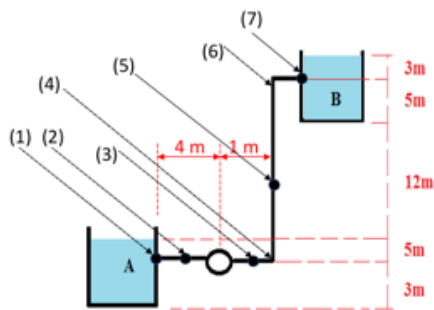


Exercício proposto

Um sistema de bombeamento deve ser projetado para retirar a água ($\gamma = 9810 \text{ N/m}^3$; $\nu = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$) de um reservatório A e elevá-la para um reservatório B. A vazão de projeto é $90,0 \text{ m}^3/\text{h}$ e o diâmetro da tubulação no sistema é de $10,0 \text{ cm}$ de ferro galvanizado. Determine o diâmetro do rotor e potência da bomba. Para o cálculo das perdas, utilize o método das perdas localizadas; verificar sistema quanto à cavitação.



Conexões:

- (1) Entrada: $k_{s1}=0,5$
- (2) V. gaveta: $k_{s2}=0,16$
- (3) V. globo: $k_{s3}=6,0$
- (4) Curva 90° : $k_{s4}=0,19$
- (5) V. retenção: $k_{s5}=2,5$
- (6) Curva 90° : $k_{s6}=0,19$
- (7) Saída: $k_{s7}=0,5$

Ambiente:

Altitude: nível do mar
Temperatura: 30°C

Resposta: uma possível escolha: bomba KSB
Meganorm, 3500 RPM, modelo 50-125, D. rotor: 142
mm, 10 kW; $\text{NPSH}_r=9,6 \text{ m}$

$$z_1 = 5,0 \text{ m}$$

$$z_2 = 25,0 \text{ m}$$

$$Q = \frac{90}{3600} = 2,5 \cdot 10^{-2} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$D_s = D_r \quad \therefore$$

$$V_s = V_r \Rightarrow V = \frac{Q}{A} = \frac{4 \cdot 2,5 \cdot 10^{-2}}{\pi \cdot 0,1^2} = 3,18 \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{V \cdot D_H}{\nu} = \frac{3,18 \cdot 0,10}{10^{-6}} \Rightarrow Re = 3,18 \times 10^5$$

$$\frac{D_H}{\epsilon} = \frac{0,10}{1,52 \cdot 10^{-4}} = 658$$

$$f(3,18 \times 10^4; 658) = 0,023$$

1) Perdas de carga

- Sucção - trecho reto

$$h_{f_s} = f \cdot \frac{L_s}{D_H} \cdot \frac{V_s^2}{2 \cdot g}$$

$$h_{f_s} = 0,023 \cdot \frac{4}{0,1} \cdot \frac{3,18^2}{2 \cdot 9,8} \Rightarrow h_{f_s} = 0,475 \text{ m}$$

- Sucçõs localizadas

$$k_{s1} - \text{entrada} = 0,5$$

$$k_{s2} - \text{válvula gav.} = \underline{0,16}$$

$$\sum k_{si} = 0,66$$

$$h_{ss} = \sum k_{si} \cdot \frac{V_s^2}{2g} \Rightarrow h_{ss} = 0,66 \cdot \frac{3,18^2}{2 \cdot 9,8} \Rightarrow h_{ss} = 0,341 \text{ m}$$

$$h_s = 0,475 + 0,341 \Rightarrow \boxed{h_s = 0,812 \text{ m}}$$

- Recalque reto

$$h_{fr} = 0,023 \cdot \frac{23}{0,1} \cdot \frac{3,18^2}{2 \cdot 9,8} \Rightarrow h_{fr} = 2,73 \text{ m}$$

