

PROBLEMAS DE HIDRÁULICA GERAL

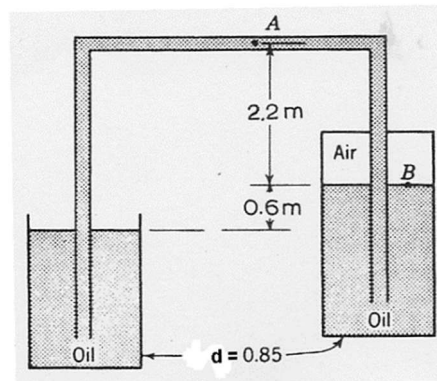


Prof^a Isabel Alves

Lisboa, 2025

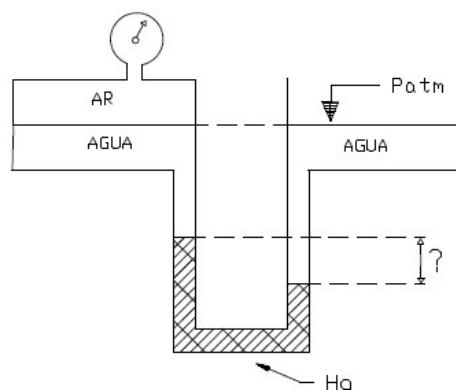
HIDROSTÁTICA - PRESSÕES EM FLUIDOS

1. Determine a pressão em A e em B



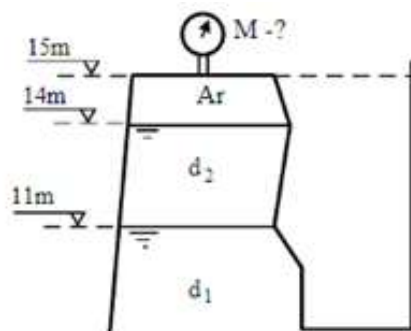
$$[p_A = -23324 \text{ Pa}, p_B = -4998 \text{ Pa}]$$

2. O manómetro indica uma pressão de -508 mm Hg . Sabendo que as superfícies de água nos dois reservatórios estão ao mesmo nível, calcular o desnível do mercúrio no manómetro diferencial



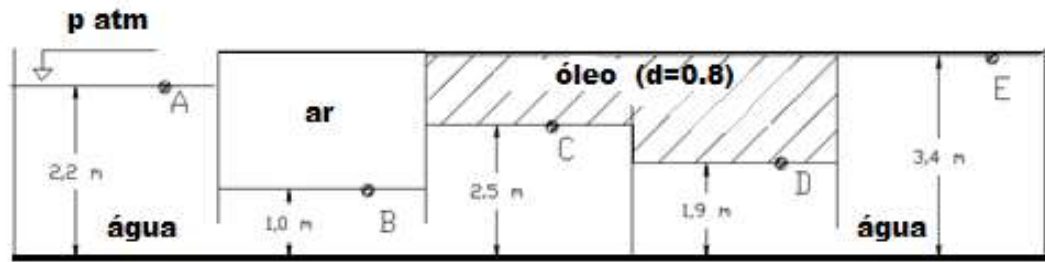
$$[0.548 \text{ m}]$$

3. O recipiente da Figura contém dois líquidos não miscíveis de densidades $d_1 = 0.85$ e $d_2 = 0.7$. A parte superior do reservatório contém ar. Determinar a leitura do manómetro no topo do reservatório.



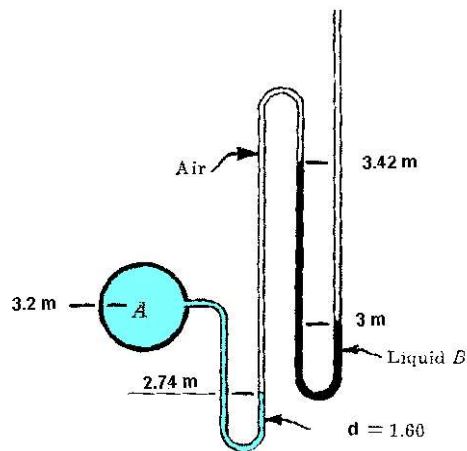
$$[12\,740 \text{ Pa}]$$

4. Determinar as pressões relativas nos pontos A, B, C, D e E.



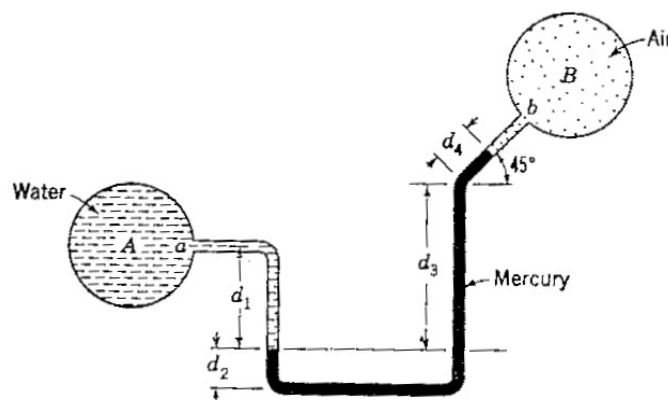
[0 Pa Pa 11760 Pa -2940 Pa 1764 Pa -12936 Pa]

5. Sendo a pressão em A de -10894 Pa, determine a massa volúmica do líquido B



[894 kg/m³]

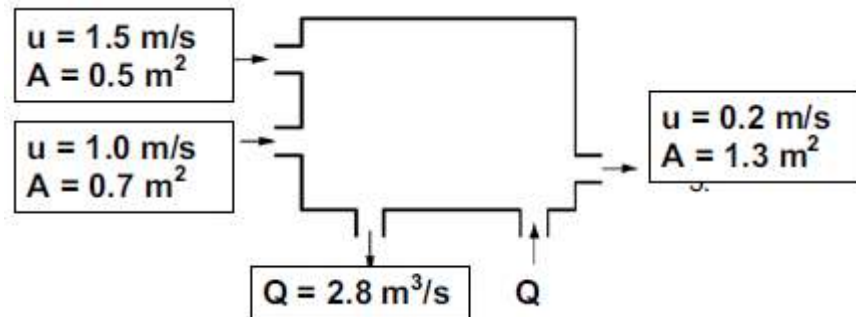
6. Determine a diferença de pressões entre A e B se $d_1 = 330$ mm, $d_2 = 160$ mm, $d_3 = 480$ mm, e $d_4 = 230$ mm



[$p_A - p_B = 82.4$ kPa]

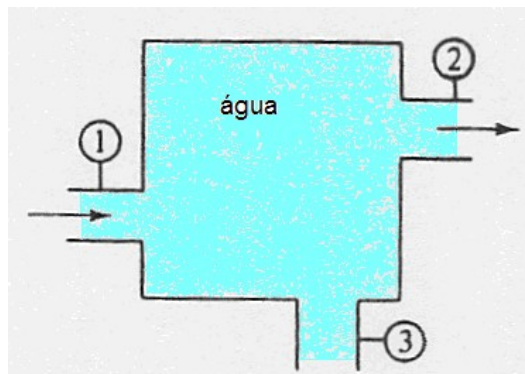
PRINCÍPIOS DE CONSERVAÇÃO: CONTINUIDADE E TEOREMA DE BERNOULLI

1. Determine o caudal de entrada Q



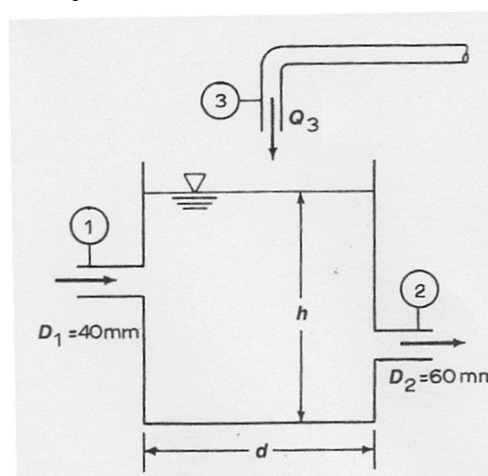
[1.61 m³/s]

2. No reservatório da Figura, a secção 1 tem um diâmetro de 10 cm e o caudal é 56.6 L/s. A secção 2 tem um diâmetro de 7.6 cm e a velocidade média é 11 m/s. Calcular a velocidade média e o caudal na secção 3, que tem um diâmetro de 2.5 cm. O caudal é de entrada ou de saída?



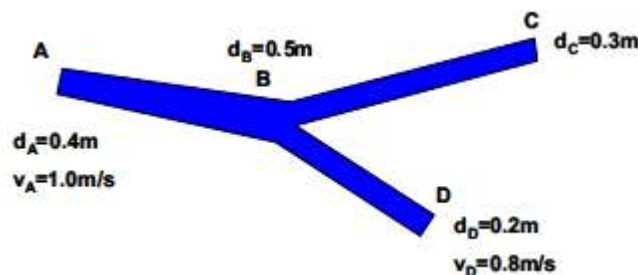
[saída; $Q = 6.7$ L/s, $v = 13.6$ m/s]

3. O tanque de água da Figura está a ser cheio através da secção 1 a uma velocidade $v_1 = 5$ m/s e através da secção 3 com um caudal $Q_3 = 12$ L/s. Mantendo-se a altura da água h constante, determine a velocidade na secção 2.



