

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA “LUIZ DE QUEIROZ”

HIDRÁULICA: EXERCÍCIOS - TEOREMA DE BERNOULLI

Sérgio Nascimento Duarte
Prof. Dr. – Depto. de Eng. Rural

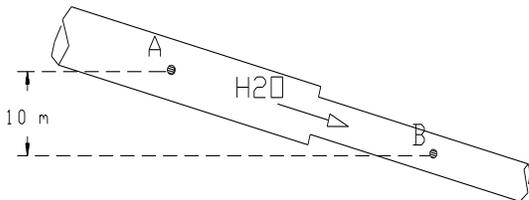
Tarlei Arriel Botrel
Prof. Livre Docente – Depto. de Eng. Rural

Raquel Aparecida Furlan
Pós-Graduanda- Depto. de Eng. Rural

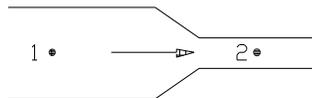
Piracicaba, 1996

Exercícios de Hidrodinâmica

- 1) Um conduto de 100 mm de diâmetro tem uma descarga de 6 L/s. Qual a velocidade média de escoamento?
- 2) Calcular o diâmetro de uma canalização para conduzir uma vazão de 100 L/s, com velocidade média do líquido em seu interior de 2 m/s.
- 3) Um fluido escoar por um tubo à velocidade média de 3 m/s. A pressão no eixo do tubo é de $350 \text{ g}^*/\text{cm}^2$ e sua altura sobre a referência adotada é de 4,5 m. Calcular a altura da carga total, em metros de coluna do fluido, quando este for:
 - a) água
 - b) óleo ($d = 0,80$)
- 4) Um vacuômetro instalado na canalização de sucção de uma bomba, 1,2 m abaixo desta, acusa uma depressão de 178 mm de Hg. O diâmetro da canalização é 10 cm e sua descarga de óleo ($d = 0,85$) é de 33 L/s. Calcular a altura total de carga neste ponto, tomando como plano de referência o plano da bomba e expressá-la em:
 - a) m. c. óleo
 - b) mca
- 5) O eixo de uma canalização de 300 mm, cuja descarga é de 170 L/s de água, está 9 m acima do plano de referência e sob a altura de carga total de 4,50 mca. Calcular a pressão absoluta no tubo, considerando a pressão atmosférica igual a 10 mca.
- 6) Um conduto é constituído por 2 trechos, com diâmetros de 0,25 e 0,20 m, como mostra a figura abaixo. Sabendo-se que a pressão no ponto A é de $1,5 \text{ kgf}/\text{cm}^2$ e que a velocidade no trecho de maior diâmetro é de 0,6 m/s, calcule a vazão no conduto e a pressão no ponto B. (Supor movimento sem atrito).



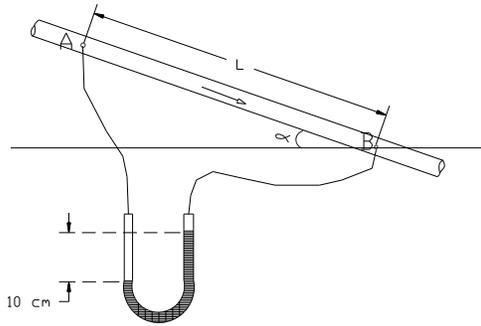
- 7) Uma tubulação horizontal transporta 850 L/seg de água. Em A tem ela o diâmetro de 450 mm e a pressão de $0,700 \text{ kg}/\text{cm}^2$; em B, o seu diâmetro é de 900 mm e a pressão de $0,763 \text{ kg}/\text{cm}^2$. Calcular a perda de carga entre os dois pontos.
- 8) Um tubo de 300 mm está ligado por meio de uma redução, a outro de 100 mm, como mostra a figura abaixo. Os pontos 1 e 2 acham-se à mesma altura, sendo a pressão em 1 de $2,1 \text{ kgf}/\text{cm}^2$, $Q = 28,3 \text{ L/s}$ e $0,21 \text{ kgf}/\text{cm}^2$ perda de energia entre 1 e 2. Calcular a pressão para:
 - a) água
 - b) óleo ($d = 0,80$)



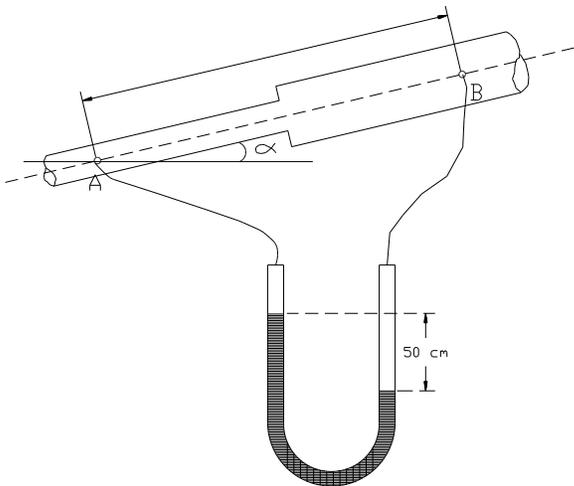
- 9) O diâmetro de uma tubulação aumenta gradualmente de 150 mm em A, a 450 mm em B, estando A 4,5 m abaixo de B. Se a pressão em A for de $0,7 \text{ kg}/\text{cm}^2$ e em B de $0,490 \text{ kg}/\text{cm}^2$, e a descarga de 140,0 L/s, quais:
 - a) o sentido do escoamento
 - b) a perda por atrito entre os dois pontos?