- Recalque localizados

$$k_{s3} - \text{v. globo} = 6,0$$

$$k_{s4}, k_{s6} - \text{curvas } 90^\circ = 2 \times 0,19 = 0,38$$

$$k_{s5} - \text{V. Retençõ} = 2,0$$

$$k_{s7} - \text{saída} = 0,5$$

$$\sum k_{si} = 8,88$$

$$h_{sr} = 8,88 \cdot \frac{3,18^2}{2 \cdot 9,8} \Rightarrow h_{sr} = 4,58 \text{ m}$$

$$h_r = 2,73 + 4,58 \Rightarrow \boxed{h_r = 7,31 \text{ m}}$$

$$\text{Perda total} \Rightarrow H_{p,1,2} = h_s + h_r = 0,812 + 7,31$$

$$\boxed{H_{p,1,2} = 8,12 \text{ m}}$$

2) Altura manométrica da Bomba (H_B)

$$H_1 + H_B = H_2 + H_{P,2}$$

$$\frac{V_1^2}{2g} + z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + H_B = \frac{V_2^2}{2g} + z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + H_{P,2}$$

$$V_1 = V_2 = 0; \quad P_1 = P_2$$

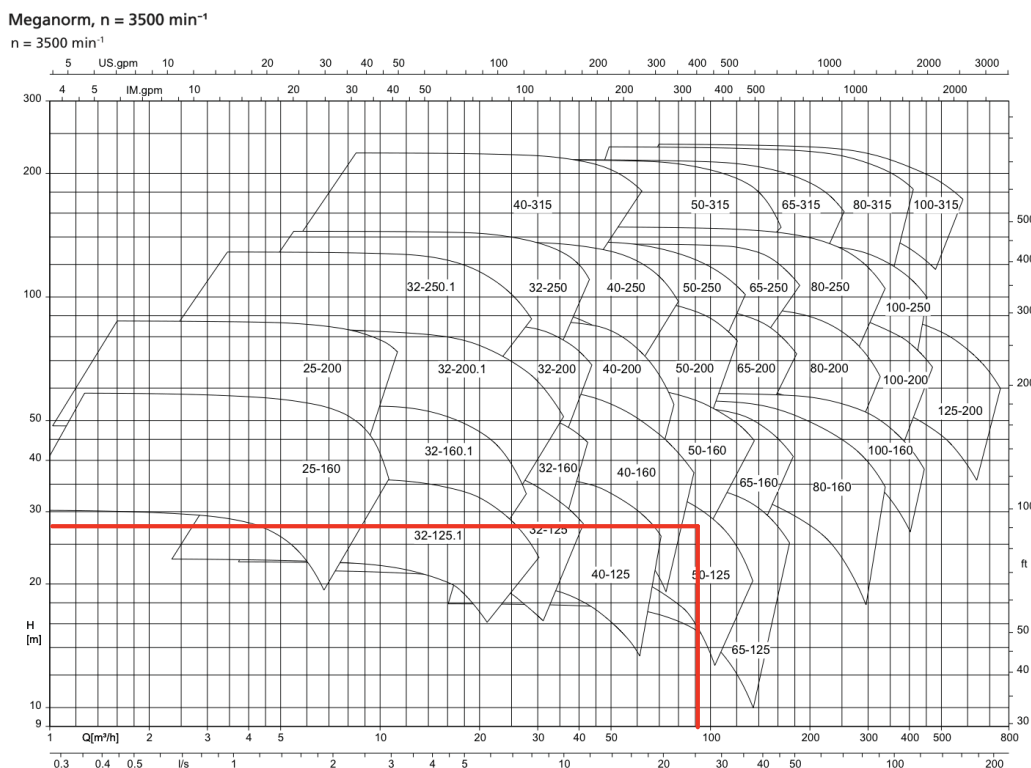
$$z_1 + H_B = z_2 + H_{P,2} \Rightarrow H_B = z_2 - z_1 + H_{P,2}$$