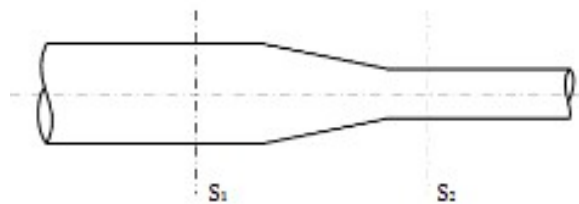
[6.47 m/s]

4. Água circula na tubagem representada na Figura, que aumenta de diâmetro desde 400 mm no ponto A até 500 mm no ponto B. A tubagem divide-se então em 2 troços C e D. Sendo a velocidade em A de 1 m/s e em D de 0.8 m/s, quais são os caudais em C e D e as velocidades em B e C?



$$[Q_C = 0.101 \text{ m}^3/\text{s}; Q_D = 0.025 \text{ m}^3/\text{s}; v_B = 0.64 \text{ m/s}; v_C = 1.43 \text{ m/s}]$$

5. Numa conduta convergente de eixo horizontal circula um determinado líquido. Nas secções S_1 (1.5 m^2) e S_2 (1 m^2) as alturas piezométricas são respectivamente de 15 m e 5 m. Calcular as velocidades nas duas secções.

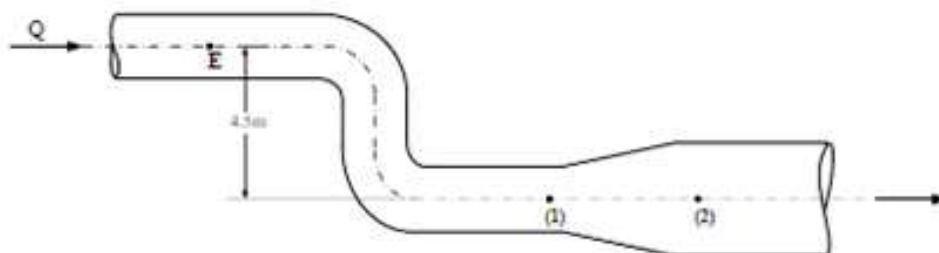


$$[v_1 = 12.5 \text{ m/s} \quad v_2 = 18.8 \text{ m/s}]$$

6. O diâmetro de uma tubagem que transporta água em regime permanente varia gradualmente de 150 mm no ponto A, 6 m acima de um referencial, para 75 mm no ponto B, 3 m acima do referencial. A pressão no ponto A é 103 kPa e a velocidade média é 3.6 m/s. Determine a pressão em B.

$$[35.2 \text{ kPa}]$$

7. Determine a velocidade e a pressão relativa na secção (1) sabendo que a mesma é 15% inferior á pressão relativa na secção (2). A pressão absoluta no ponto E é equivalente a 12.3 m.c.a. e a secção (2) é 40% maior que a secção (1).

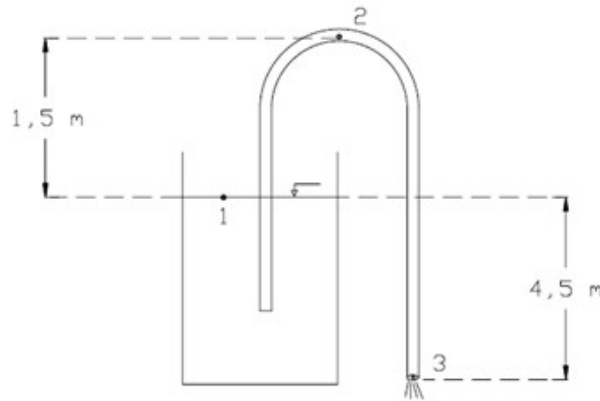


$$[6.8 \text{ m/s} \quad 6.5 \text{ m}]$$

8. Um tubo de Venturi com um diâmetro de 150 mm na zona contraída é instalado numa tubagem com 450 mm de diâmetro. A diferença de altura de mercúrio num manómetro diferencial ligado à entrada e à zona contraída do Venturi é de 375 mm. Calcule o caudal.

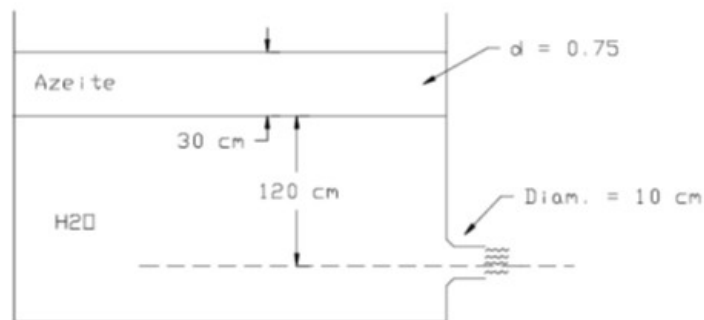
[171 L/s]

9. Calcular o caudal e a pressão no ponto 2 do sifão esquematizado abaixo. O líquido que escoar tem um $\rho = 800 \text{ kg/m}^3$ e o diâmetro do sifão é 150 mm



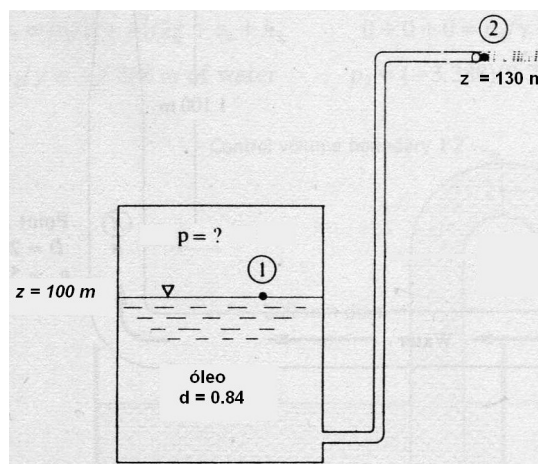
[166 L/s, -16384 Pa]

10. Calcular o caudal através do orifício.



[41.5 L/s]

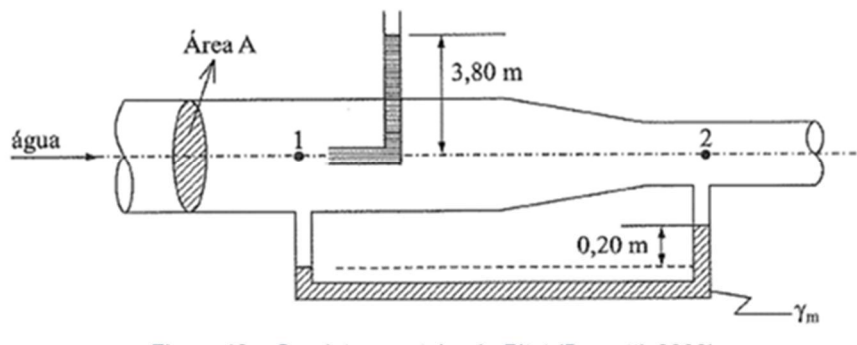
11. Óleo é retirado dum tanque por um tubo de 15 cm de diâmetro e descarregado na atmosfera como indica a Figura. Determine a pressão necessária em (1) de modo a que o caudal seja de 20 L/s.



[$2.47 \times 10^5 \text{ Pa}$]

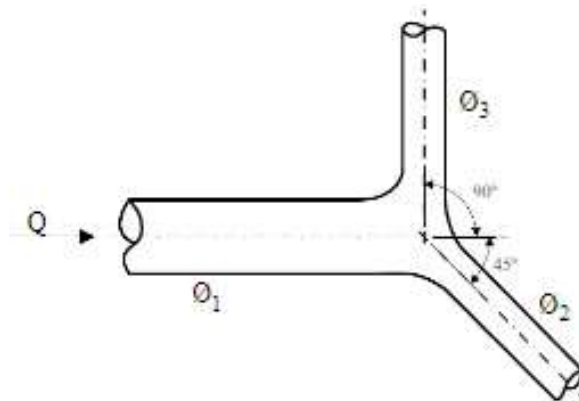
12. Dado o dispositivo da Figura, calcule o caudal escoado na tubagem.

$$(\gamma_m = 6 \times 10^4 \text{ N/m}^3 \quad p_2 = 20 \text{ kPa} \quad A = 10^{-2} \text{ m}^2)$$



[38 L/s]

13. A Figura representa a bifurcação dum tubo horizontal de abastecimento de água de 1 m de diâmetro em 2 ramos com 0.5 m de diâmetro. Na secção de entrada a pressão relativa é 200 kPa e o caudal de $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$. O caudal em cada ramo é metade do caudal de entrada. Calcule a pressão nas secções de saída.



[199.4 kPa]

PERDAS DE CARGA CONTÍNUAS EM ESCOAMENTO TURBULENTO

1. A ligação entre dois reservatórios mantidos a nível constante é feita por duas tubagens em paralelo. A primeira, com 1500 m de comprimento, 300 mm de diâmetro e $f=0.032$, transporta um caudal de 56 L/s. Determine o caudal transportado pela segunda tubagem, com 3000 m de comprimento 600 mm de diâmetro e $f=0.024$.

[0.259 m³/s]

2. Calcular o caudal que circula por uma tubagem de ferro fundido ($C_H=90$) de 200 mm de diâmetro e 10 000 m de comprimento, desde um reservatório à cota de 200 m até outro reservatório à cota zero.

