

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

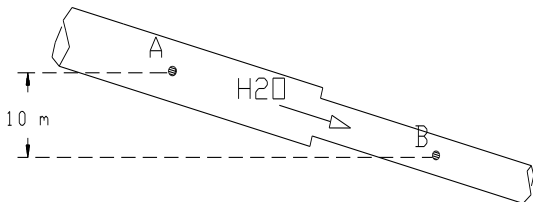
Tarlei Arriel Botrel
Prof. Livre Docente – Depto. de Eng. Rural

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

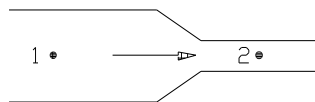
Piracicaba, 1996

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).



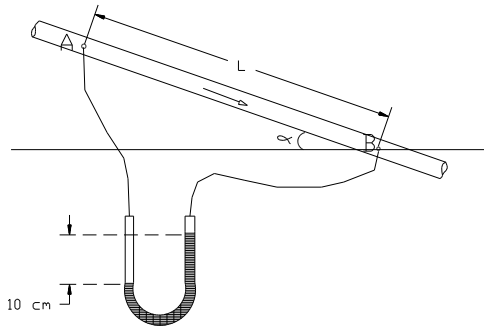
- 7) Uma tubulação horizontal transporta 850 L/seg de água. Em A tem ela o diâmetro de 450 mm e a pressão de $0,700 \text{ kg}/\text{cm}^2$; em B, o seu diâmetro é de 900 mm e a pressão de $0,763 \text{ kg}/\text{cm}^2$. Calcular a perda de carga entre os dois pontos.
- 8) Um tubo de 300 mm está ligado 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 ($d = 0,80$)



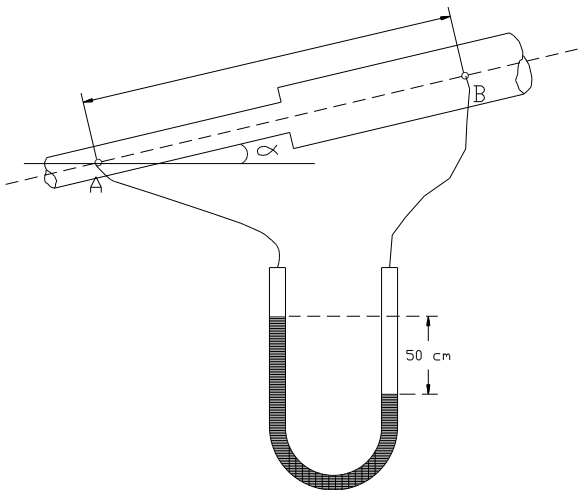
- 9) O diâmetro de uma tubulação aumenta gradualmente de 150 mm em A, a 450 mm em B, estando A 4,5 m abaixo de B. Se a pressão em A for de $0,7 \text{ kg}/\text{cm}^2$ e em B de $0,490 \text{ kg}/\text{cm}^2$, e a descarga de 140,0 L/s, quais:
 - a) o sentido do escoamento
 - b) a perda por atrito entre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

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

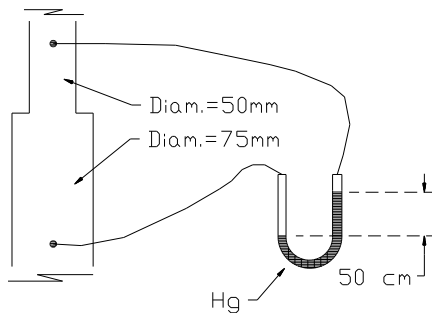
- Líquido em escoamento = óleo ($d = 0,8$)
- Líquido indicador = Hg ($d = 13,6$)