10) Calcule a perda de carga no trecho A-B da canalização da figura abaixo. Dados:

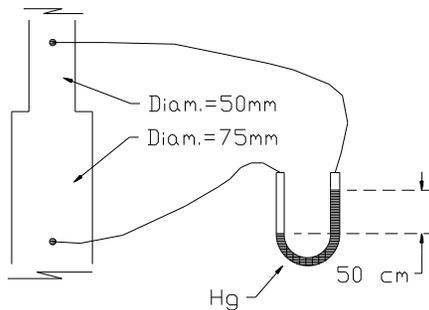
- Líquido em escoamento = óleo ($d = 0,8$)
- Líquido indicador = Hg ($d = 13,6$)



11) A canalização inclinada AB, esquematizada na figura abaixo, é composta por 2 trechos de diâmetro 50 e 75 mm. Analisando a deflexão da coluna de mercúrio do manômetro diferencial e sabendo-se que a canalização conduz água a uma vazão de 5 L/s , determine o sentido do escoamento e a perda de carga no trecho AB.



12) Calcule a perda de carga no trecho A-B da canalização vertical da figura abaixo, e diga qual é o sentido do fluxo, sabendo-se que a vazão escoada é de 5 L/s .



13) Calcular a vazão nos 3 venturímetros esquematizados na figura abaixo, supondo não haver perdas.

- Dados: - diâmetro da canalização = 100 mm
 - diâmetro da seção estrangulada = 50 mm
 - líquido em escoamento = H₂O
 - líquido manométrico = Hg
 - Deflexão "h" da coluna de mercúrio = 20 cm

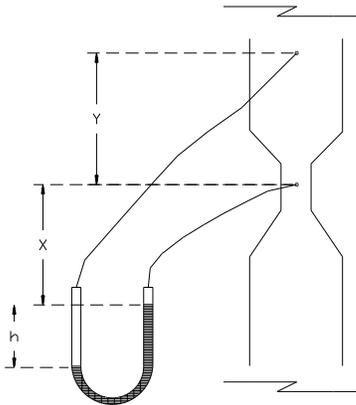


Fig. A

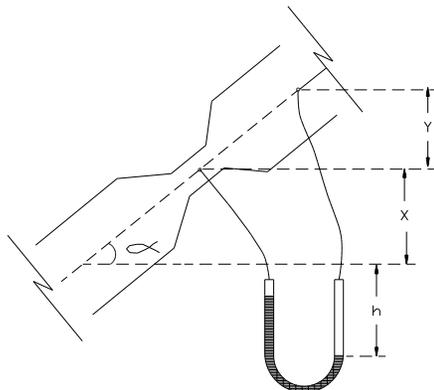


Fig. B

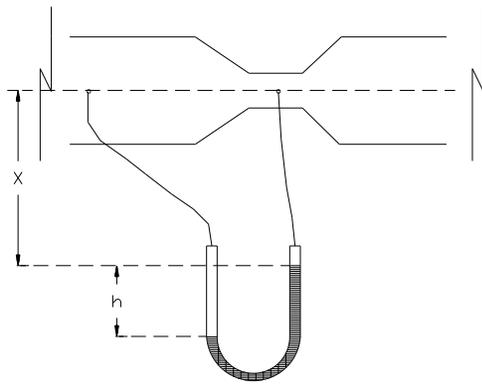


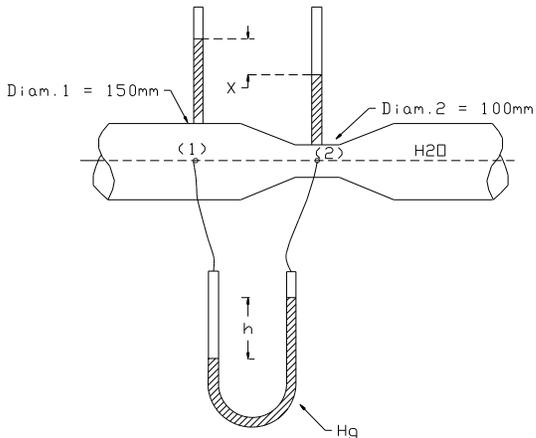
Fig. C

14) Ao longo de uma tubulação de 150 mm de diâmetro encontra-se um venturímetro ligado a um manômetro diferencial e a dois piezômetros. Sabendo-se que a velocidade na tubulação 1 de 2m/s, a pressão no ponto (1) é de 2,5 kgf/cm² e o líquido manométrico é o mercúrio com densidade relativa igual a 13,6.