[44 L/s]

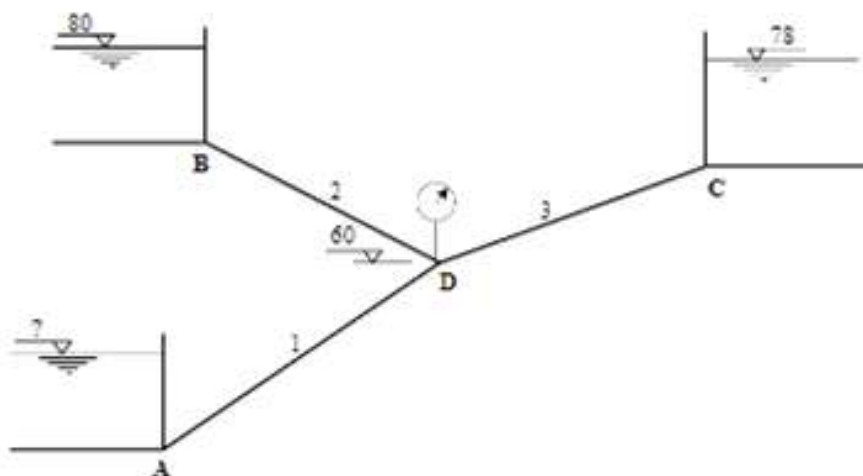
3. Uma tubagem de aço soldado, de 400 mm de diâmetro e 2 km de comprimento, transporta um caudal de 150 L/s. Determine a perda de carga usando a equação de Gauckler-Strickler ($K=100$) e compare com a perda de carga calculada com a fórmula de Colebrook White ($\varepsilon = 0.15$ mm).

[6.14 m 6.18 m]

4. Pretende-se substituir uma tubagem de chapa de ferro com rebitagem longitudinal dupla e transversal ($m=0.275$) de 60 cm de diâmetro por um tubo de betão armado de parede bem alisada ($m=0.175$). Que diâmetro deverá ter o novo tubo de modo a que o caudal, e a perda de carga, se mantenha?

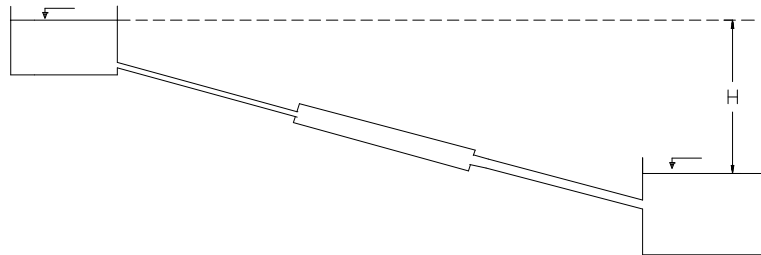
[$D=56.4$ cm]

5. Três reservatórios de grandes dimensões estão ligados entre si como indica a Figura. Junto ao ponto D está instalado um manómetro. Determine o sentido do escoamento, o comprimento L_3 , a leitura no manómetro e a cota de A para os seguintes dados: $K=110$, $\phi_1=\phi_2=400$ mm, $\phi_3=300$ mm, $L_1=2000$ m, $L_2=1500$ m, $j_2=0.0025$ m/m, $j_3=0.0029$ m/m.



[$L_2=603.5$ m $p/\gamma=16.2$ m $z_A=55$ m]

6. Três tubagens novas de ferro fundido formam a tubagem composta da Figura abaixo. A primeira tem 300 mm de diâmetro e 360 m de comprimento; a segunda, 600 mm de diâmetro e 600 metros; e a terceira, 450 mm e 450 metros. Determinar a perda de carga, excluídas as perdas acidentais, para o caudal de 226 L/s. (usar Hazen-Williams com $C_H = 100$)



[20.9 m]

7. Uma conduta de 2 km de comprimento liga 2 reservatórios. O caudal é de 500 000 L/h em virtude da diferença entre os níveis de água dos reservatórios. O primeiro quilómetro de conduta tem $D_1 = 300$ mm e $f = 0.02$ e o segundo tem $D_2 = 500$ mm e $f = 0.018$. Desprezando as perdas de carga localizadas, calcular a perda de carga total nesta tubagem.

[14.14 m]

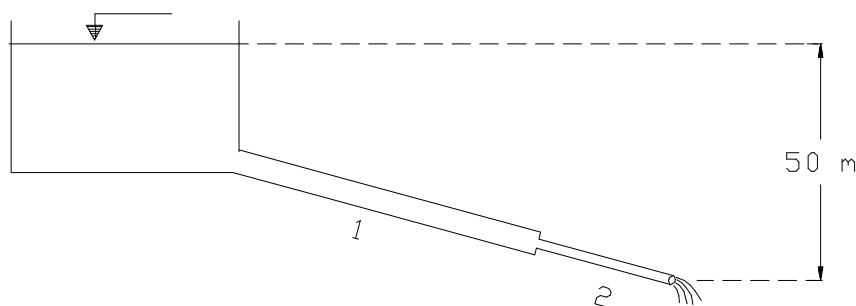
8. Uma tubagem mista é composta de 300 m de um tubo com 150 mm, 150 m de um tubo com 100 mm e 240 m de um tubo com 200 mm de diâmetro, em série. Calcular o diâmetro virtual equivalente, isto é, o diâmetro uniforme de uma tubagem com o mesmo comprimento total, capaz de produzir a mesma perda de carga. (use a fórmula de Gauckler Strickler).

[127.3 mm]

9. Calcular o caudal da tubagem esquematizada abaixo.

Dados: $C_H = 140$ (Hazen-Williams) ; $L_1 = 550$ m ; $L_2 = 450$ m ; $D_1 = 63$ mm ; $D_2 = 50$ mm

Desprezar as perdas de carga localizadas.



[3.8 L/s]

PERDAS DE CARGA SINGULARES EM ESCOAMENTO TURBULENTO

1. I) Partindo da fórmula prática: $j = 0.002 \frac{Q^2}{D^5}$, determinar os comprimentos equivalentes respeitantes às seguintes perdas de carga:

- a) na passagem, de arestas vivas, de um reservatório para um tubo;
- b) na passagem de um tubo para um reservatório;
- c) num joelho recto (90°);
- d) numa válvula de correição meia fechada;

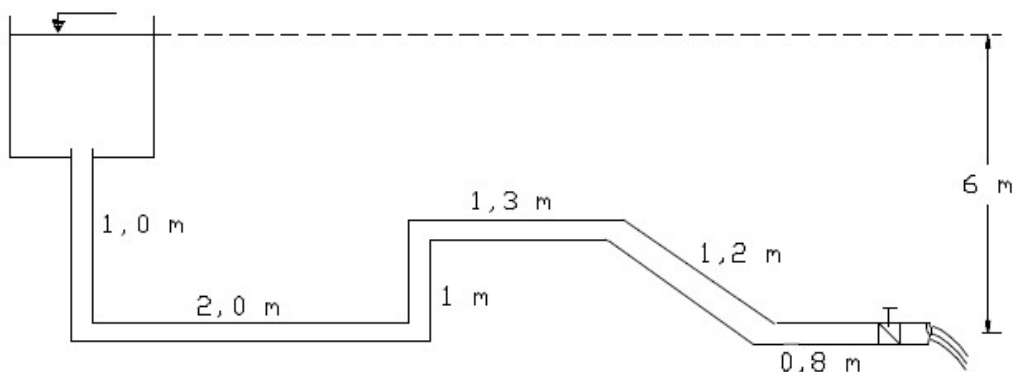
[a) 20 D ; b) 40 D ; c) 40 D ; d) 85 D]

II) Com base nos comprimentos equivalentes calculados na alínea anterior, determine, em primeira aproximação, o desnível entre dois reservatórios em que o tubo que os une tem 100 mm de diâmetro, 200 m de comprimento, debita um caudal de 5.0 L/s e tem dois joelhos a 90° .

[$\Delta z = 1.07 \text{ m}$]

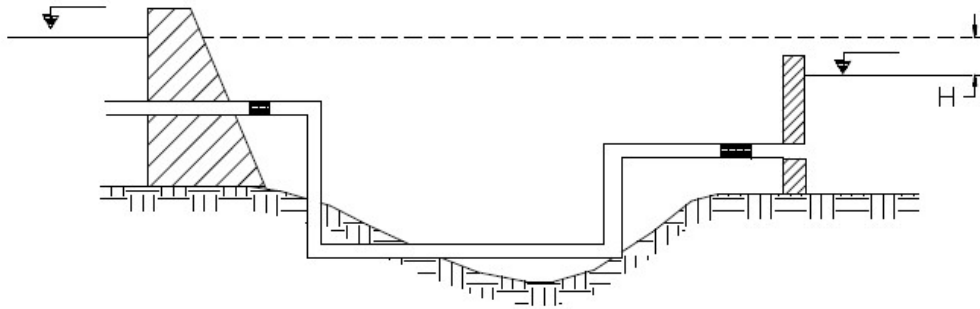
2. Calcule o caudal descarregado pela tubagem representada na Figura considerando os seguintes dados:

- Material: ferro fundido novo ($C_H=130$)
- Diâmetro= 50 mm
- 3 joelhos a $\sim 90^\circ$ ($\zeta = 0.9$)
- 2 joelhos a $\sim 60^\circ$ ($\zeta = 0.4$)
- 1 válvula de borboleta ($\zeta = 0.2$)



[$Q=7.3 \text{ L/s}$]

3. Uma tubagem de ferro fundido com 30 anos de uso ($C_H=86$), 800 m de comprimento e 0.3 m de diâmetro une dois reservatórios, transportando um caudal de 60 L/s. Calcule a diferença de nível entre os dois reservatórios considerando todas as perdas de carga (para além da saída/entrada em reservatório considere os 4 joelhos a 90° e 2 válvulas de retenção ($\zeta = 2.5$))

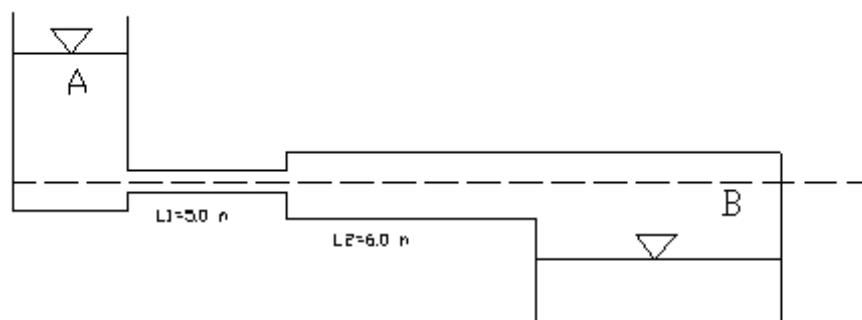


[$\Delta z = 4.7$ m]

4. Dois reservatórios A e B estão em comunicação por meio de uma tubagem horizontal, com dois diâmetros de 5 e 10 cm e com 5 e 6 m de comprimento respectivamente. Como mostra a figura, a passagem da água do primeiro para o segundo troço faz-se mediante um alargamento brusco.