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

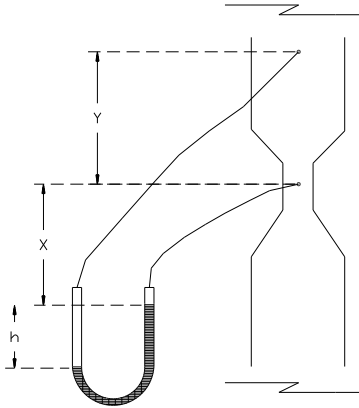


Fig. A

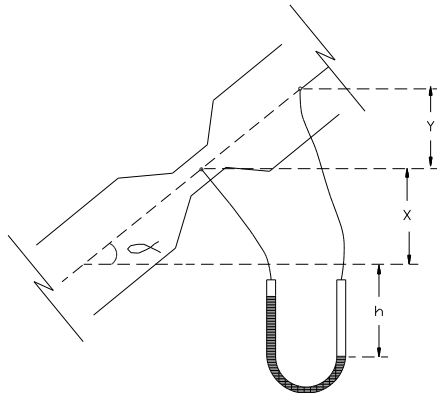


Fig. B

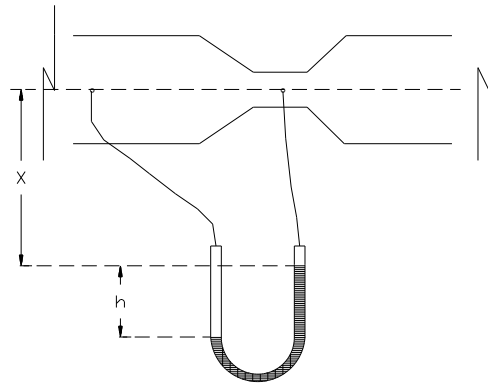


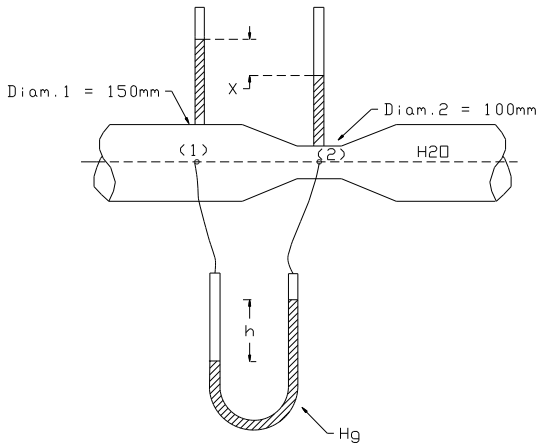
Fig. C

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

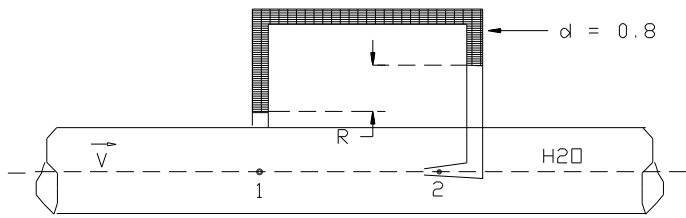
* Obs. : desprezar as perdas



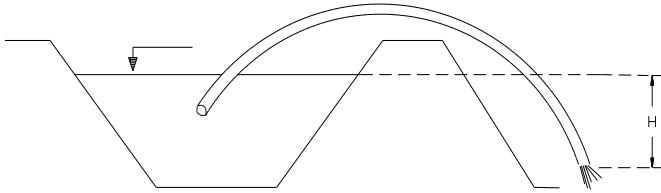
15) Um venturímetro de 150 mm no estrangulamento, intercala-se numa canalização d'água de 450 mm. Na escala diferencial parcialmente cheia de Hg (estando o resto cheio d'água), e ligada à boca e à cintura do medidor, a coluna mercurial estabiliza-se com um desnível de 375 mm. Calcule a vazão:

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

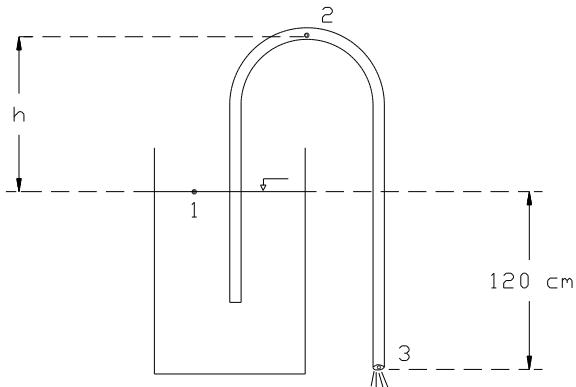
16) Na figura abaixo, determinar a velocidade V para $R = 30$ cm.