Calcular:

- a pressão no ponto (2)
- a altura h (cm c. Hg)
- a altura x

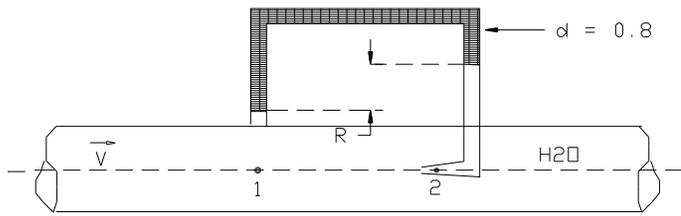
* Obs. : desprezar as perdas



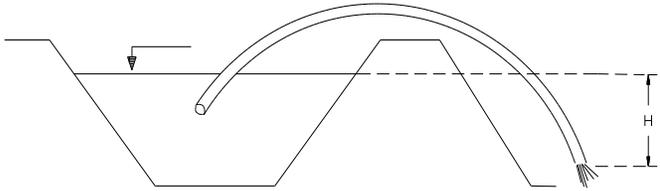
15) Um venturímetro de 150 mm no estrangulamento, intercala-se numa canalização d'água de 450 mm. Na escala diferencial parcialmente cheia de Hg (estando o resto cheio d'água), e ligada à boca e à cintura do medidor, a coluna mercurial estabiliza-se com um desnível de 375 mm. Calcule a vazão:

- desprezando o atrito
- considerando uma perda de carga entre a boca e a cintura de 300 mm de água.

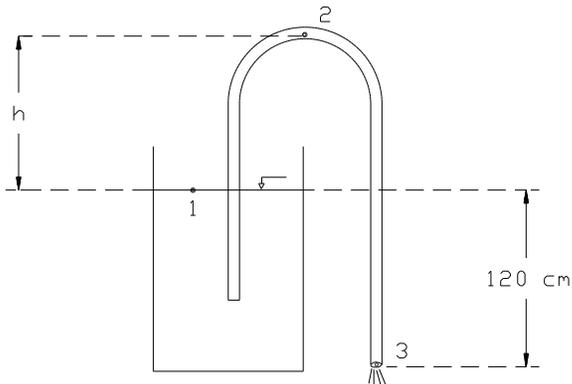
16) Na figura abaixo, determinar a velocidade V para $R = 30$ cm.



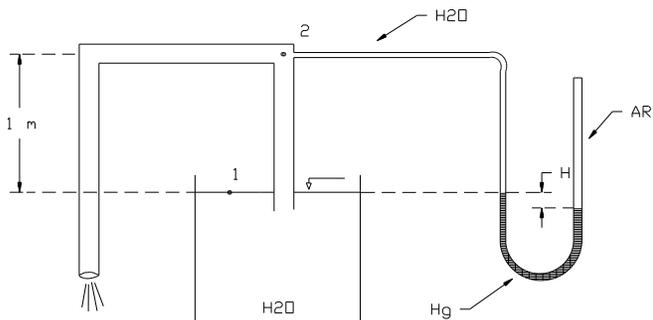
17) Calcule a altura H da figura abaixo, para que o sifão de 1 polegada forneça uma vazão de 1 L/s. (Despreze as perdas).



18) Desprezando-se as perdas, calcular o valor máximo de " h " na figura abaixo, para que a pressão absoluta no ponto 2 não seja menor que $0,25 \text{ kgf/cm}^2$, sabendo-se que a pressão barométrica local é de 10 mca.

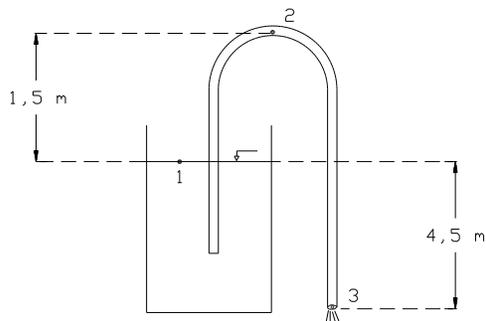


19) Um sifão de 6 polegadas conduz uma vazão de 40 L/s. Calcule a deflexão da coluna de mercúrio H do tubo em "U" que está conectado no ponto 2, situado a 1 m acima do nível da água, como mostra a figura abaixo. (Despreze as perdas).

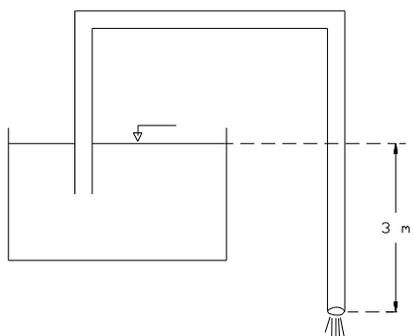


20) Calcular a vazão e a pressão no ponto 2 do sifão esquematizado abaixo. Dados:

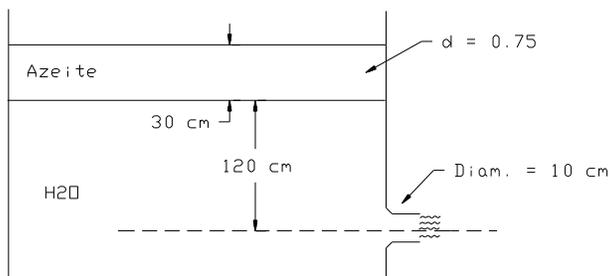
- a) líquido em escoamento = óleo ($\rho = 800 \text{ kgf/m}^3$)
- b) $h_f(1-2) = 1,0 \text{ m}$; $h_f(2-3) = 1,8 \text{ m}$
- c) diâmetro do sifão = 150 mm



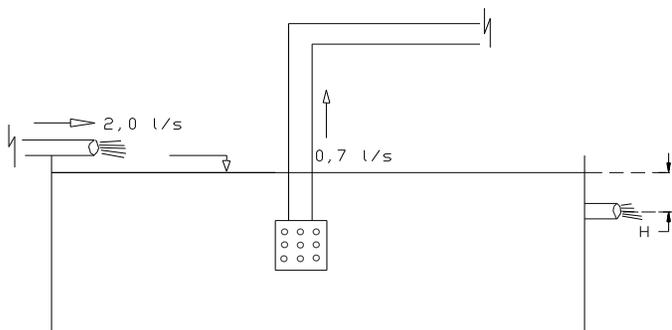
21) O sifão da figura abaixo tem 25 mm de diâmetro, e fornece para uma carga de 3m, uma vazão de 2L/s. Calcule a nova vazão que este mesmo sifão fornecerá, sob a mesma carga, quando adicionarmos à água uma determinada quantidade de uma poliacrilamida, sabendo-se que esse polímero irá reduzir em 20% a perda de carga, quando comparada com a perda que ocorre no escoamento com água pura.