No reservatório superior (A), a superfície livre da água está em contacto com a atmosfera ambiente e sempre a 14.0 m acima do eixo do tubo. O reservatório B é uma câmara hermeticamente fechada, na qual, durante o tempo considerado, a pressão absoluta é mantida a 2 atmosferas e o nível da água se encontra sempre abaixo da boca da conduta. Calcular o caudal que passa no tubo.

(use a formula de Kutter com $m = 0.35$)

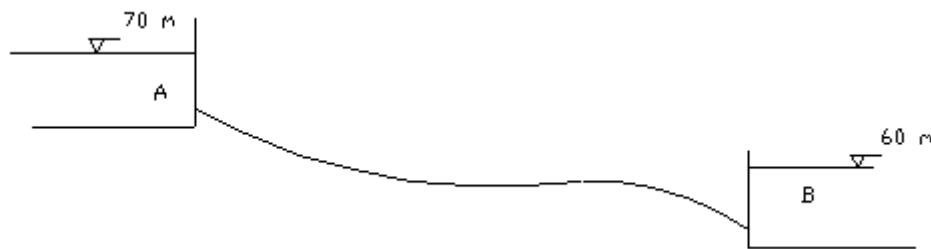


[$Q \cong 4.3$ L/s]

BOMBAS

1. Pretende-se ligar dois reservatórios, A e B, de grandes dimensões, por meio de uma conduta de fibrocimento com um comprimento de 6000 m para distribuir água a um agregado populacional (ver figura). Para um caudal de $0.15 \text{ m}^3/\text{s}$ e um diâmetro da conduta de 300 mm, qual a potência da bomba que deveria ser instalada na tubagem à saída do reservatório A com um rendimento de $\eta = 70 \%$?

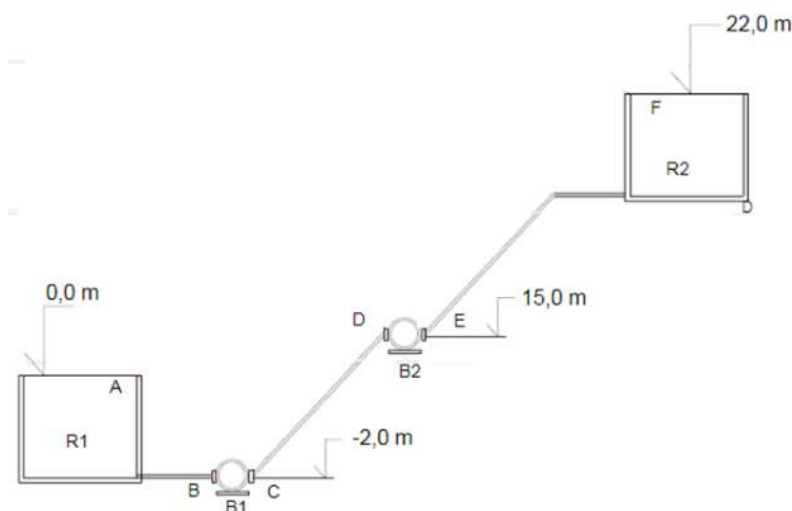
(use a fórmula de Coolebrook-White, com $\varepsilon = 0.002 \text{ mm}$ e $\nu = 10^{-6} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$ e despreze as perdas de carga singulares).



$$P_b = 100 \text{ kW}$$

2. A Figura mostra a bombagem de água do reservatório R1 para o reservatório R2 através de uma tubagem de diâmetro 0.4 m que transporta um caudal de 150 L/s com uma perda de carga unitária $j=0.0055 \text{ m/m}$. As distâncias R1-B1 e B1-R2 medem, respectivamente, 18.5 m e 1800 m. A bomba tem uma potência de 50 cv e rendimento de 80%. Despreze as perdas de carga singulares. Determine:

- a) a que distância de B1 deverá ser instalada a bomba B2 para que a altura piezométrica à entrada de B2 seja 2 m
- b) a potência de B2 se o rendimento for 80%, e a altura piezométrica à saída da bomba



$$[d=514 \text{ m} \quad h_E=14 \text{ m} \quad P_2=22 \text{ kW}]$$

3. Dois reservatórios, de grandes dimensões, estão ligados por uma conduta de aço com 900 m de comprimento total e um diâmetro de 0.20 m. A diferença de cotas das superfícies livres dos dois reservatórios é de 18 m. As perdas de carga contínuas podem ser representadas pela fórmula $Q = 36.4 D^{2.59} j^{0.55}$

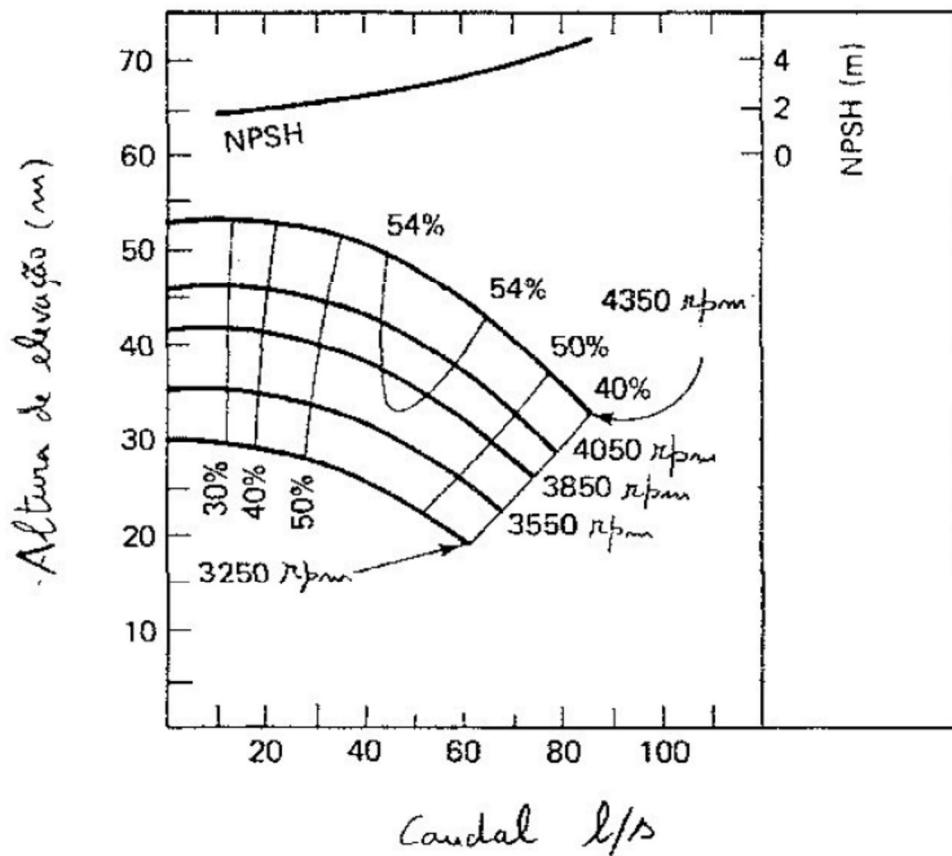
Na conduta está instalada, a 10 m do reservatório de montante, uma bomba centrífuga caracterizada pelo diagrama em colina junto.

a) Determine o número de rotações do motor e a potência da bomba na situação de se escoar um caudal de 70 L/s.

b) Determine a altura máxima, acima da superfície livre do reservatório de alimentação, a que pode ser colocado o eixo da flange de aspiração.

($p_{\text{atm}} = 1.012 \times 10^5 \text{ Pa}$; $e_s = 3234 \text{ Pa}$)

NOTA: Considere desprezáveis as perdas de carga singulares.