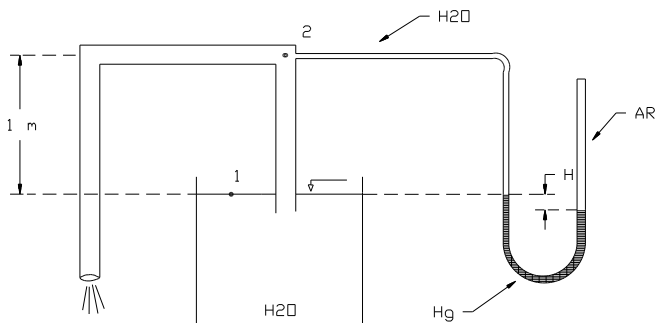
17) Calcule a altura H da figura abaixo, para que o sifão de 1 polegada forneça uma vazão de 1 L/s. (Despreze as perdas).



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.

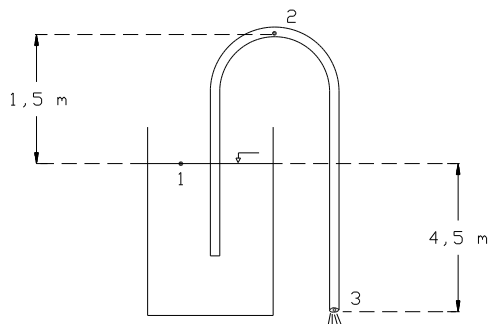


19) Um sifão de 6 polegadas conduz uma vazão de 40 L/s. Calcule a deflexão da coluna de mercúrio H do tubo em "U" que está conectado no ponto 2, situado a 1 m acima do nível da água, como mostra a figura abaixo. (Despreze as perdas).

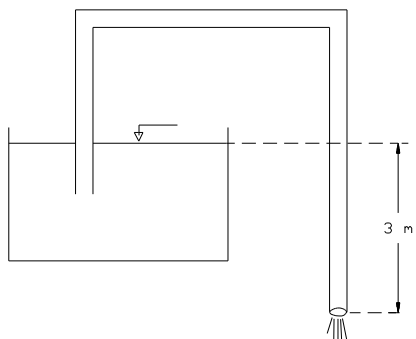


20) Calcular a vazão e a pressão no ponto 2 do sifão esquematizado abaixo. Dados:

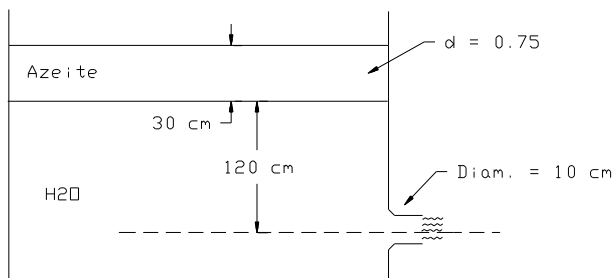
- a) líquido em escoamento = óleo ($\rho = 800 \text{ kgf/m}^3$)
- b) $h_f(1-2) = 1,0 \text{ m}$; $h_f(2-3) = 1,8 \text{ m}$
- c) diâmetro do sifão = 150 mm



