

Aula 5 – Hidrodinâmica

7 Teorema de Bernoulli aplicado ao fluido real

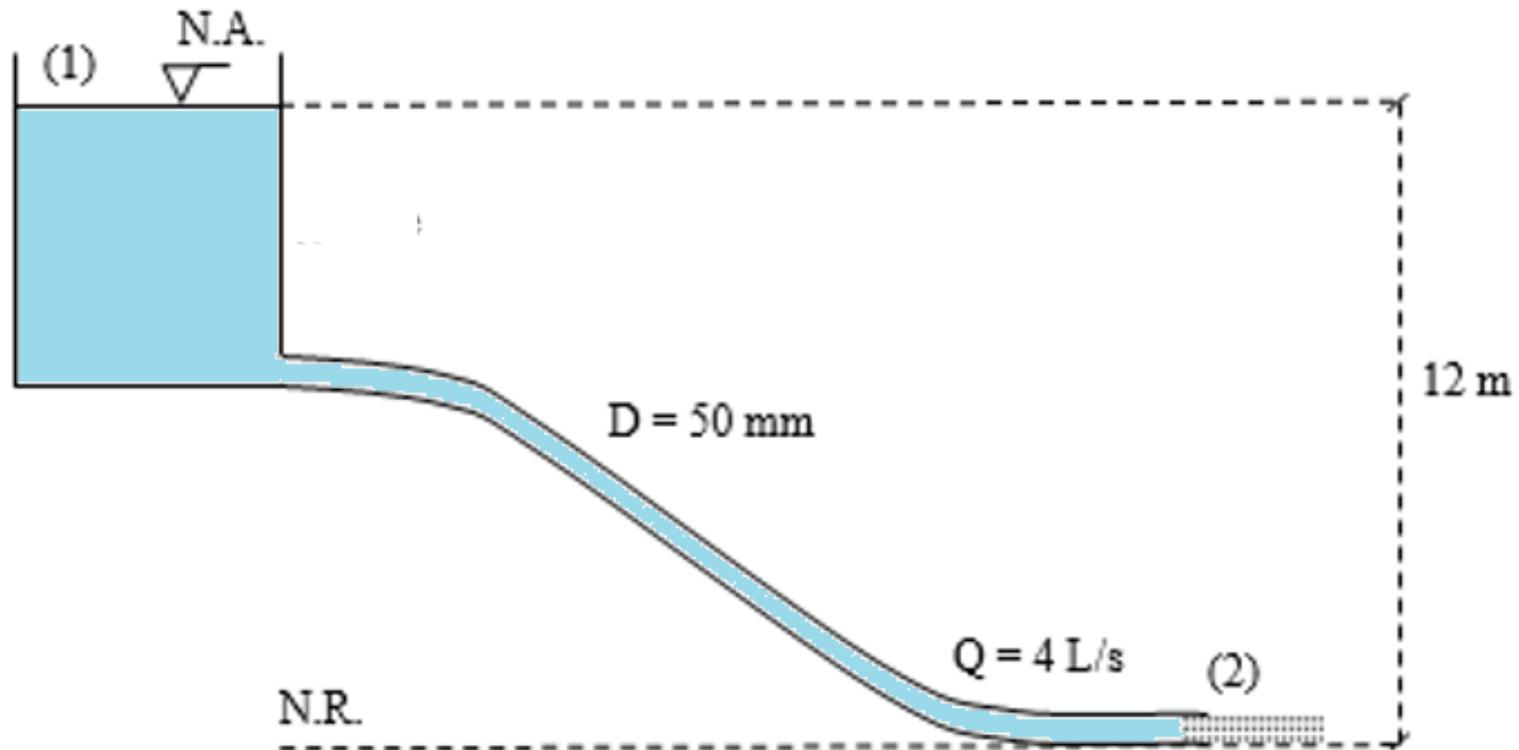
- ▶ Há perda de energia (perda de carga)

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + h_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + h_2 + hf_{1 \rightarrow 2}$$

hf_{1-2} = perda de carga que ocorre entre os pontos 1 e 2.