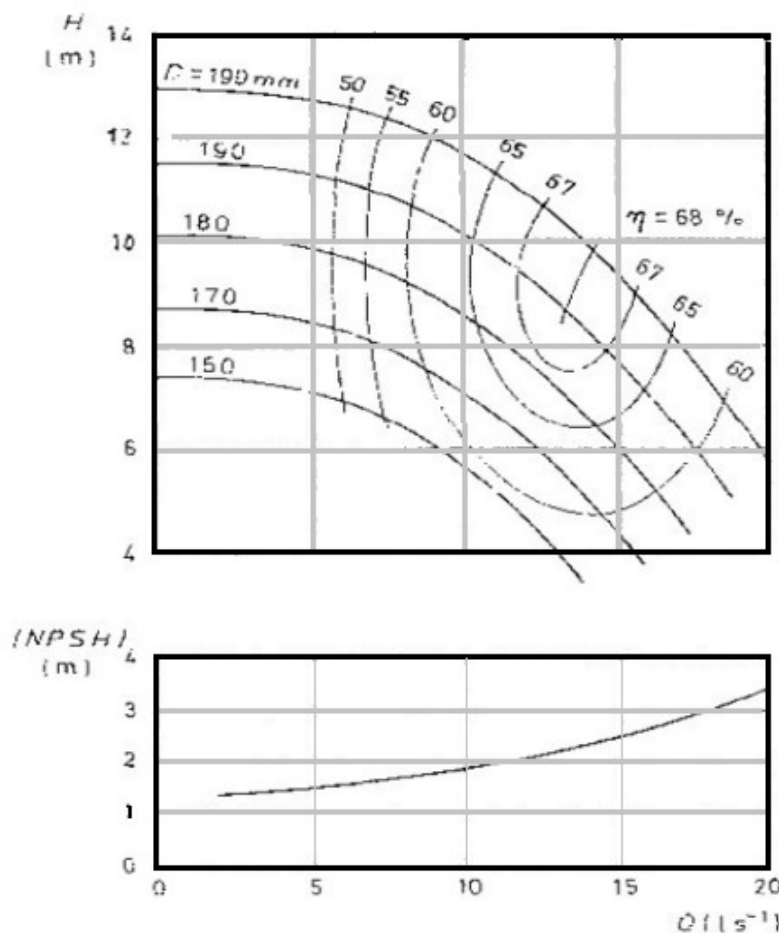


a) 4350 rpm $P = 52.8 \text{ kW}$ b) 5.5 m

4. Uma bomba centrífuga, caracterizada pelo diagrama em colina da figura junto, é utilizada para bombear água de um poço para um reservatório elevado, através duma conduta de aço com 48 m de comprimento total e diâmetro de 0.10 m. A diferença de cotas entre a superfície da água no poço e a superfície livre do reservatório elevado é de 6 m. A bomba está instalada a 30 m do reservatório de montante.

- Escolha o menor diâmetro comercial do rotor (D) compatível com a elevação do caudal de $0.015 \text{ m}^3/\text{s}$, podendo este caudal ser regulado por meio duma válvula, e calcule a potência da bomba. Para aquele caudal, considere que o factor de resistência, f , é igual a 0.013.
- Determine, para a situação da alínea anterior, a altura máxima, acima da superfície da água no poço, a que pode ser colocado o eixo da secção da flange de aspiração da bomba. ($p_{\text{atm}} = 1.012 \times 10^5 \text{ Pa}$; $e_s = 3234 \text{ Pa}$).
- Determine a potência da bomba quando o caudal for regulado para aquela funcionar no ponto de rendimento mais elevado para o rotor da alínea a).

NOTA: Na resolução das alíneas a) e b) despreze as perdas de carga localizadas na entrada e na saída da conduta.



- $D = 190 \text{ mm}$ $P = 1.7 \text{ kW}$
- 6.6 m
- 1.65 kW

5. Uma bomba eleva água dum reservatório A para o reservatório B através de uma conduta de betão liso com 1 km de comprimento e 600 mm de diâmetro. A curva de bomba é dada por $H = 28 - 20 Q^2$. Utilizando a fórmula de Gauckler-Strickler com $K = 100$ e desprezando as perdas de carga localizadas, determine o caudal bombado:

- nas condições indicadas
- quando uma bomba igual é instalada em paralelo
- quando uma bomba igual é instalada em série



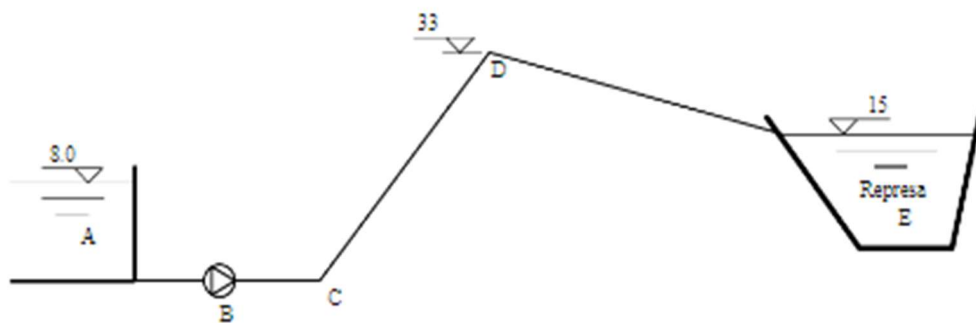
[0.473 m³/s 0.622 m³/s 0.804 m³/s]

6. Um agricultor pretende elevar água do reservatório A para uma charca E tal como mostra a Figura. Ele dispõe de 2 bombas, com as curvas $H_1 = 19 - 12 Q^2$ e $H_2 = 32 - 21 Q^2$.

Considerando as perdas de carga singulares como sendo 10% das contínuas, determinar:

- o caudal máximo transportado sem que haja pressões negativas na conduta
- a associação de bombas que recomendaria para esse caudal

Dados: $D = 650$ mm $K = 75$ $L_{A/B} = 20$ m $L_{B/C} = 25$ m $L_{C/D} = 2000$ m $L_{D/E} = 2871$ m

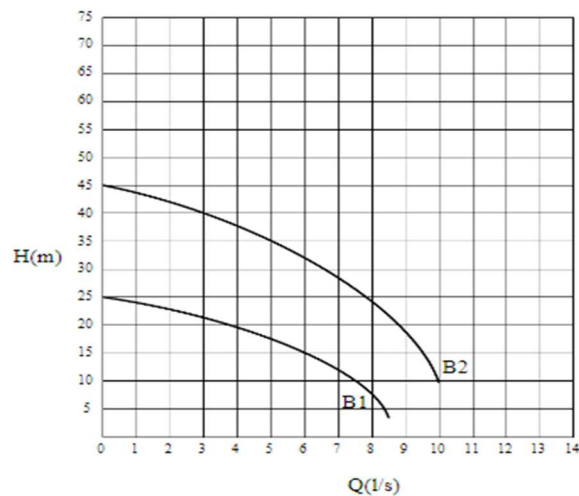


[0.557 m³/s ; série]

7. Uma cooperativa agrícola pretende ampliar a sua área de cultivo. Para tal construiu um depósito para receber água bombada do rio, estando a uma cota 28 m acima deste. A capacidade do tanque é de cerca de 200 m^3 , representando a necessidade diária de rega. A distância entre o ponto de captação no rio e o depósito é de 1850 m. a cooperativa possui o seguinte material:

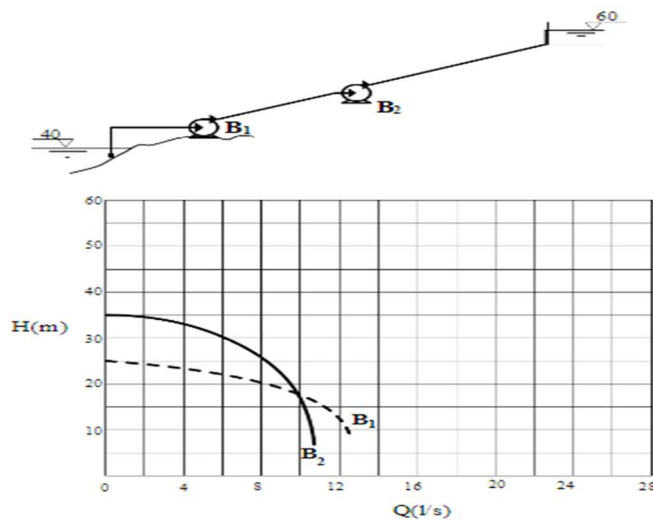
- tubo de PE de $D=150 \text{ mm}$
- tubo de PE com $D=110 \text{ mm}$
- duas bombas cujas curvas características se encontram na Figura

Considerando um tempo de bombagem de 8 h, $K=110$ e as perdas de carga localizadas como sendo 25% das contínuas, analise os dados e diga como utilizaria o material disponível



[]

