,6 m

Exercício 4.33

a) $H_1 + H_M = H_2$

$$H_M = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + \frac{p_2 - p_1}{\gamma} \quad \rightarrow \quad v_2 < v_1 \quad e \quad p_2 < p_1$$

$H_M < 0 \quad \Rightarrow \quad$ turbina

$H_0 - H_T = H_3 + H_{p_{0,3}}$

$$z_0 - H_T = \frac{v_3^2}{2g} + H_{p_{0,3}} \quad (1)$$

$v_3 = v_2 \qquad e \qquad v_1 = 4v_2$

$$H_T = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} + \frac{p_1 - p_2}{\gamma} = \frac{16v_2^2 - v_2^2}{2g} + \frac{p_1 - p_2}{\gamma} = \frac{15v_2^2}{2g} + 15$$

Substituindo na (1): $\quad 30 - \frac{15v_2^2}{2g} - 15 = \frac{v_2^2}{2g} + 3$

$$\frac{16v_2^2}{2g} = 12 \quad \Rightarrow \quad v_2 = 3{,}87\frac{m}{s}$$

$$H_T = \frac{15v_2^2}{2g} + 15 = \frac{15 \times 3{,}87^2}{20} + 15 = 26{,}3\,m$$

b) $Q_C = Q_A$

$$Q_A = \frac{\pi D^2}{4} v_2 = \frac{\pi \times 0{,}1^2}{4} \times 3{,}87 = 0{,}0304\frac{m^3}{s}$$

c) $$N_B = \frac{\gamma Q_B H_B}{\eta_B} \quad \rightarrow \quad Q_B = \frac{N_B \eta_B}{\gamma H_B} = \frac{11 \times 10^3 \times 0{,}8}{10^4 \times 20} = 0{,}046\frac{m^3}{s}$$

d) $Q_6 = Q_B - Q_C = 0{,}046 - 0{,}0304 = 0{,}0136 \dfrac{m^3}{s}$

$$v_6 = \frac{Q_6}{A} = \frac{0{,}0136}{30 \times 10^{-4}} = 4{,}53 \frac{m}{s}$$

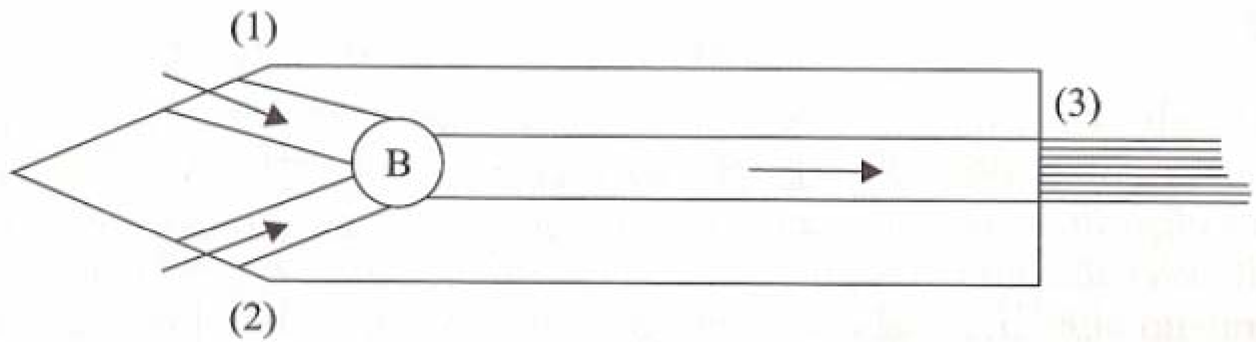
$$\gamma Q_6 H_6 + \gamma Q_4 H_4 + \gamma Q_B H_B = \gamma Q_9 H_9 + \gamma Q_6 H_{p_{6,7}} + \gamma Q_4 H_{p_{4,5}} + \gamma Q_9 H_{p_{8,9}}$$

$$H_6 = \frac{v_6^2}{2g} + \frac{p_6}{\gamma} = \frac{4{,}53^2}{20} + \frac{80 \times 10^3}{10^4} = 9\,m$$

$$13{,}6 \times 9 + 30{,}4 \times 2 + 44 \times 20 = 44z + 13{,}6 \times 2 + 30{,}4 \times 0 + 44 \times 10$$

$$z = 13{,}6\,m$$

4.34 O sistema de propulsão de um barco consta de uma bomba que recolhe água na proa através de dois tubos de 5 cm de diâmetro e a lança na popa por um tubo com o mesmo diâmetro. Calcular a potência da bomba, sabendo que a vazão em cada conduto de entrada é 25 ℓ/s, a potência dissipada pelos atritos é 0,44kW e o rendimento é 0,75.



Resp.: $N_B = 16{,}6$ kW

Vai continuar ...