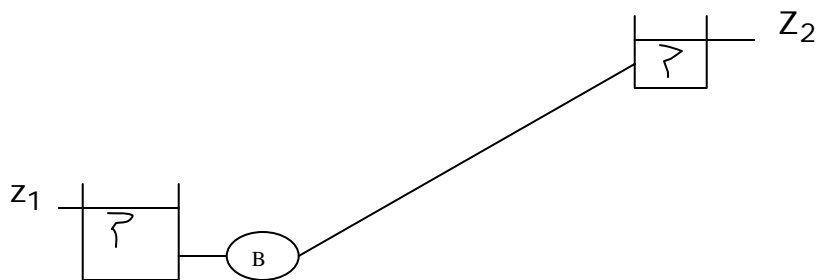


Exercícios para a determinação do ponto de trabalho, os quais compuseram a atividade 3 (valor 0,5)

1. A água é bombeada entre dois reservatórios interligados por uma tubulação de aço 40 com diâmetro nominal de 14" ($D_{int} = 333,4$ mm e $A = 872,9$ cm²), com comprimento (L) igual a 92 m, com coeficiente de perda distribuída (f) igual a 0,025 e somatória de comprimento equivalente (ΣLeq) igual a 30 m. Sabendo que a curva característica da bomba escolhida tem a CCB representada pela equação: $H_B = 22,9 + 10,7Q - 111Q^2$, onde a carga manométrica (H_B) está em metros e a vazão (Q) em m³/s, pede-se determinar a vazão e a carga manométrica do ponto de trabalho para uma variação de cota ($z_2 - z_1$) igual a 22,5 m.



$$H_{inicial} + H_S = H_{final} + H_{p_{total}}$$

$$z_1 + H_S = z_2 + f \times \frac{(L + \Sigma Leq)}{D_H} \times \frac{Q^2}{2g \times A^2}$$

$$H_S = (z_2 - z_1) + 0,025 \times \frac{(92 + 30)}{0,3334} \times \frac{Q^2}{2 \times 9,8 * (872,9 \times 10^{-4})^2}$$

$$H_S = 22,5 + 61,26Q^2 \rightarrow \text{com } H_S \text{ em "m" e } Q \text{ em "m}^3/\text{s"}$$

No ponto de trabalho, tem o cruzamento da CCB com a CCI, ou seja,
 $H_B = H_S \therefore 22,9 + 10,7Q - 111Q^2 = 22,5 + 61,26Q^2 \Rightarrow 172,26Q^2 - 10,7Q - 0,4 = 0$

$$Q = \frac{10,7 + \sqrt{(-10,7)^2 - 4 \times 172,26 \times (-0,4)}}{2 \times 172,26} \cong 0,0884 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 88,4 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

$$\therefore H_B = 22,9 + 10,7 \times 0,0884 - 111 \times 0,0884^2 \cong 23\text{m}$$

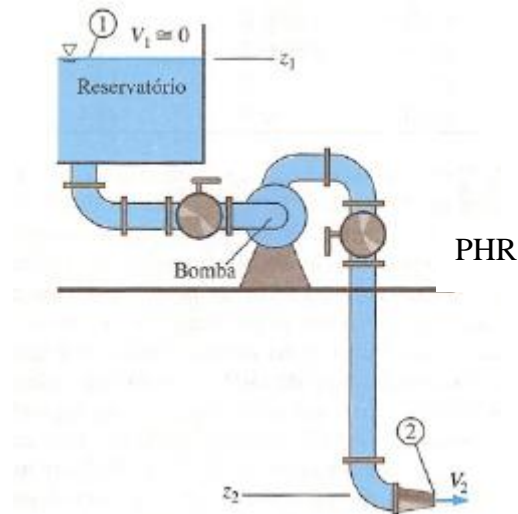
2. Sabendo-se que a velocidade econômica para a instalação anterior está compreendida entre 0,9 e 2,2 m/s, verifique se a tubulação foi bem dimensionada.

$$Q = v \times A \Rightarrow 0,0884 = v \times 872,9 \times 10^{-4} \therefore v \cong 1,01 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Como a velocidade calculada encontra-se na faixa da velocidade econômica, pode-se afirmar que a tubulação foi dimensionada adequadamente.

3. A curva característica da bomba (CCB) que opera a instalação a seguir pode ser representada pela equação $H_B = 17,6 - 1,1834 \times Q^2$, com H_B em m e Q em m^3/h . Sabendo que a instalação de bombeamento tem um único diâmetro, que no caso é de aço 40 com diâmetro nominal de 1" ($D_{\text{int}} = 26,6\text{mm}$ e $A = 5,57\text{cm}^2$), que o coeficiente de perda de carga localizada na saída do reservatório é igual a 0,50, que cada válvula tem o coeficiente de perda de carga localizada igual a 2,4, e cada um dos três cotovelos tem o coeficiente de perda de carga localizada igual a 0,90 e que a contração na saída tem o coeficiente de perda de carga localizada igual a 0,15 e que a mesma reduz o diâmetro em um fator de 0,6 (60% do diâmetro

do tubo), que a tubulação tem um comprimento de 6,7 m, que a diferença de elevação ($z_1 - z_2$) é de 4,6 m e considerando que o coeficiente de perda de carga distribuída médio é igual a 0,022, pede-se determinar o ponto de trabalho.