$$H_B = 25 - 5 + 8,12 \Rightarrow H_B = 28,1 \text{ m}$$

3) Escolher família de bombas

Ponto de projeto

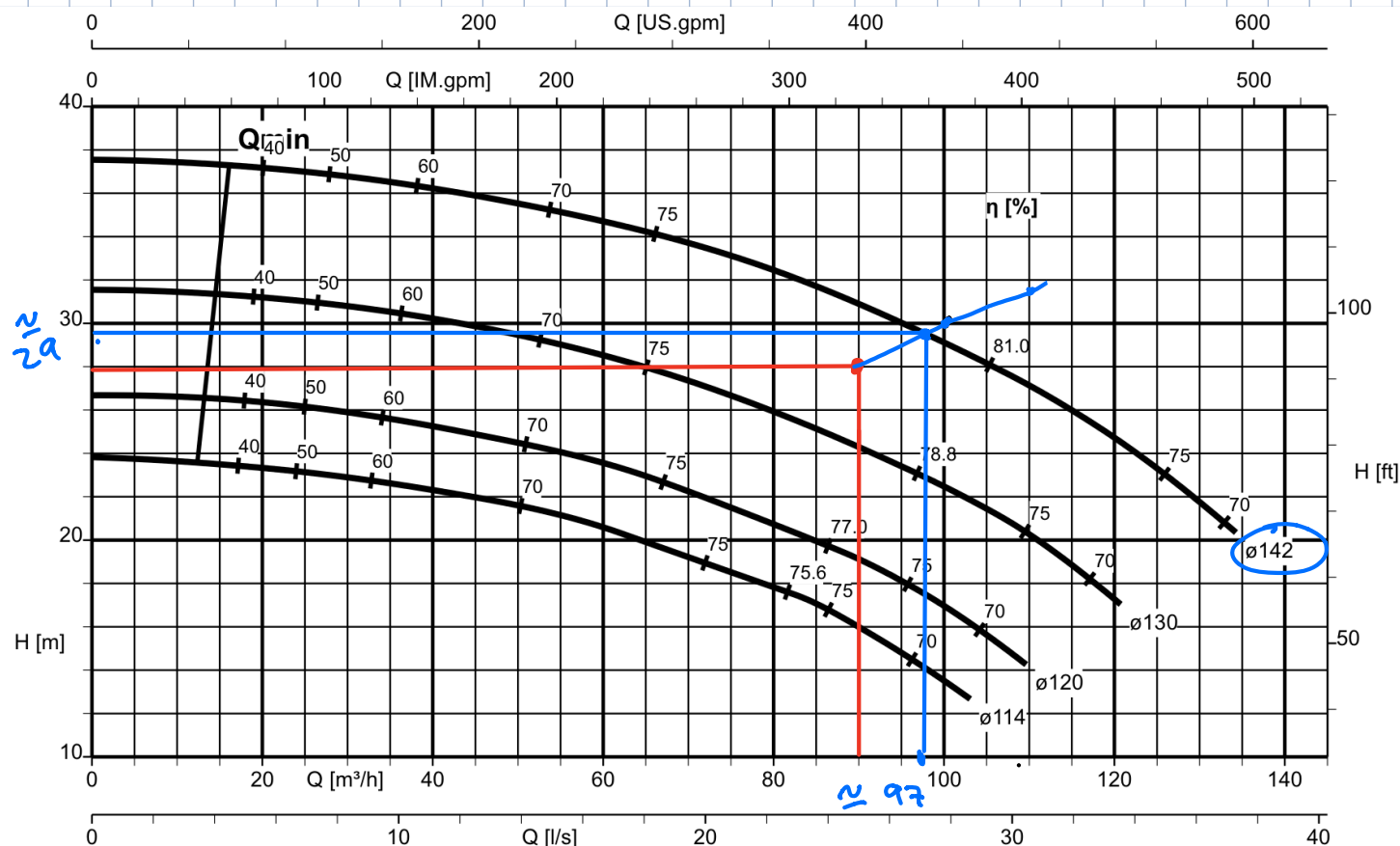
$$\text{Vazão} = 90 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}; \quad H_B = 28,1 \text{ m}$$