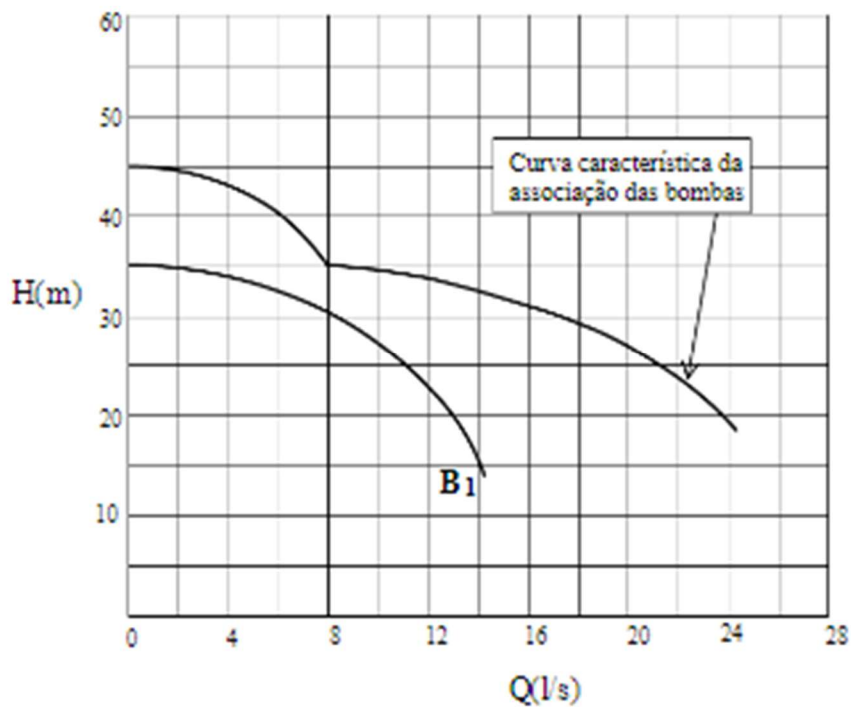
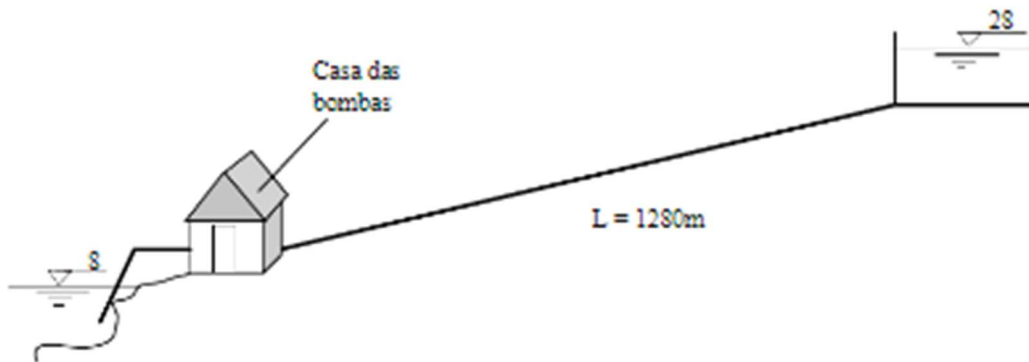
8. Duas bombas são usadas para transportar água entre dois reservatórios. A conduta é em PVC ($K=110$) e tem um comprimento total de 1260 m. As perdas de carga localizadas representam 20% das perdas contínuas. Que diâmetro deverá ter a tubagem de modo a que as alturas manométricas das duas bombas sejam iguais?



[110 mm]

9. Dois reservatórios de grandes dimensões estão ligados por uma conduta com 155 mm de diâmetro, um comprimento de 1280 m e $K=85$. A bombagem é efectuada por duas bombas. Conhece-se a curva da bomba B_1 e a curva da associação das duas bombas. Considere que as perdas de carga localizadas representam 10% das perdas contínuas.

- que tipo de associação de bombas está instalada?
- trace a curva da bomba B_2
- Qual o caudal transportado?
- Qual o caudal impulsionado por cada bomba?



[16 L/s ; $B_1 = 7$ L/s $B_2 = 9$ L/s]

PERDAS DE CARGA CONTÍNUAS – SERVIÇO UNIFORME NO PERCURSO

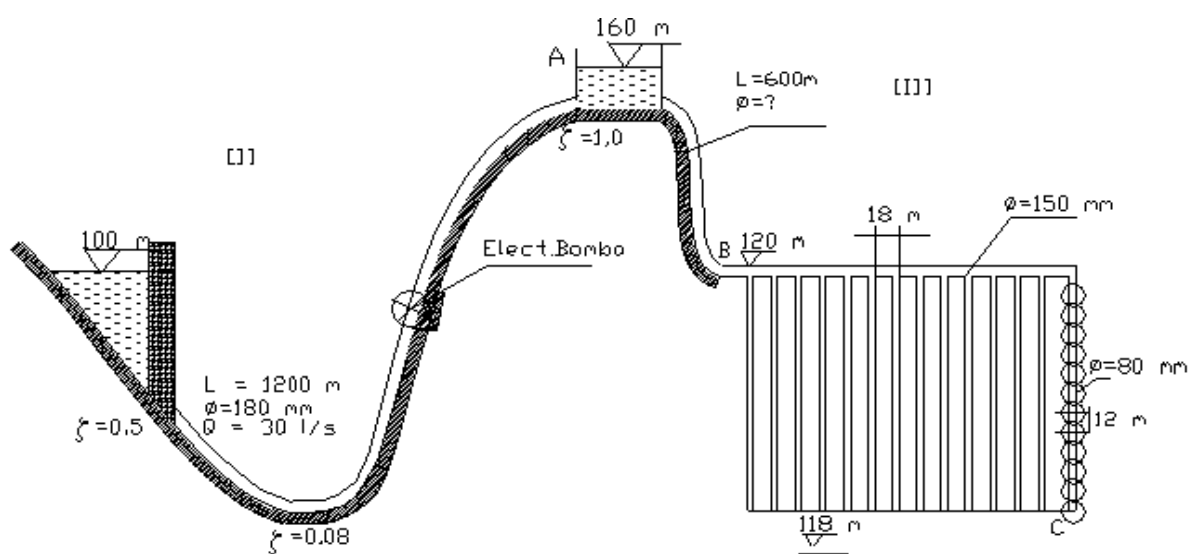
1. Na figura está representada uma estação de bombagem [I] que eleva a água de uma barragem para o reservatório A para ser utilizada na rega e num agregado populacional. Com os dados da figura calcule:

- a altura manométrica total da bomba (considere $C = 51.12$ na fórmula de Chézy, para toda a tubagem);
- a potência mínima da bomba sabendo que o seu rendimento é de $\eta_b = 0.75$;
- sabendo que o rendimento do motor é de $\eta_m = 0.95$, calcule, em euros, a despesa que se faz diariamente com o grupo motor-bomba sabendo que trabalha 20 h por dia e o kWh custa 0.07 €.

Do reservatório A rega-se uma parcela ligeiramente inclinada [II] que fica entre as cotas de 120.0 e 118.0 m. Rega-se com 14 rampas com 12 aspersores cada uma. Cada aspersor está à altura de 1.0 m acima do solo, debita 0.15 L/s e necessita de 2.5 kgf/cm² de pressão para funcionar. Com os dados da figura calcule:

- o caudal que passa na tubagem e que é necessário à rega;
- a perda de carga contínua nas rampas e no porta-rampas (use a fórmula de Chézy com $C = 51.12$). Considere que a pressão mínima disponível em todos os aspersores deverá ser a pressão de funcionamento indicada.
- Se a altura piezométrica em B for 26 m, determine o diâmetro da tubagem entre A e B

Nota: Para as alíneas e) e f) despreze as perdas de carga singulares em toda a tubagem, a altura geratriz da velocidade no último aspersor e use a fórmula de Chézy ($C = 51.12$).



[a) $z = 74.3$ m ; b) 29 kW ; c) 42.9 € ; d) $Q = 25.2$ L/s ; e) ; f) $\varnothing = 146$ mm]

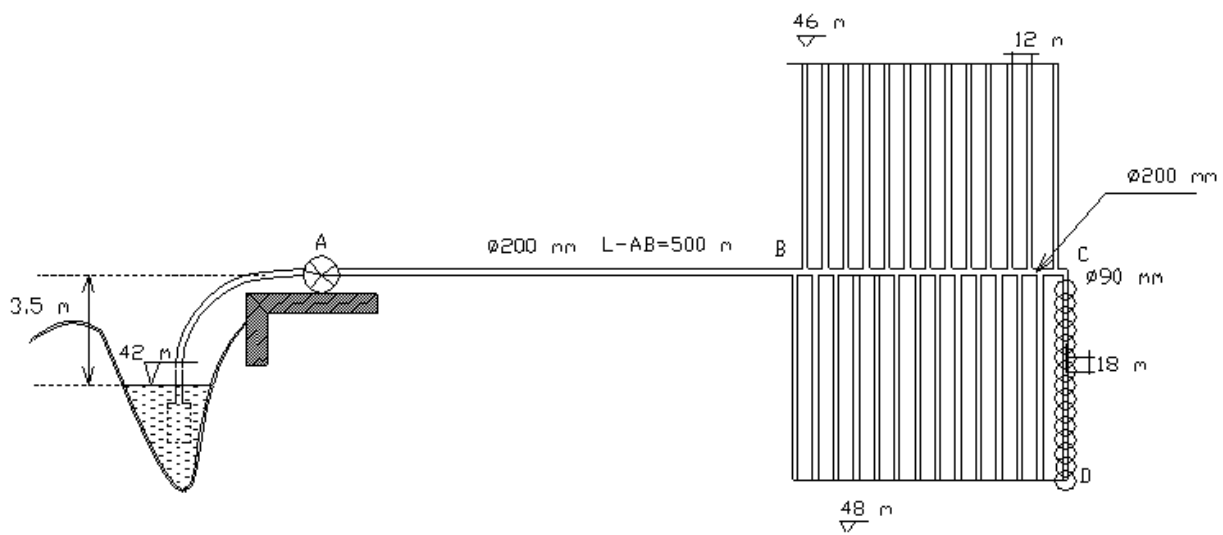
2. Na figura está representada uma estação de bombagem para regar uma parcela agrícola. Regase, de cada vez, com 27 rampas tendo cada uma 15 aspersores. Cada aspersor está instalado a 1.5 m do solo e debita 0.20 L/s para a pressão de funcionamento recomendada.

A conduta de aspiração, de ferro fundido, tem um comprimento de 16.0 m e um diâmetro de $\varnothing = 200$ mm e é munida de ralo e válvula de pé ($\xi = 2.5$).

Com os dados da figura calcule:

- a potência da bomba necessária à rega supondo $\eta_b = 0.65$, de forma a que todos os aspersores funcionem à pressão mínima de 3.0 kgf/cm²;
- Sabendo que o grupo motor-bomba trabalha 5 dias por semana e 10 h por dia, que o rendimento do grupo é $\eta_g = 0.58$ e que o custo do kWh = 0.08 €, calcule a despesa que se faz, semanalmente, com o consumo de energia eléctrica;
- a altura máxima de aspiração, sabendo que a essa bomba corresponde um NPSH de 3.0 m, a pressão local mínima a considerar é de 90 % da pressão normal e a temperatura da água é de 30º C.