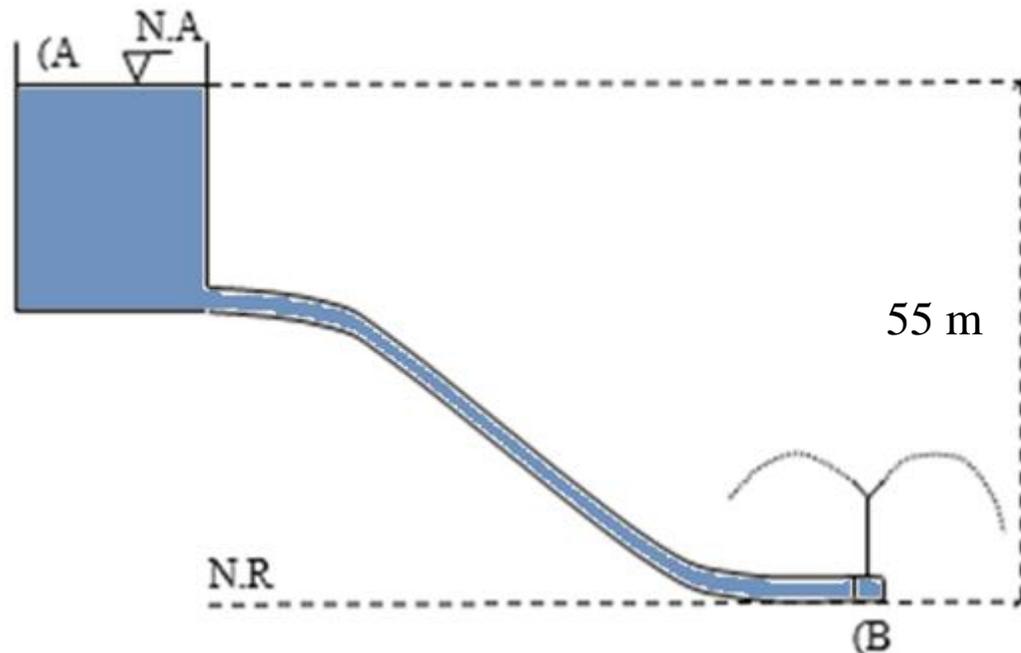
Exemplos:

a) Calcular a perda de carga que ocorre entre os pontos 1 e 2 do esquema a seguir:



Exemplos:

b) No esquema a seguir, a água flui de um reservatório (A) para um aspersor (B) sob pressão de $3,0 \text{ kgf/cm}^2$ e vazão de $5 \text{ m}^3/\text{h}$. A tubulação tem diâmetro de 25 mm . Calcule a perda de carga do ponto (A) ao ponto (B).



Dados:

$$P_A = 0 \quad P_B = 3,0 \text{ kgf/cm}^2 \text{ (30 mca)}$$

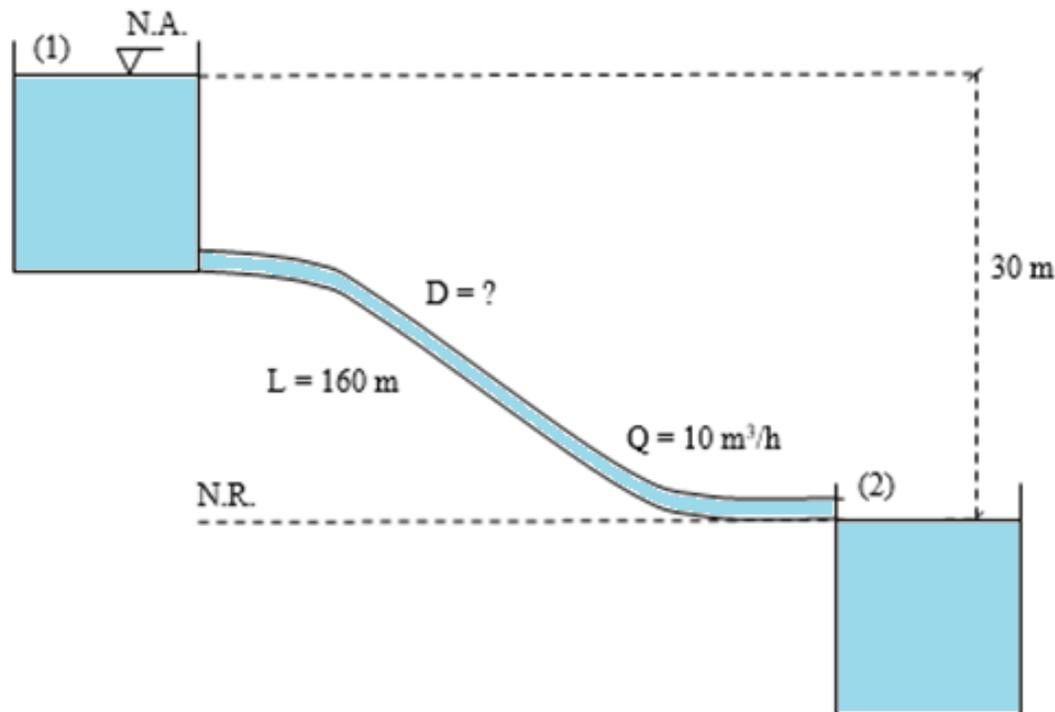
$$V_A = 0$$

$$h_A = 50\text{m} \quad h_B = 0$$

c) A perda de carga em qualquer escoamento de fluidos em tubulações está relacionada com a vazão e com o diâmetro do tubo, conforme a equação a seguir:

$$hf = 10,65 \times \left(\frac{Q}{C}\right)^{1,852} \times \frac{L}{D^{4,87}}$$

Calcule o diâmetro que uma tubulação deverá ter para transportar água, com uma vazão de $10 \text{ m}^3/\text{h}$, conforme o esquema a seguir:



Dados:

$$P_1 = 0$$

$$P_2 = 0$$

$$V_1 = 0$$

$$V_2 = 0$$

$$h_1 = 30 \text{ m}$$

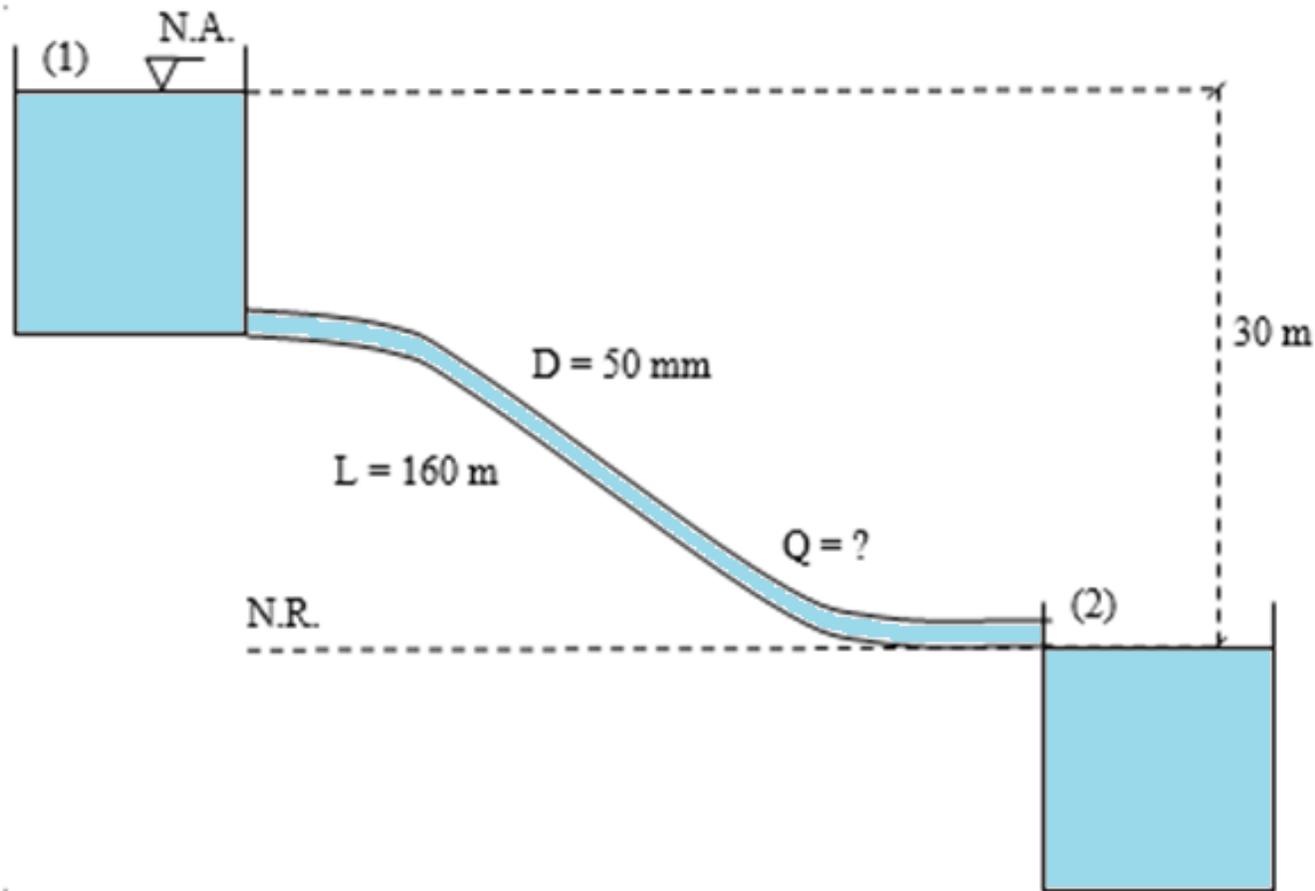
$$h_2 = 0$$

$$Q = 10 \text{ m}^3/\text{h} \quad (0,00278 \text{ m}^3/\text{s})$$

$$L = 160 \text{ m}$$

$$\text{Coeficiente de atrito: } C = 150$$

d) No mesmo esquema do exercício anterior, calcule a vazão se a tubulação tiver um diâmetro de 50 mm.



Dados:

$$P_1 = 0$$

$$P_2 = 0$$

$$V_1 = 0$$

$$V_2 = 0$$

$$h_1 = 30 \text{ m}$$

$$h_2 = 0$$

$$Q = ?$$

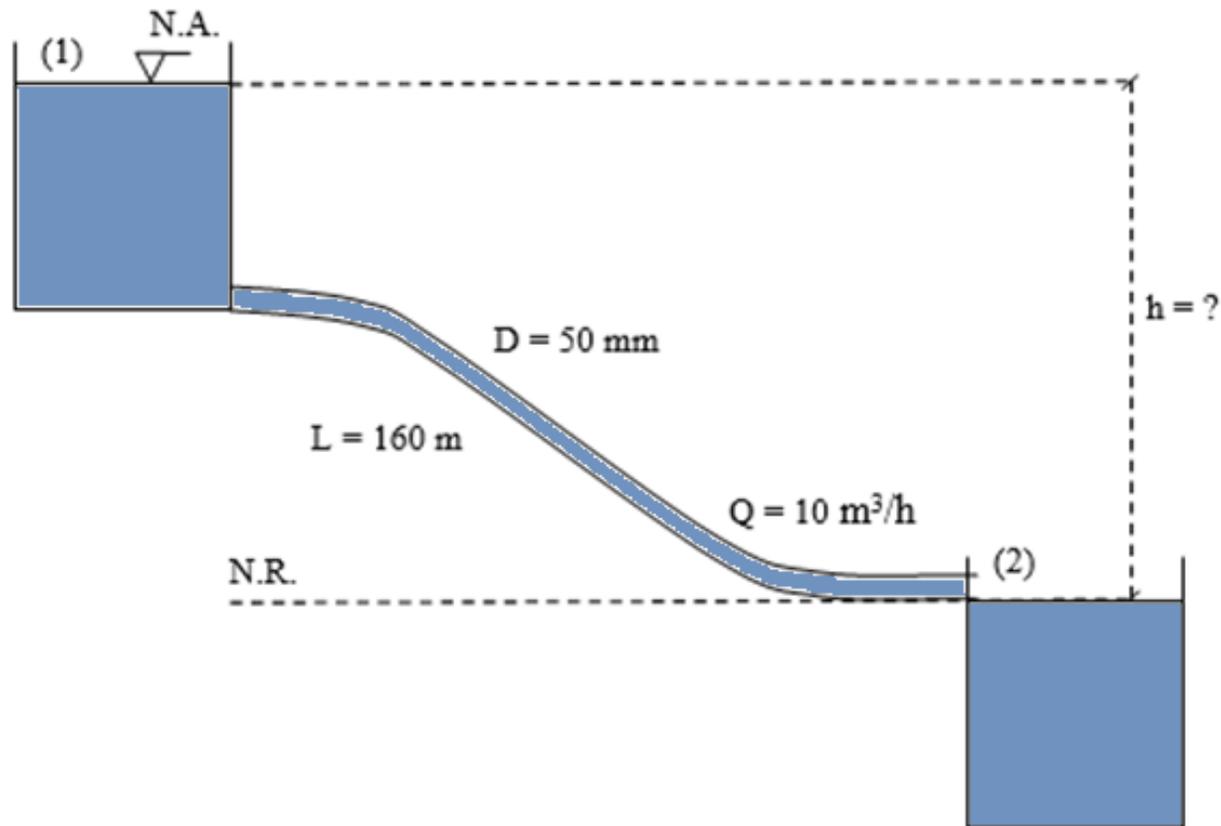
$$L = 160 \text{ m}$$

$$hf_{1-2} = 30 \text{ mca}$$

Coeficiente de atrito: $C = 150$

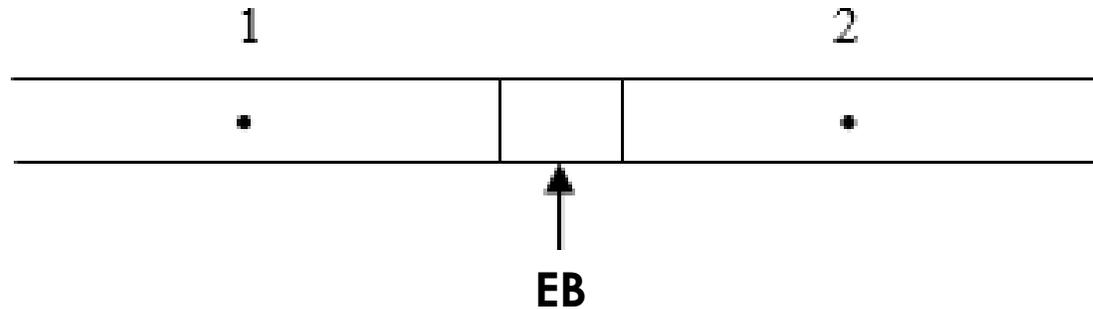
$$D = 50 \text{ mm}$$

e) Um produtor rural requisitou um projeto de condução de água por gravidade com dois reservatórios, para o abastecimento de bebedouros, e já tem à disposição uma tubulação de polietileno (PE, $C=150$) com diâmetro de 50 mm. Sabendo que a vazão mínima desejada é de $10 \text{ m}^3/\text{h}$ e que a distância entre os dois reservatórios é de 160 m



a) Qual o máximo desnível (h) entre os dois reservatórios para garantir a vazão desejada?

8 Teorema de Bernoulli aplicado a bombas hidráulicas



$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + h_1 + EB = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + h_2 + hf_{1 \rightarrow 2}$$

8 Teorema de Bernoulli aplicado a bombas hidráulicas

$EB = H_B =$ Altura manométrica, ou H_m

$$E_1 + H_m = E_2 + hf_{1-2}$$

Potência útil (hidráulica): $Pot_B = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_m}{75} = cv$

$$1 \text{ cv} = 735,5 \text{ W}$$

a) O esquema a seguir mostra uma bomba hidráulica que recalca (eleva) água de um reservatório (R_1) a outro (R_2).

Dados:

$$Q = 60 \text{ L/s}$$

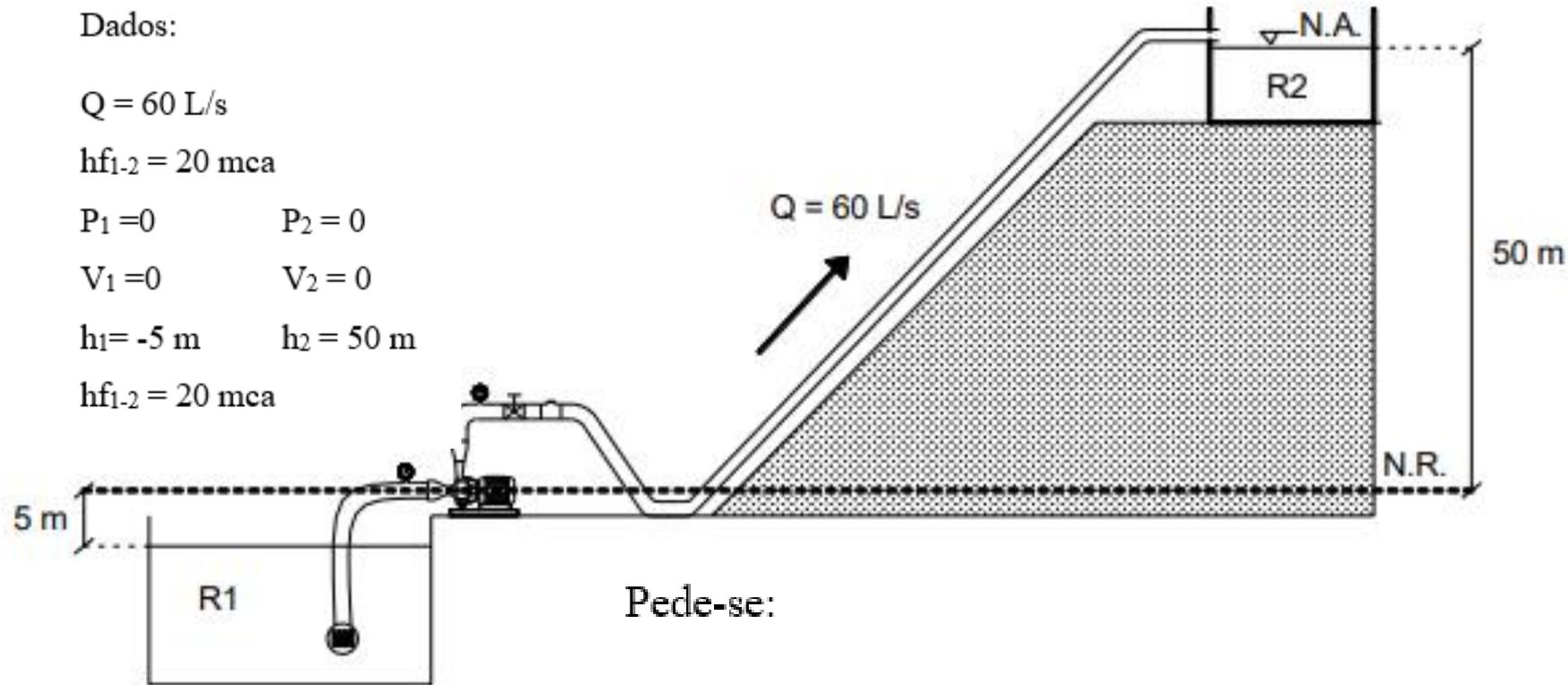
$$hf_{1-2} = 20 \text{ mca}$$

$$P_1 = 0 \quad P_2 = 0$$

$$V_1 = 0 \quad V_2 = 0$$

$$h_1 = -5 \text{ m} \quad h_2 = 50 \text{ m}$$

$$hf_{1-2} = 20 \text{ mca}$$



Pede-se:

a.1) A energia por unidade de peso fornecida à água pela bomba.

a.2) A potência cedida à água pela bomba (potência hidráulica).



8 Teorema de Bernoulli aplicado a bombas hidráulicas

Potência absorvida: $\text{Pot}_{\text{abs B}} = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_m}{75 \cdot \eta_B} = \text{cv}$ $\eta_B = \text{rendimento da bomba}$

Potência do motor:

$\text{Pot}_{\text{MB}} = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_m}{75 \cdot \eta_B \cdot \eta_M} = \text{cv}$ $\eta_M = \text{rendimento do motor}$

$\text{Pot}_{\text{MB}} = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_m}{75 \cdot \eta_{\text{MB}}} = \text{cv}$ $\eta_{\text{MB}} = \text{rendimento do conjunto motobomba}$

b) O esquema a seguir mostra uma motobomba fornecendo água a um aspersor por meio de uma tubulação.