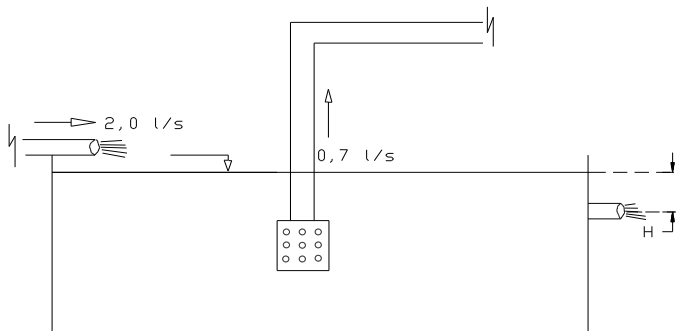
21) O sifão da figura abaixo tem 25 mm de diâmetro, e fornece para uma carga de 3m, uma vazão de 2L/s. Calcule a nova vazão que este mesmo sifão fornecerá, sob a mesma carga, quando adicionarmos à água uma determinada quantidade de uma poliacrilamida, sabendo-se que esse polímero irá reduzir em 20% a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



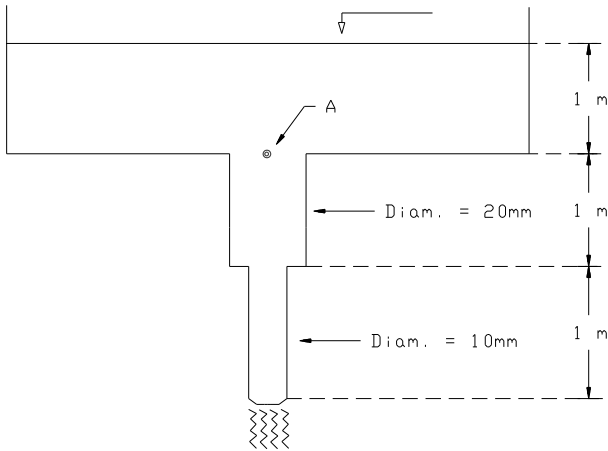
22) Desprezando-se as perdas, calcular a vazão no esquema abaixo:



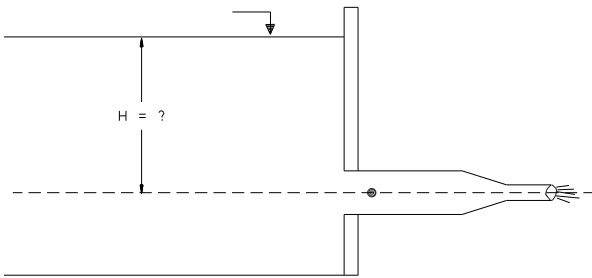
23) Um tanque que é abastecido com uma vazão de 2 L/s, possui uma demanda de 0,7 L/s. O excedente é evacuado através de um bocal ladrão de 25 mm de diâmetro, como mostra a figura abaixo. Calcule a altura H, na qual o nível da água se estabilizará. (Despreze as perdas).



- 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.

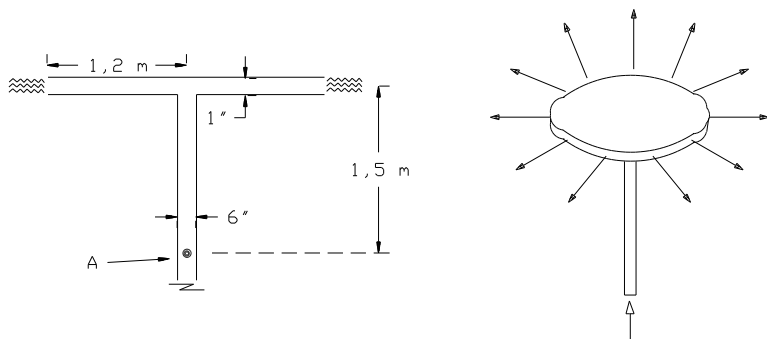


- 25) De uma pequena barragem, parte uma canalização de 250 mm de diâmetro, com poucos metros de extensão, havendo posteriormente uma redução para 125 mm. Do tubo de 125 mm, a água parte para a atmosfera em forma de jato. A vazão foi medida, encontrando-se o valor de 105 L/s. Desprezando-se as perdas,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