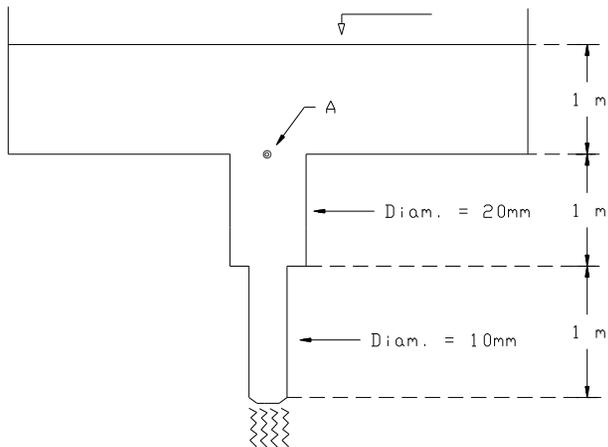
22) Desprezando-se as perdas, calcular a vazão no esquema abaixo:



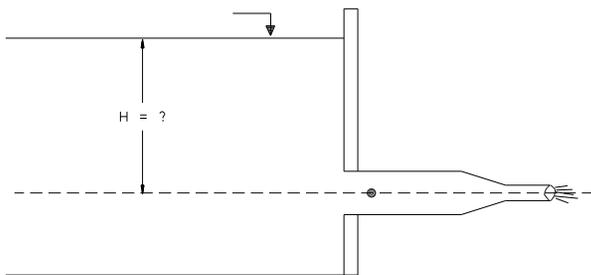
23) Um tanque que é abastecido com uma vazão de 2 L/s, possui uma demanda de 0,7 L/s. O excedente é evacuado através de um bocal ladrão de 25 mm de diâmetro, como mostra a figura abaixo. Calcule a altura H, na qual o nível da água se estabilizará. (Despreze as perdas).



24) Calcule a vazão na tubulação e a pressão no ponto A da figura supondo não haver perdas e que o nível d'água no reservatório se mantenha constante.

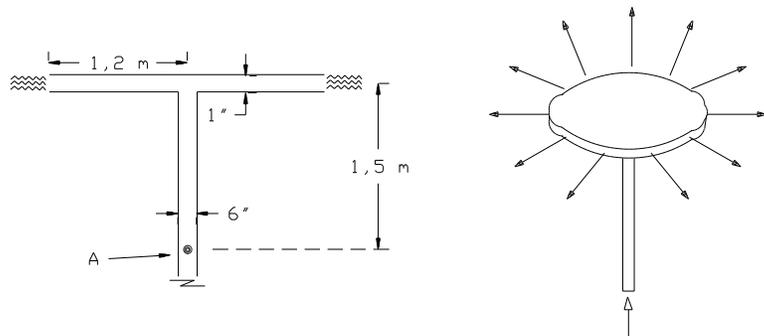


25) De uma pequena barragem, parte uma canalização de 250 mm de diâmetro, com poucos metros de extensão, havendo posteriormente uma redução para 125 mm. Do tubo de 125 mm, a água parte para a atmosfera em forma de jato. A vazão foi medida, encontrando-se o valor de 105 L/s. Desprezando-se as perdas, calcular a pressão na seção inicial da tubulação de 250 mm e a altura de água na barragem, da superfície ao eixo da canalização.

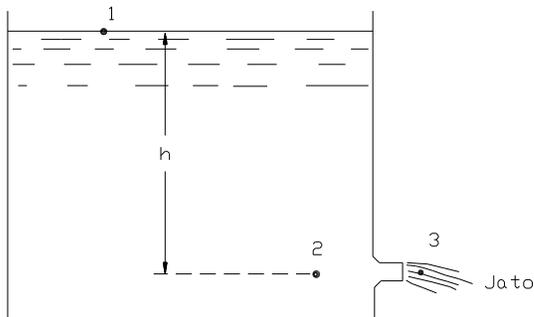


26) Uma canalização que conduz uma vazão de 140 L/s, descarrega a 1,80m de profundidade, num reservatório. O diâmetro da canalização na extremidade de descarga é de 300 mm. Calcular a pressão num ponto A localizado 1,20m acima do nível d'água, onde a canalização apresenta diâmetro igual a 250 mm, desprezando as perdas de energia.