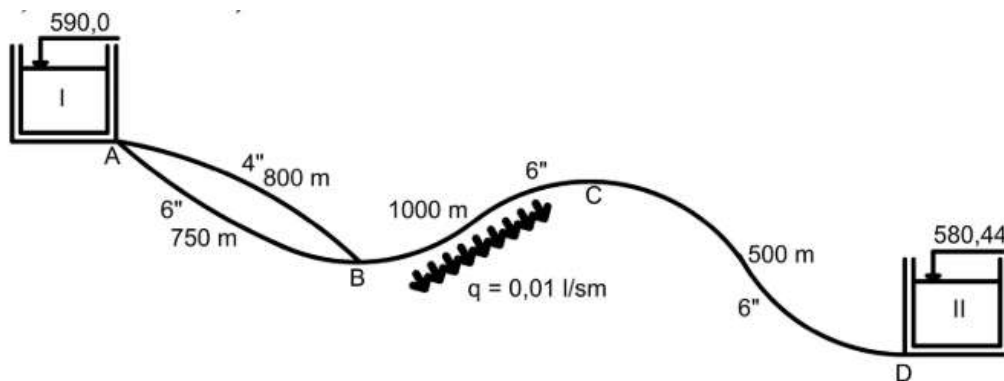
Nota: use a fórmula de Flamant para a conduta de aspiração e a de Hazen-Williams ($j = 1.21 \times 10^{10} \left[\frac{Q}{CH} \right]^{1.852} D^{-4.87}$; com $j = \text{m/m}$, $Q = \text{L/s}$, $D = \text{mm}$ e em que $C_H = 135$) para as restantes condutas. Despreze as perdas de carga singulares na tubagem de elevação e a altura geratriz da velocidade no último aspersor.



[a) $P_b = 68.0$ kW ; b) c) $Z_{asp(max)} = 4.45$ m]

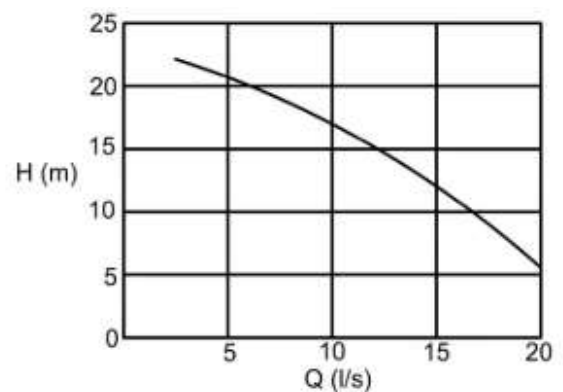
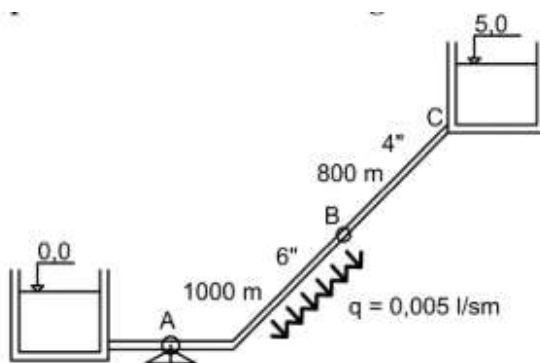
3. O sistema de distribuição de água mostrado na Figura é constituído por tubagens do mesmo material. O caudal que sai do reservatório é 20 L/s. Entre os pontos B e C existe serviço no percurso com um caudal unitário de $q = 0.01 \text{ L/(s m)}$. Assumindo um factor de resistência $f=0.020$, igual para todas as tubagens, e desprezando as perdas de carga singulares, determine:

- a carga piezométrica no ponto B e os caudais que passam nas duas tubagens que ligam A a B
- a altura piezométrica em C se a sua cota geométrica for de 576 m



[a) 586.7 m ; 14.8 L/s 5.2 L/s b) 5.86 m]

4. No sistema representado na Figura todas as tubagens são de aço ($C_H=130$). Da bomba até ao ponto B existe serviço de percurso com caudal unitário de $q=0.005 \text{ L/(s m)}$. Tendo em conta a curva característica da bomba, determine o caudal que chega ao reservatório superior e a cota piezométrica no ponto B. Despreze as perdas de carga localizadas.



[Q = 6.8 L/s ; 12.6 m]

Solução 1:

4" = 0,1 m (Caminho 1)

6" = 0,15 m (Caminho 2)

$$\frac{P_A}{\gamma} + z_A + \frac{V^2}{2g} = \frac{P_B}{\gamma} + z_B + \frac{V^2}{2g} + \Delta H \text{ onde } CP_A = \frac{P_A}{\gamma} + z_A \text{ e } CP_B = \frac{P_B}{\gamma} + z_B$$

$$\therefore CP_A = CP_B + \Delta H \Leftrightarrow 590 = CP_B + \Delta H \Leftrightarrow CP_B = 590 - \Delta H$$

Cálculo de ΔH :

$$\Delta H = 0,0827 \cdot \frac{f \cdot L}{D^5} \cdot Q^2 \Rightarrow 0,0827 \cdot \frac{f \cdot L_1}{D_1^5} \cdot Q_1^2 = 0,0827 \cdot \frac{f \cdot L_2}{D_2^5} \cdot Q_2^2 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \frac{800}{0,1^5} \cdot Q_1^2 = \frac{750}{0,15^5} \cdot Q_2^2 \Leftrightarrow Q_1 = 0,3514 Q_2$$

Mas

$$Q_1 + Q_2 = Q_A = 20 \text{ l/s} \Rightarrow 1,3514 Q_2 = 20 \Leftrightarrow Q_2 = 14,799 \text{ l/s} = 1,48 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\therefore CP_B = 590 - 0,0827 \cdot \frac{0,02 \cdot 790}{0,15^5} (1,48 \cdot 10^{-2})^2 = 586,42 \text{ m}$$

Solução 2:

Tubo de 6" = 0,15 m e 4" = 0,10 m

$$\Delta H_6 = \Delta H_4 \Leftrightarrow J_6 \cdot L_6 = J_4 \cdot L_4 \Leftrightarrow 10,65 \frac{Q_6^{1,85}}{C^{1,85} \cdot (0,15)^{4,87}} \cdot 750 = 10,65 \frac{Q_4^{1,85}}{C^{1,85} \cdot (0,1)^{4,87}} \cdot 800 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \frac{750 Q_6^{1,85}}{0,15^{4,87}} = \frac{800 Q_4^{1,85}}{0,1^{4,87}} \Leftrightarrow 7,717,858,853 Q_6^{1,85} = 59,304,819,31 Q_4^{1,85} \Leftrightarrow Q_6^{1,85} = 7,684 Q_4^{1,85} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow Q_6 = 3,011 Q_4$$

Do enunciado, tem-se que $Q_4 + Q_6 = 0,020$. Portanto:

$$Q_4 = 4,986 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_6 = 15,014 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

Para as respectivas vazões, tem-se:

$$V_6 = \frac{Q_6}{\pi D_6^2 / 4} = 0,8496 \text{ m/s}$$

$$V_4 = \frac{Q_4}{\pi D_4^2 / 4} = 0,6348 \text{ m/s}$$

Na tubulação de 6" de diâmetro, tem-se:

15 de 37

 **Baixar agora**

Baixado 399 vezes

$$b) \frac{P_B}{\gamma} + z_B = \frac{P_C}{\gamma} + z_C + \Delta H \Leftrightarrow 586,42 = \frac{P_C}{\gamma} + 576 + \Delta H \Leftrightarrow \frac{P_C}{\gamma} = 10,42 - \Delta H$$

$$Q_{F_{ac}} = \frac{Q_m + Q_j}{2} = \frac{0,02 + 0,01}{2} \rightarrow Q_F = 0,015 \text{ m}^3/\text{s},$$

André Barcellos Ferreira – andrepoetta@hotmail.com

Universidade Federal do Espírito Santo

15

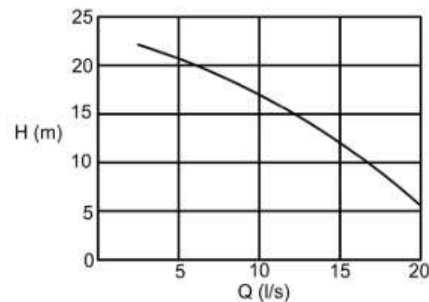
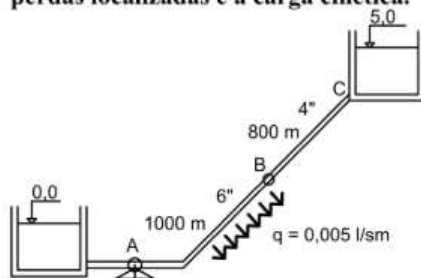
$$\therefore \Delta H = 0,0827 \cdot \frac{0,02 \cdot 1000}{0,15^5} \cdot 0,015^2 = 4,90 \text{ m}$$

$$\therefore \frac{P_C}{\gamma} = 10 - 42 - 4,9 = 5,52 \text{ mH}_2\text{O}$$

c) Da letra a, tem-se:

$$Q_1 = 0,3514 Q_2 = 0,3514 \cdot 1,48 \cdot 10^{-2} = 5,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