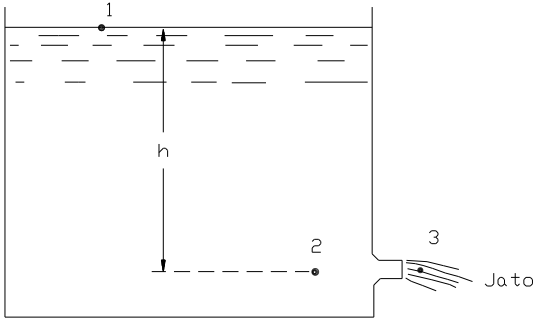


- 26) Uma canalização que conduz uma vazão de 140 L/s, descarrega a 1,80m de profundidade, num reservatório. O diâmetro da canalização na extremidade de descarga é de 300 mm. Calcular a pressão num ponto A localizado 1,20m acima do nível d'água, onde a canalização apresenta diâmetro igual a 250 mm, desprezando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

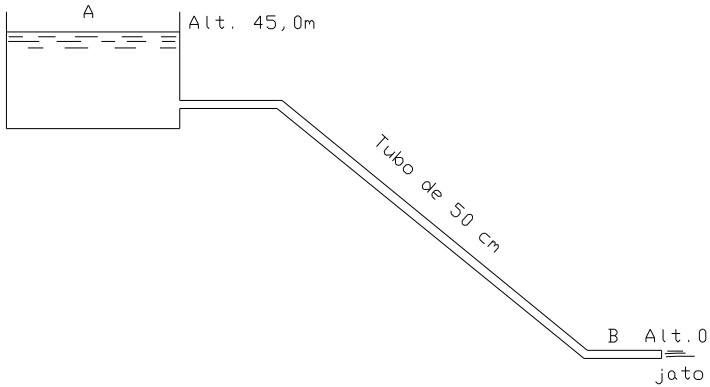
- 27) A água flui radialmente entre 2 flanges no final de um tubo de "6", como mostra a figura abaixo. Desprezando-se as perdas, calcular a vazão, sabendo-se que a pressão no ponto A é de 500 kgf/m². Obs.: Comprimento da circunferência = 2.π.r.



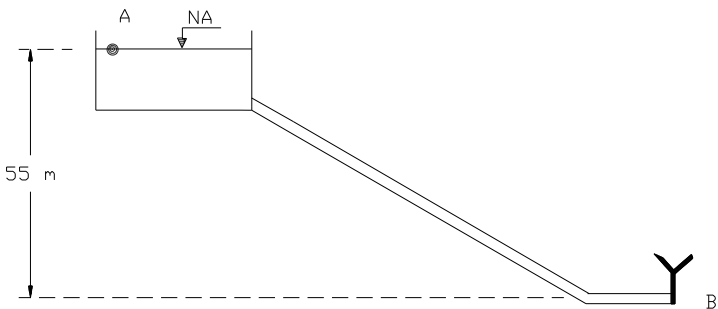
- 28) Um orifício lateral de um grande tanque, como o da figura abaixo descarrega água. Sua reação é circular, de 50 mm de diâmetro, sendo jato de igual dimensão. Mantêm-se o Nível d'água no reservatório 3,80 m acima do centro do jato. Calcular a descarga :
- desprezando a perda de carga;
 - supondo-a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



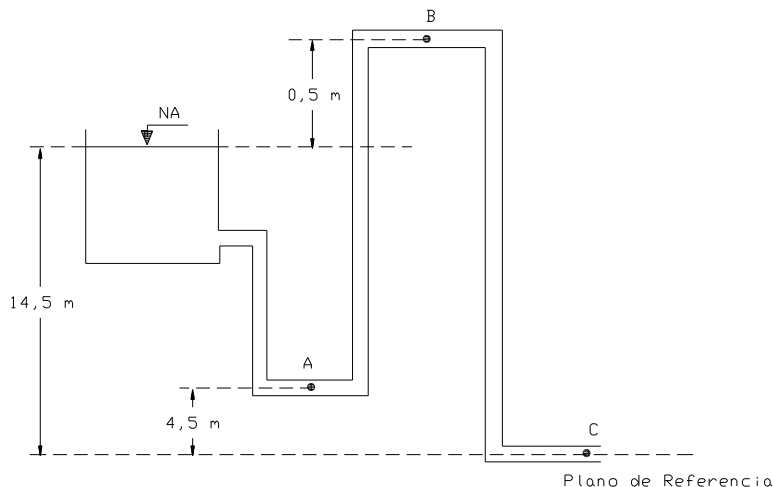
- 30) A água flui do reservatório (A) ao ponto (B) do esquema a seguir. No ponto (B) encontra-se um aspersor funcionando com uma pressão de 3 kgf/cm^2 e vazão de $5 \text{ m}^3/\text{h}$. Sendo a tubulação de uma polegada de diâmetro (2,54 cm), qual a perda de carga que esta ocorrendo de (A) a (B)?