Dados:

Vazão do aspersor: $q = 18 \text{ m}^3/\text{h}$

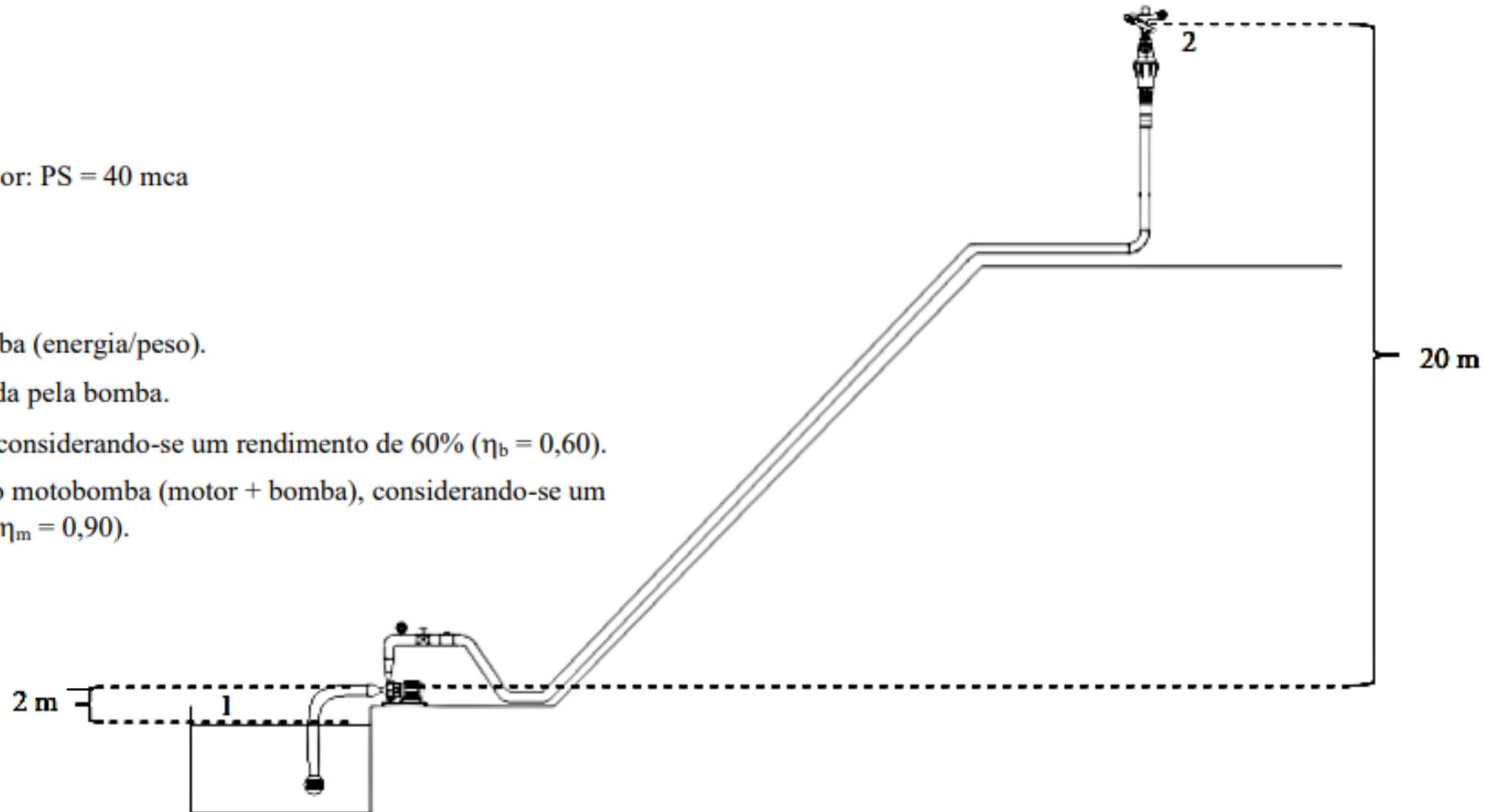
Perda de carga do sistema: $h_f = 15 \text{ mca}$

Pressão de operação (serviço) do aspersor: $PS = 40 \text{ mca}$

Diâmetro da tubulação: $D = 50 \text{ mm}$

Pede-se:

- b.1) A energia a ser fornecida pela bomba (energia/peso).
- b.2) A potência hidráulica a ser fornecida pela bomba.
- b.3) A potência absorvida pela bomba, considerando-se um rendimento de 60% ($\eta_b = 0,60$).
- b.4) A potência absorvida pelo conjunto motobomba (motor + bomba), considerando-se um rendimento do motor igual a 90% ($\eta_m = 0,90$).