família

50-125

4) Escolher o diâmetro do rotor



Diâmetro acima do ponto de projeto = 142 mm

5) Ponto de trabalho

$$H_B = H_G + k \cdot Q^{1,852}$$

$$28,1 = 20 + k \cdot 90^{1,852} \Rightarrow k = 1,95 \cdot 10^{-3}$$

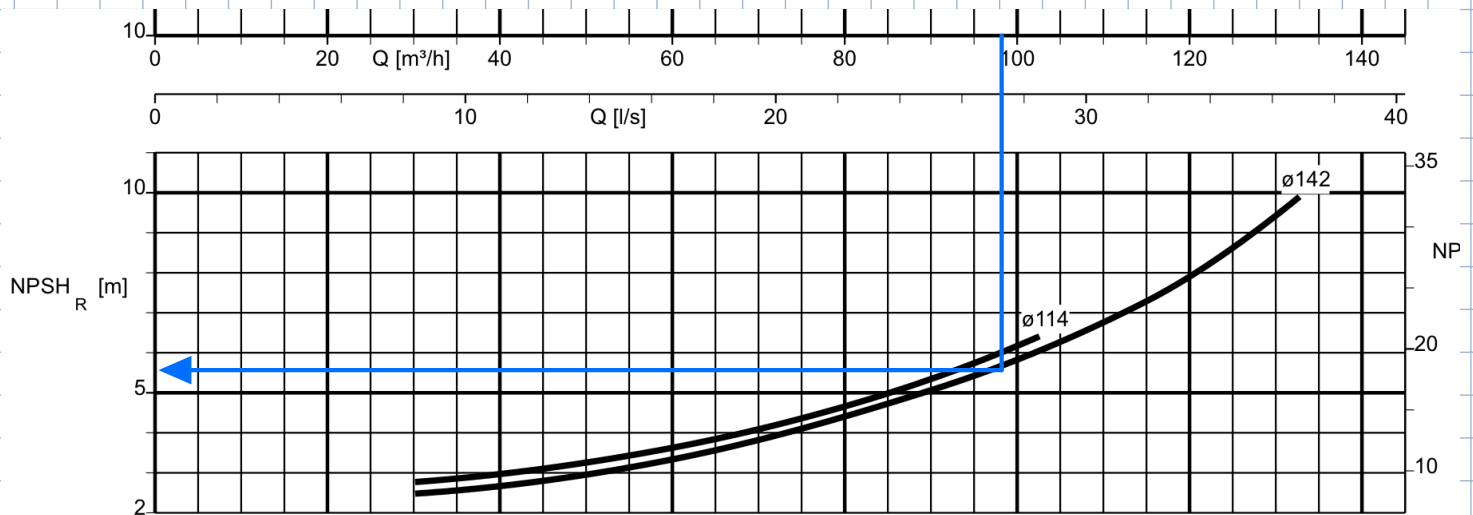
$$H_B = 20 + 1,95 \times 10^{-3} \cdot Q^{1,852}$$

Q	90	100	110	120	130
H _B	28,1	29,8	31,7	33,8	36

(ver gráfico acima - linha azul) $\Rightarrow$

$$Q = 97 \text{ m}^3/\text{h} ; H_B = 29 \text{ m} ; \eta = 80\%$$

6) Verificação da cavitação



$$NPSH_R = 5,7 \text{ m}$$

$$NPSH_D = \pm z_s + \frac{p_{atm}}{\gamma} - \left(\frac{p_v}{\gamma} + H_{ps} \right)$$

$$z_s = +5,0 \text{ m} \quad (\text{bomba afogada})$$

$$p_{atm} = 10,33 \text{ mca} \quad (\text{nível do mar})$$

$$1,01 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$\gamma = 9810 \text{ N/m}^3$$

$$p_v = 0,433 \text{ mca} (30^\circ\text{C}) = 4,25 \times 10^3 \text{ N/m}^2$$

$$H_{ps} = 0,812 \text{ m}$$

$$NPSH_D = 5,0 + \frac{1,01 \times 10^5}{9810} - \left(\frac{4,25 \times 10^3}{9810} + 0,812 \right) = 9,59 \text{ m}$$

$$NPSH_D > 1,15 NPSH_R \quad \therefore \text{A bomba não cavitará.}$$

7) Determinação da potência da bomba

$$\text{Teórica} \Rightarrow N_B = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_B}{\eta_B}$$

$$Q = 97 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow Q = \frac{97}{3600} = 2,69 \times 10^{-2} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$N_B = \frac{9810 \cdot 2,69 \cdot 10^{-2} \cdot 29}{0,8}$$

$$N_B = 9,58 \times 10^3 \text{ W}$$

Potência informada no catálogo $\approx 9,7 \text{ kW}$ OK