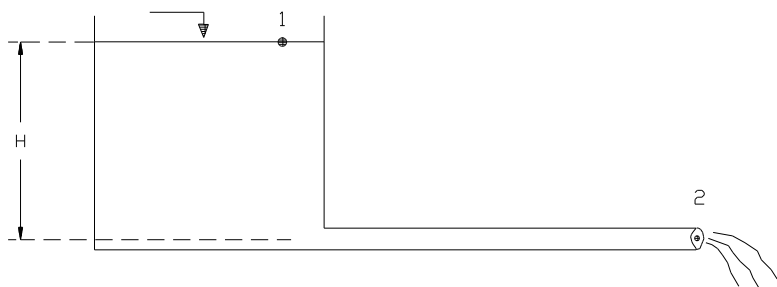
31) Calcular a vazão e a pressão nos pontos (A) e (B) do esquema abaixo:

- 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



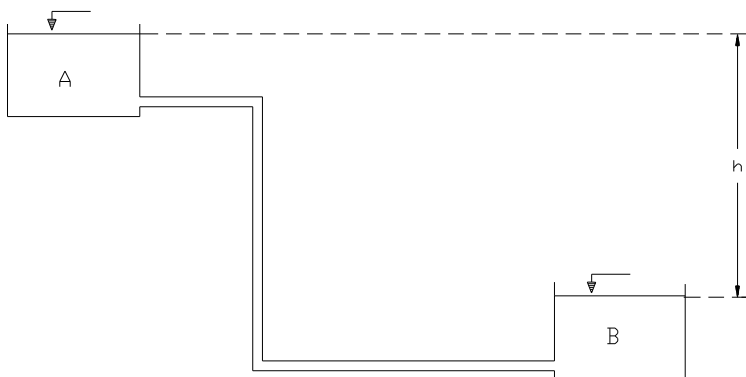
32) Sabendo-se que a vazão real na tubulação curta da Figura abaixo é 50% daquela que ocorreria, caso o escoamento fosse ideal (sem perda de carga), calcule a porcentagem da carga H que está sendo perdida do ponto 1 ao 2.



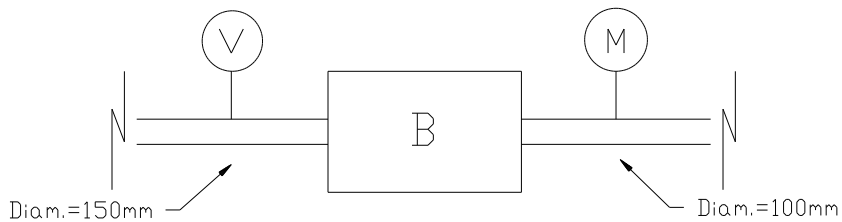
33) A Figura 3 mostra o esquema de 2 reservatórios (A) e (B) onde a água flui de (A) para (B) sob uma vazão de 100 L/s . Sabendo-se que a diferença de nível (h) é de 30 metros e a tubulação de diâmetro de 300 mm, pede-se:

- 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?