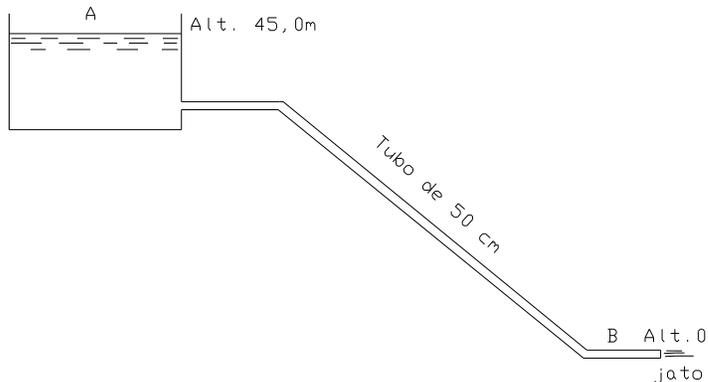
27) A água flui radialmente entre 2 flanges no final de um tubo de "6", como mostra a figura abaixo. Desprezando-se as perdas, calcular a vazão, sabendo-se que a pressão no ponto A é de 500 kgf/m². Obs.: Comprimento da circunferência = 2.π.r.



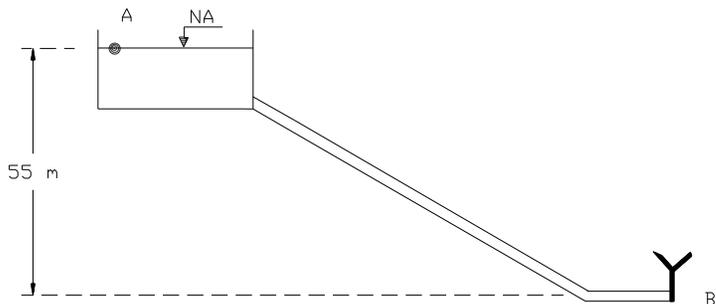
- 28) Um orifício lateral de um grande tanque, como o da figura abaixo descarrega água. Sua reação é circular, de 50 mm de diâmetro, sendo jato de igual dimensão. Mantêm-se o Nível d'água no reservatório 3,80 m acima do centro do jato. Calcular a descarga :
- desprezando a perda de carga;
 - supondo-a 10% de $h = 3,80$ m.



- 29) Na figura abaixo uma canalização de 50 mm, saindo de um reservatório, desce uma colina e descarrega livremente ao ar. Se a sua extremidade B, estiver 45 m abaixo da superfície d'água no reservatório em A, e se for de 33,6 m a perda de carga entre esse reservatório e o jato, qual lhe será a descarga?



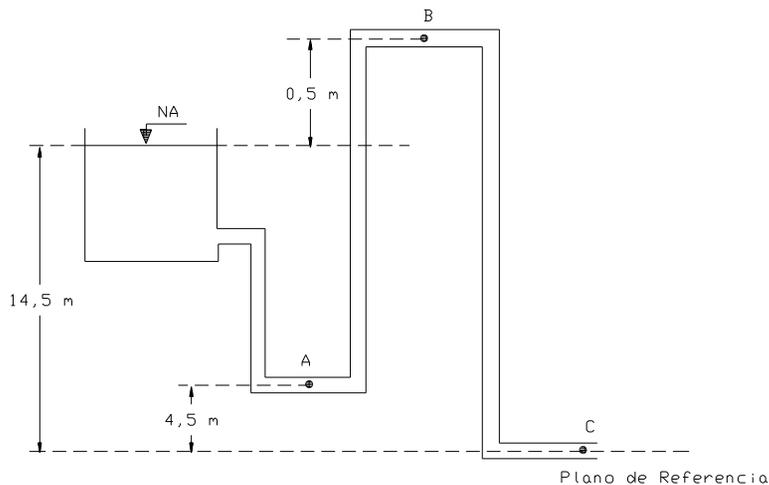
- 30) A água flui do reservatório (A) ao ponto (B) do esquema a seguir. No ponto (B) encontra-se um aspersor funcionando com uma pressão de 3 kgf/cm^2 e vazão de $5 \text{ m}^3/\text{h}$. Sendo a tubulação de uma polegada de diâmetro (2,54 cm), qual a perda de carga que esta ocorrendo de (A) a (B)?



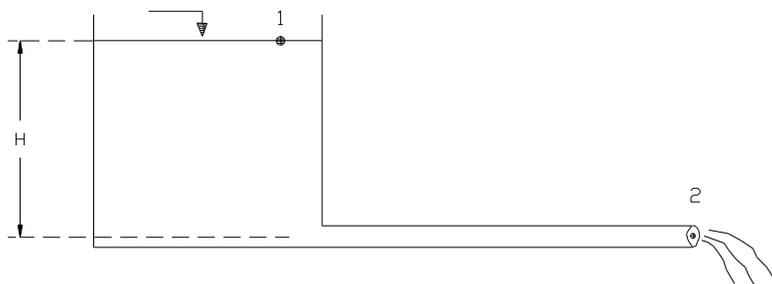
31) Calcular a vazão e a pressão nos pontos (A) e (B) do esquema abaixo:

- Dados: - diâmetro do tubo 5 cm
 - perda de carga do reservatório ao ponto A = 3,5 m
 - perda de carga do ponto A ao ponto B = 4,5 m
 - perda de carga do ponto B ao ponto C = 6,0 m