5.2 O esquema de bombeamento mostrado na Figura 5.21 é constituído de tubulações de aço com coeficiente de rugosidade da fórmula de Hazen-Williams $C = 130$. Da bomba até o ponto B, existe uma distribuição de vazão em marcha com taxa de distribuição constante e igual a $q = 0,005 \text{ l/(SM)}$. Para a curva característica da bomba, dada na figura, determine a vazão que chega ao reservatório superior e a cota piezométrica no ponto B. Despreze as perdas localizadas e a carga cinética.



$$z_A + \frac{P_A}{\gamma} + \frac{V_A^2}{2} + E = z_C + \frac{P_C}{\gamma} + \frac{V_C^2}{2} + \Delta H_{AC}$$

$$E = z_C - z_A + \Delta H_{AC} \Rightarrow E = 5 + J_{AB}L_{AB} + J_{BC}L_{BC}$$

$$E = 5 + \frac{10,65}{130^{1,85}} \left[\frac{Q_1^{1,85}}{0,1524^{4,87}} \cdot 1000 + \frac{Q_2^{1,85}}{0,1016^{4,87}} \cdot 800 \right]$$

$$Q_A = Q_f = \frac{Q_A + Q_B}{2} = Q_A - 0,0025 = Q_1$$

$$Q_B = Q_A - qL_{AB} = Q_A - 0,005 = Q_2$$

$$E = 5 + \frac{10,65}{130^{1,85}} \left[\frac{(Q_A - 0,0025)^{1,85}}{0,1524^{4,87}} \cdot 1000 + \frac{(Q_A - 0,005)^{1,85}}{0,1016^{4,87}} \cdot 800 \right]$$

$$= 5 + 12,457,12(Q_A - 0,0025)^{1,85} + 71,179,3(Q_A - 0,005)^{1,85}$$

Q	5	10	15	20
H	20	17,5	12,5	5
E	5,2	10,4	23,1	42,3

Internolando:

17 de 37

[Baixar agora](#)

Baixado 399 vezes

$$Q_C = Q_B = Q_A - qL_{AB} = 11,8 - 5 = 6,8 \text{ l/s}$$

A cota piezométrica em B é:

$$z_A + \frac{P_A}{\gamma} + \frac{V_A^2}{2} + E = z_B + \frac{P_B}{\gamma} + \frac{V_B^2}{2} + \Delta H_{AB}$$

$$15,7 = CP_B + \frac{10,65}{130^{1,85}} \cdot \frac{0,0093^{1,85}}{0,1524^{4,87}} \cdot 1000$$

$$Q_F = \frac{11,8 + 6,8}{2} = 9,3$$

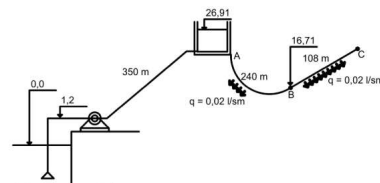
$$CP_B = 15,7 - 2,2 = 13,5 \text{ m}$$

- 6.1 O sistema de recalque mostrado na Figura 6.9 faz parte de um projeto de irrigação que funciona 5 horas e meia por dia. O sistema possui as seguintes características:
- tubulação de sucção com 2,5 m de comprimento, constando de uma válvula de pé com crivo e uma curva 90° R/D = 1;
 - uma bomba que mantém uma altura total de elevação de 41,90 m, para a vazão recalçada;
 - uma caixa de passagem, em nível constante, com NA = 26,91 m;
 - vazão de distribuição em marcha (vazão unitária de distribuição) constante a partir do ponto A igual a $q = 0,02$ l/sm.
- Determine:
- os diâmetros de recalque e sucção (adotar o mesmo) usando a Equação 5.18 (ver a Seção 5.4.3);
 - a carga de pressão disponível imediatamente antes e depois da bomba;
 - os diâmetros dos trechos AB e BC, sendo o ponto C uma ponta seca, vazão nula. Dimensione os diâmetros pelas vazões de montante de cada trecho;
 - a potência do motor elétrico comercial.
- Dados:
- rendimento da bomba: 65%;
 - material de todas as tubulações: ferro fundido novo ($C=130$);
 - utilize a equação de Hazen-Williams;
 - perdas de carga localizadas no recalque, desprezíveis.

André Barcellos Ferreira – andrepoetta@hotmail.com

Universidade Federal do Espírito Santo

23



- a) A vazão de sucção é:
- $$Q = q(240 + 108) = 9,96 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$
- Equação 5.18 $\rightarrow D_f(m) = 1,34 \sqrt[5]{X \sqrt{Q(m^3/s)}}$, em que X é a fração do dia de funcionamento do sistema.
- $$X = \frac{5,5}{24} = 0,229 \text{ e } Q = 0,02 \cdot (240 + 108) = 6,96 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$
- $$\therefore D_f = 1,34 \sqrt[5]{0,229 \sqrt{6,96 \cdot 10^{-3}}} = 0,0750 \text{ m}$$
- b) Equação da energia em NA₁ e imediatamente antes de B:
- $$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = z_B + \frac{p_B}{\gamma} + \frac{V_B^2}{2g} + \Delta H_m \Leftrightarrow 0 = z_B + \frac{p_B}{\gamma} + \frac{V_B^2}{2g} + \Delta H_m \Leftrightarrow 0 = 1,2 + \frac{p_B}{\gamma} + \frac{V_B^2}{2g} + \Delta H_m$$
- $$V_B = \frac{Q}{\pi \cdot D_f^2 / 4} = \frac{6,96 \cdot 10^{-3}}{4,418 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow V_B = 1,57 \text{ m/s}$$
- (i) Crivo: $L_{c1} = 0,56 + 255,48D = 19,721$
- Tabela 3.6 $\rightarrow$ (ii) Curva: $L_{c2} = 0,115 + 15,53D = 1,31975$
- $$\Delta H_m = (L_1 + L_{c1} + L_{c2}) \cdot J = (23,541) \cdot 10,65 \cdot \frac{Q^{1,85}}{C^{1,85} D^{4,87}} \Leftrightarrow \Delta H_m = 0,945 \text{ m}$$
- $$\therefore 0 = 1,2 + \frac{p_B}{\gamma} + \frac{(1,57)^2}{2 \cdot 9,8} + 0,945 \Rightarrow \left(\frac{p_B}{\gamma} \right)_{\text{antes}} = -2,27 \text{ mH}_2\text{O}$$
- Equação da energia em NA₁ e imediatamente depois de B:
- $$H + z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = z_B + \frac{p_B}{\gamma} + \frac{V_B^2}{2g} + \Delta H_m \Leftrightarrow H = 1,2 + \frac{p_B}{\gamma} + \frac{1,57^2}{2 \cdot 9,8} + 0,945 (II)$$
- Temos $C = 130$ $\xrightarrow{\text{Tabela 2.3}} \beta = 3,932 \cdot 10^4$
- $$\Delta H_f = L_f \cdot J_f = L_f \cdot \frac{\beta \cdot Q^{1,85}}{100} = 350 \cdot \frac{3,932 \cdot 10^4 \cdot (6,96 \cdot 10^{-3})^{1,85}}{100} \Leftrightarrow \Delta H_f = 14 \text{ m}$$
- Como $H = z_B - z_m + \Delta H_m + \Delta H_f = (26,91 - 0) + 0,945 + 14 = 41,855 \text{ m}$, voltando a II,
- temos:
- $$41,855 = 1,2 + \frac{p_B}{\gamma} + \frac{1,57^2}{2 \cdot 9,8} + 0,945 \Rightarrow \left(\frac{p_B}{\gamma} \right)_{\text{depois}} = 39,58 \text{ mH}_2\text{O}$$
- c) Em A,

André Barcellos Ferreira – andrepoetta@hotmail.com

RIBD + slideshare

milhões de livros, documentos e muito mais sem anúncios.

SCRIBD + slideshare

Milhões de livros, documentos e muito mais sem anúncios.

Universidade Federal do Espírito Santo

24

- $Q_A = 6,96 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$
- Em B,
- $$Q_B = Q_A - q \cdot L_{AB} = (6,96 \cdot 10^{-3}) - (2 \cdot 10^{-5}) \cdot 240 \Rightarrow Q_B = 2,16 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$
- Pela Tabela 6.1, tem-se $Q_A = 6,96 \text{ l/s} < 3,14 \text{ l/s} \Rightarrow D_{AB} = 0,125 \text{ m}$. $Q_B = 2,16 \text{ l/s} < 3,14 \text{ l/s} \Rightarrow D_{BC} = 0,075 \text{ m}$
- d) Equação da energia em B e no NA₂,
- $$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = z_B + \frac{p_B}{\gamma} + \frac{V_B^2}{2g} + \Delta H_{AB} \Leftrightarrow z_1 = z_B + \frac{p_B}{\gamma} + \Delta H_{AB} \Leftrightarrow$$
- $$\Leftrightarrow 26,91 = 16,71 + \frac{p_B}{\gamma} + \Delta H_{AB} \text{ (III)}$$
- Temos $C = 130$ $\xrightarrow{\text{Tabela 2.3}} \beta = 3,267 \cdot 10^4$
- $$D = 0,125 \text{ m}$$

24 de 37

Baixar agora

Baixado 399 vezes

$$e) Pot = \frac{\gamma \cdot H \cdot Q}{\eta} = \frac{9,8 \cdot 41,855 \cdot 6,96 \cdot 10^{-3}}{0,65} \Rightarrow Pot = 4,39 \text{ kW}$$

$$Pot = \frac{10^3 \cdot H \cdot Q}{75 \eta} = \frac{10^3 \cdot 41,855 \cdot 6,96 \cdot 10^{-3}}{75 \cdot 0,65} \Rightarrow Pot = 5,97 \text{ cv}$$