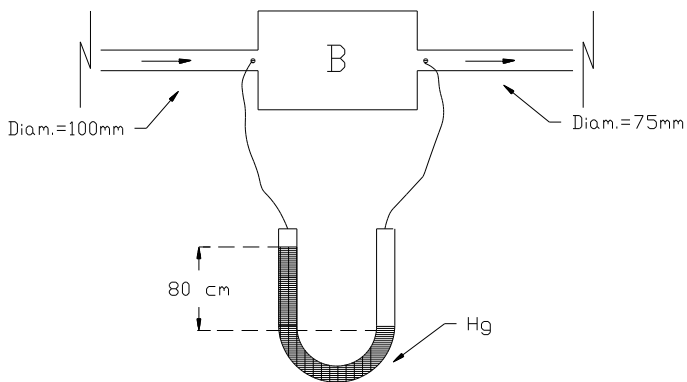
Obs.: Considerar que o sentido do fluxo na tubulação não altera a perda de carga.



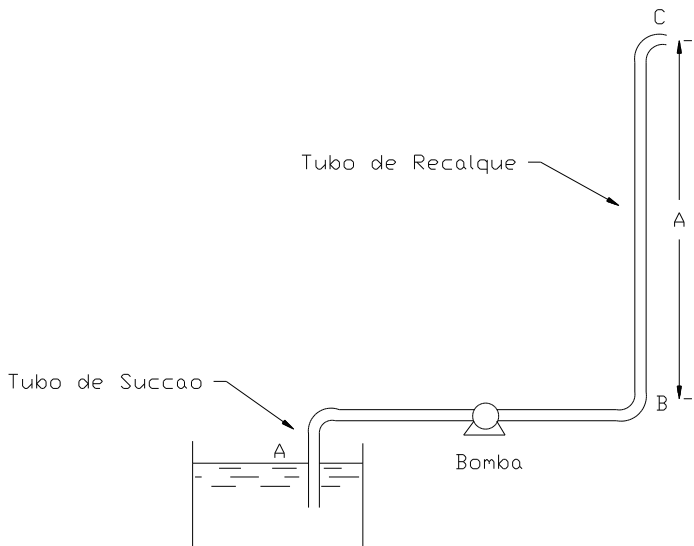
34) Calcular a potência absorvida pela bomba B, recalando 900 L/min d'água ($0,0015 \text{ m}^3/\text{s}$), se o vacuômetro da entrada acusa uma depressão de 300 mm de Hg, e o manômetro de saída uma pressão de $2,5 \text{ kgf/cm}^2$. Considerar o rendimento da bomba = 0,6.



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:

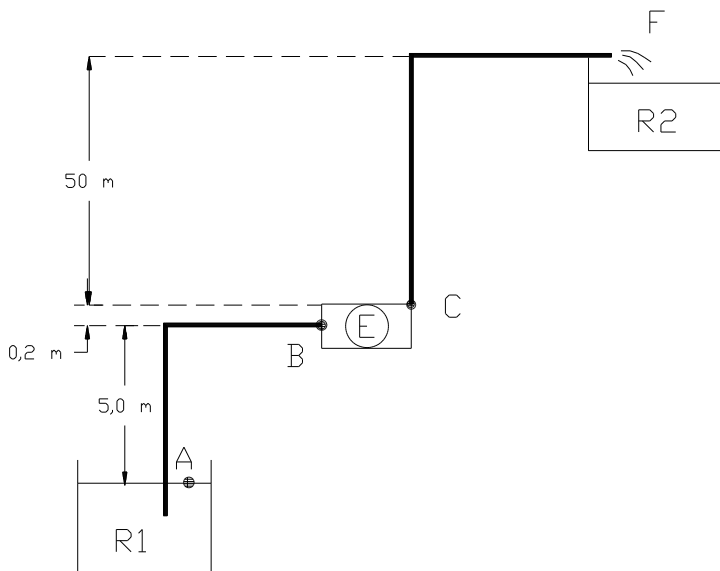
a) Diâmetro AB = Diâmetro CF = 200 mm

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 .