$$H_{\text{inicial}} + H_S = H_{\text{final}} + H_{p_{\text{total}}}$$

$$z_1 + H_S = z_2 + \frac{Q^2}{2 \times 9,8 \times \left[\frac{\pi \times (0,6 \times 0,0266)^2}{4} \right]^2} + 0,022 \times \frac{(6,7)}{0,0266} \times \frac{Q^2}{2 \times 9,8 \times (5,57 \times 10^{-4})^2} +$$

$$(0,50 + 2 \times 2,4 + 3 \times 0,90) \times \frac{Q^2}{2 \times 9,8 \times (5,57 \times 10^{-4})^2} + 0,15 \times \frac{Q^2}{2 \times 9,8 \times \left[\frac{\pi \times (0,6 \times 0,0266)^2}{4} \right]^2}$$

$$H_S = (z_2 - z_1) + 1274772,3Q^2 + 911274,9Q^2 + 1315599,0Q^2 + 191215,8Q^2$$

$$H_S = -4,6 + 3692862,0Q^2 \rightarrow \text{com } H_S \text{ em "m" e } Q \text{ em "m}^3/\text{s"}$$

ou

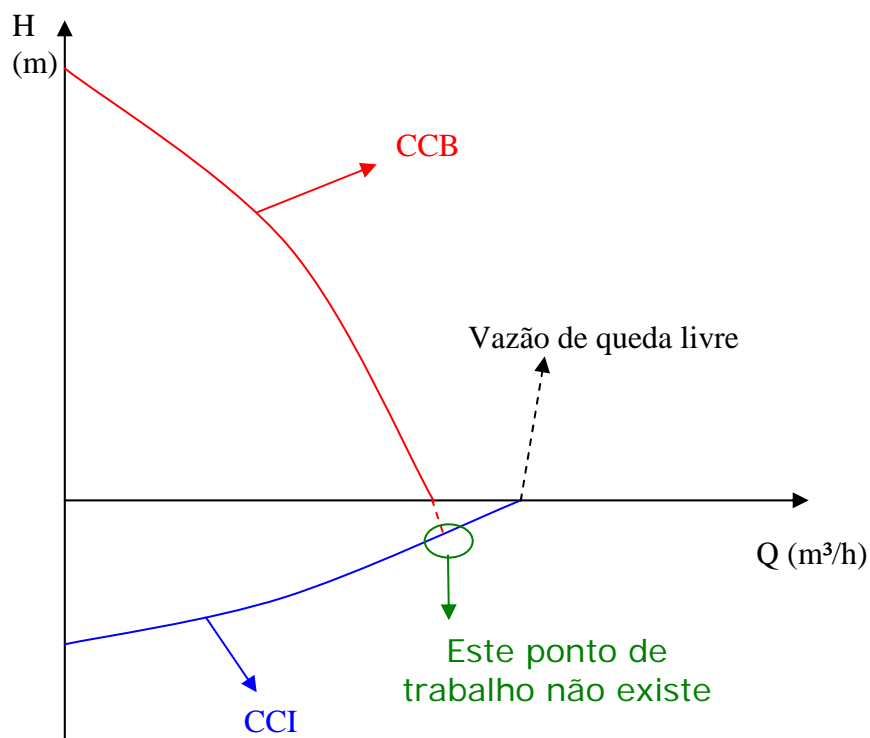
$$H_S = -4,6 + \frac{3692862,0}{3600^2} Q^2 = -4,6 + 0,2849Q^2 \text{ com } H_S \text{ em "m" e } Q \text{ em "m}^3/\text{h"}$$

No ponto de trabalho, tem o cruzamento da CCB com a CCI, ou seja,

$$17,6 - 1,1834Q^2 = -4,6 + 0,2849Q^2 \therefore Q = \sqrt{\frac{17,6 + 4,6}{0,2849 + 1,1834}} \cong 3,89 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$H_B = 17,6 - 1,1834 \times 3,89^2 \cong -0,292\text{m}$$

O valor negativo da carga manométrica da bomba comprova que a mesma não está operando como bomba para as condições da instalação, isto também pode ser observado no diagrama a seguir.



$$Q_{\text{queda livre}} = \sqrt{\frac{4,6}{0,2849}} \cong 4,02 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Como a vazão de queda livre é maior do que a máxima vazão obtida com o "funcionamento" da bomba, isto comprova que a mesma não consegue operar como bomba na instalação dada.

4. O diâmetro da tubulação foi bem dimensionado, considere que a velocidade econômica para a instalação anterior está compreendida entre 0,9 e 2,2 m/s

$$Q = v \times A \Rightarrow \frac{4,02}{3600} = v \times 5,57 \times 10^{-4} \therefore v \cong 2,0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Como a velocidade calculada encontra-se na faixa da velocidade econômica, pode-se afirmar que a tubulação foi dimensionada adequadamente.