Obs.: Considerar o sistema em funcionamento



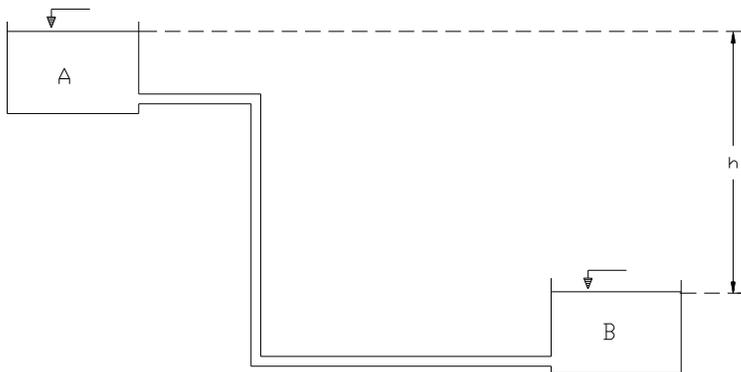
32) Sabendo-se que a vazão real na tubulação curta da Figura abaixo é 50% daquela que ocorreria, caso o escoamento fosse ideal (sem perda de carga), calcule a porcentagem da carga H que está sendo perdida do ponto 1 ao 2.



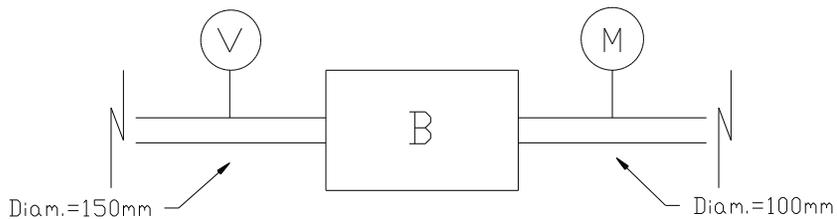
33) A Figura 3 mostra o esquema de 2 reservatórios (A) e (B) onde a água flui de (A) para (B) sob uma vazão de 100 L/s. Sabendo-se que a diferença de nível (h) é de 30 metros e a tubulação de diâmetro de 300 mm, pede-se:

- a) a velocidade da água na tubulação;
- b) a perda de carga que está ocorrendo entre os reservatórios (A) e (B);
- c) se colocarmos uma bomba hidráulica na tubulação próxima ao reservatório (B) e revertermos o processo, isto é, mandar a água de volta ao reservatório (A) sob mesma vazão, qual deverá ser a potência hidráulica fornecida por esta bomba?

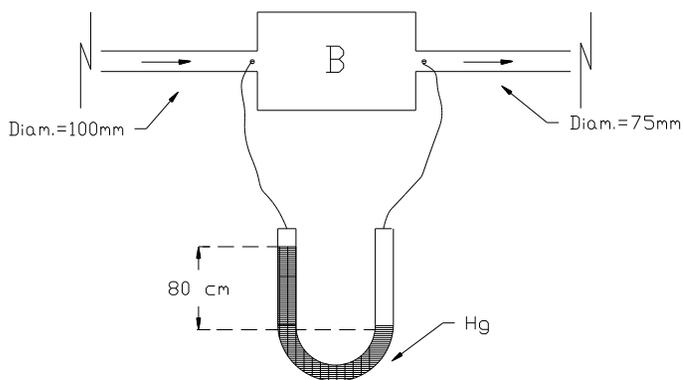
Obs.: Considerar que o sentido do fluxo na tubulação não altera a perda de carga.



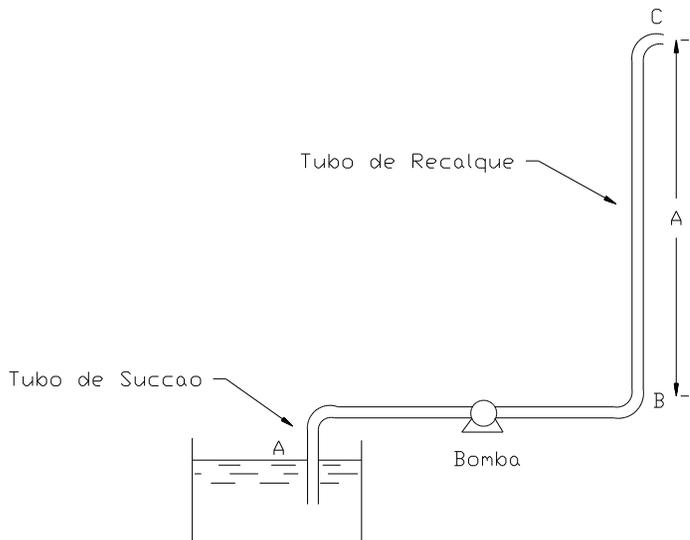
34) Calcular a potência absorvida pela bomba B, recalando 900 L/min d'água ($0,0015 \text{ m}^3/\text{s}$), se o vacuômetro da entrada acusa uma depressão de 300 mm de Hg, e o manômetro de saída uma pressão de $2,5 \text{ kgf/cm}^2$. Considerar o rendimento da bomba = 0,6.



35) Observando-se a deflexão da coluna de mercúrio do manômetro diferencial, calcule a potência fornecida pela bomba B, esquematizada na figura abaixo, sabendo-se que a mesma está recalando água a uma vazão de 11 L/s.



36) Uma bomba (figura abaixo) aspira água por intermédio de uma canalização de 200 mm e descarrega por outra de 150 mm, na qual a velocidade é de 2,40 m/seg. A pressão de sucção em A é de $-420 \text{ g}^*/\text{cm}^2$; em B, que se acha 2,40 m acima de A, ela é de $+4,2 \text{ kg/cm}^2$. Qual a potência da bomba se não houver perda por atrito?