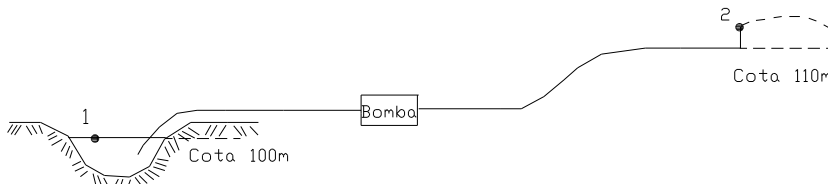
39) Calcule a potência absorvida pela bomba do esquema abaixo sabendo-se que o canhão hidráulico no ponto 2 está fornecendo uma vazão de $13 \text{ m}^3/\text{h}$, com uma pressão de serviço de 3 kgf/cm^2 .

Dados: - diâmetro do tubo (1-2) = 50 mm

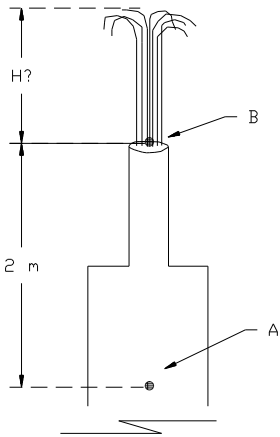
- $hf(1-2) = 8 \text{ m}$

- rendimento da bomba: $\eta_b = 70\%$

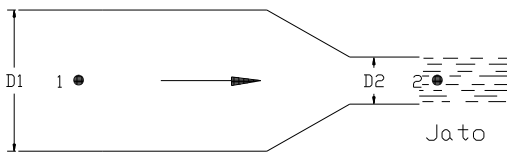
- altura da haste do canhão: $A_h = 3 \text{ m}$



- 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.

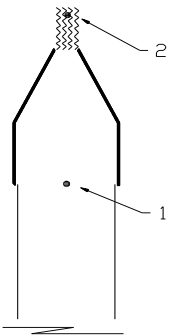


- 41) Calcular a carga de velocidade do jato da figura abaixo para $D1 = 75 \text{ mm}$, diâmetro do jato $D2 = 25 \text{ mm}$, a pressão do líquido corrente em 1 igual a $30,0 \text{ m}$, e a perda de carga entre os pontos 1 e 2, igual a $5i$ da carga de velocidade no ponto 2.



- 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):

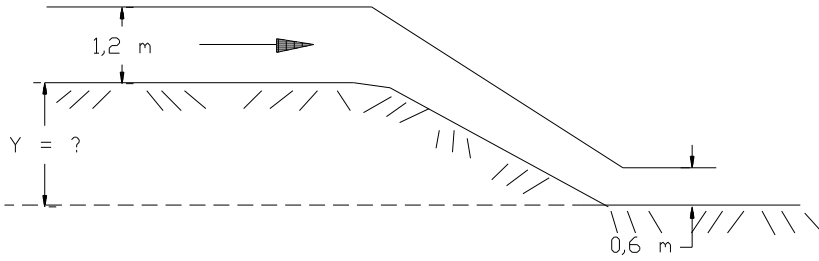
- Qual será a descarga em m^3/s ;
- Qual será o máximo alcance vertical do jato? (Desprezar a distância entre 1 e 2 e a resistência do ar).



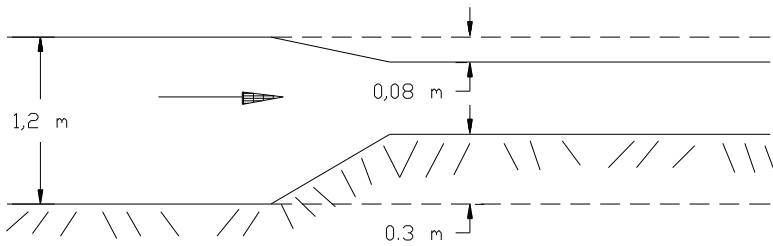
- 43) Uma mangueira de incêndio de $62,5 \text{ mm}$, alimenta um jato de 32 mm de diâmetro. Se a perda de carga no bocal for de $1,80 \text{ m}$, qual a pressão manométrica a se manter na base do bocal (Ponto 1 da figura anterior) para lançar um jato verticalmente a 30 m , desprezando a resistência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