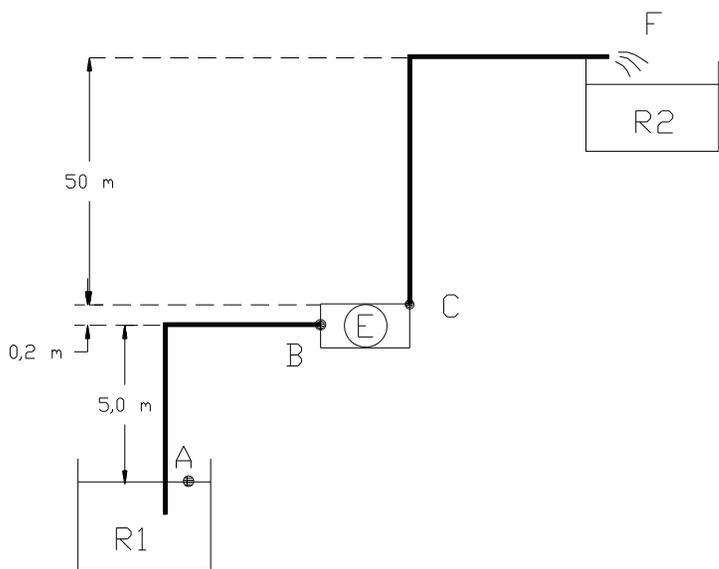


37) Uma bomba (Fig. anterior) aspira água por meio de uma canalização de 200 mm e descarrega por outra de 150 mm, com a velocidade de 3,6 m/s. A pressão de sucção é de -450 g*/cm^2 . A canalização de 150 mm descarrega livremente no ar, em C. A que altura h , acima de B se elevará a água, sabendo-se que B está 1,80 m acima de A e que a bomba é acionada por um motor que lhe fornece 20 CV? Suponha-se a eficiência da bomba de 70% e a perda de carga na canalização, de A a C, de 3 mca.

38) A bomba E eleva água entre os reservatórios R1 e R2, como mostra a figura abaixo. O eixo da bomba está situado a 5,0 m acima da superfície livre R1. No ponto F do sistema elevatório (50,2 m acima do eixo da bomba), a água descarrega na atmosfera. Há um desnível de 0,2 m entre o eixo da bomba e sua saída no ponto C. São dados:

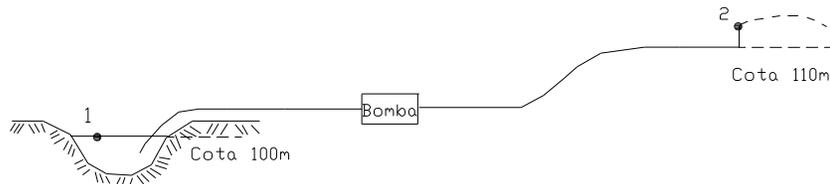
- a) Diâmetro AB = Diâmetro CF = 200 mm
- b) $PC = 5,4 \text{ kgf/cm}^2$
- c) $hf_{AB} = 5 \cdot V^2 / 2 \text{ g}$
- d) $hf_{CF} = 3 \cdot V^2 / 2 \text{ g}$

Determinar a vazão e a potência da bomba em CV e em kgf.m/s .

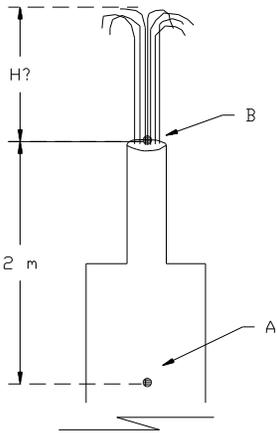


39) Calcule a potência absorvida pela bomba do esquema abaixo sabendo-se que o canhão hidráulico no ponto 2 está fornecendo uma vazão de $13 \text{ m}^3/\text{h}$, com uma pressão de serviço de 3 kgf/cm^2 .

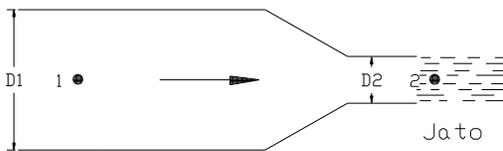
- Dados:
- diâmetro do tubo (1-2) = 50 mm
 - $hf(1-2) = 8 \text{ m}$
 - rendimento da bomba: $\eta_b = 70\%$
 - altura da haste do canhão: $A_h = 3 \text{ m}$



- 40) Após percorrer o trecho vertical A-B, a água descarrega em forma de jato, na atmosfera, como mostra a Fig. Abaixo. Sabendo-se que o diâmetro do tubo A é o dobro do diâmetro do tubo B, e que a pressão no ponto A é de $0,35 \text{ kgf/cm}^2$, estime a altura "h" do jato, desprezando as perdas de energia.

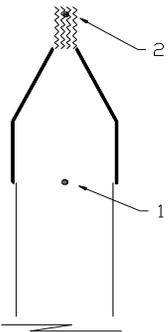


- 41) Calcular a carga de velocidade do jato da figura abaixo para $D1 = 75 \text{ mm}$, diâmetro do jato $D2 = 25 \text{ mm}$, a pressão do líquido corrente em 1 igual a $30,0 \text{ m}$, e a perda de carga entre os pontos 1 e 2, igual a 5i da carga de velocidade no ponto 2.



- 42) Uma mangueira de incêndio de $62,5 \text{ mm}$, alimenta com água um jato de 25 mm de diâmetro (Ponto 2) de um bocal, como mostra a figura abaixo. A perda de carga no bocal é de 4% da carga de velocidade do jato. Sendo a pressão manométrica na base do bocal de $4,2 \text{ kgf/cm}^2$ (Ponto 1):

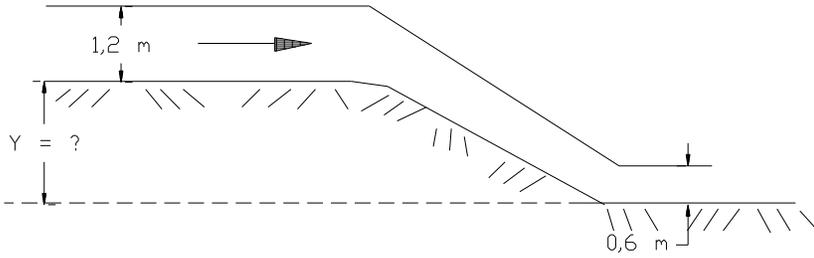
- Qual será a descarga em m^3/s ;
- Qual será o máximo alcance vertical do jato? (Desprezar a distância entre 1 e 2 e a resistência do ar).



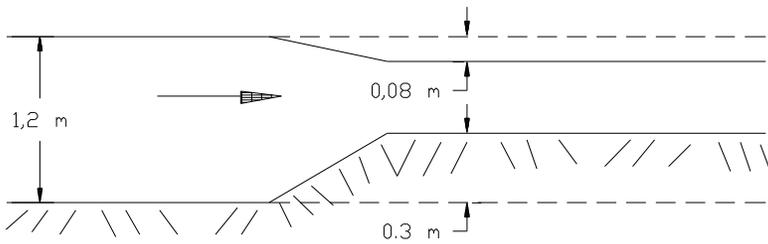
- 43) Uma mangueira de incêndio de $62,5 \text{ mm}$, alimenta um jato de 32 mm de diâmetro. Se a perda de carga no bocal for de $1,80 \text{ m}$, qual a pressão manométrica a se manter na base do bocal (Ponto 1 da figura anterior) para lançar um jato verticalmente a 30 m , desprezando a resistência do ar.

- 44) Uma bomba de incêndio fornece água por uma canalização de 150 mm , a um hidrante ao qual se ligou uma mangueira de 75 mm de diâmetro, alimentando por sua vez um bocal com jato de 25 mm de diâmetro. O bocal está acima do hidrante, que se acha 15 m acima da bomba. Supondo ser de $8,4 \text{ m}$ a perda de carga entre a bomba e a base do bocal, e 6% da carga de velocidade a perda de carga no bocal, qual a pressão manométrica necessária na saída da bomba para que o jato do bocal possa ser lançado verticalmente 24 m ?

- 45) Em um canal de concreto, a profundidade é de 1,2 m e as águas escoam com uma velocidade média de 2,4 m/s, até certo ponto, onde devido a uma queda, a velocidade se eleva à 12 m/s, reduzindo-se a profundidade a 0,6m. Desprezando-se as perdas por atrito, determinar a diferença de nível entre as duas partes do canal.



- 46) A largura de um canal retangular reduz-se de 1,8 m a 1,5 m e o fundo eleva-se de 0,3 m da primeira à segunda seção, conforme a figura abaixo. A profundidade da primeira seção é de 1,2 m e o rebaixamento da superfície livre até a segunda é de 0,08 m. Determinar a vazão da água no canal, desprezando-se as perdas



RESPOSTAS

- 1) 0,764 m/s
- 2) 252 mm
- 3) a) 8,46 mca ; 9,33 m.c. óleo
- 4) a) - 3,148 m.c. óleo; b) - 2,676 mca
- 5) 5205 kgf/m²
- 6) 29,45 L/s; 24,974 kgf/m²
- 7) 0,735 mca
- 8) a) 1,82 kgf/cm² b) 1,88 kgf/cm²
- 9) a) De A para B b) 0,76 mca
- 10) 2048 kgf/m²
- 11) Sentido de B para A; 6,035 mca
- 12) 6,035 mca, sentido de A para B
- 13) a) 14,3 L/s, b) 14,3 L/s, c) 14,3 L/s
- 14) a) 2 4172 kgf/m b) 6,6 cm c) 82,8 cm
- 15) a) 171,2 L/s b) 165,7 L/s
- 16) 1,085 m/s
- 17) 19,85 cm
- 18) 6,3 m
- 19) 18 mm
- 20) 102,06 L/s, - 3 360 kgf/m²
- 21) 2,457 L/s
- 22) 47,63 L/s
- 23) 35,75 cm
- 24) 0,6 L/s, 812,5 kgf/cm²
- 25) 3500 kgf/m², 3,73 m
- 26) - 1 415 kgf/m²
- 27) 84,9 L/s
- 28) a) 16,95 L/s, b) 16,08 L/s
- 29) 29,4 L/s
- 30) 24,62 mca
- 31) 6,15 L/s; PA = 6 000 kgf/m²; PB = - 9 000 kgf/m²
- 32) 75%
- 33) a) 1,415 m/s; b) 30 mca; c) 80 CV
- 34) 9,7 CV
- 35) 1,51 CV
- 36) 27,6 CV
- 37) 7 m
- 38) 160,5 L/s; 143,8 CV