Exemplos

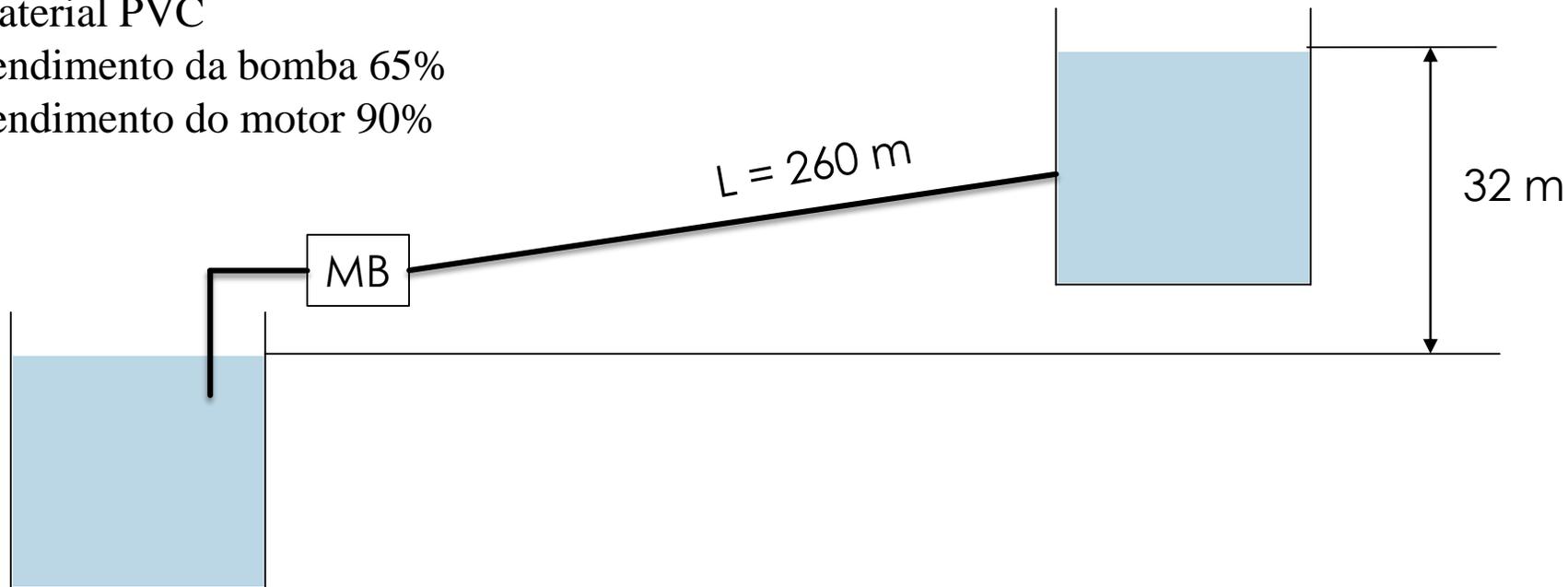
Dados:

Vazão desejada = 17 L/s

Material PVC

Rendimento da bomba 65%

Rendimento do motor 90%



Exemplos

Pede-se:

- a) O diâmetro teórico da tubulação para uma velocidade de escoamento de 1,5 m/s;
- b) O diâmetro comercial mais próximo
- c) A velocidade da água para o diâmetro comercial
- d) A perda de carga unitária (J)
- e) A perda de carga total
- f) EB
- g) Potência hidráulica em cv e watts
- h) Potência absorvida em cv
- i) Potencia do motor em cv

Diâmetros disponíveis (mm):	
50	125
65	150
75	200
100	250

Entregar

Deseja-se captar água de um rio e elevar a um reservatório com o auxílio de uma bomba.

Dados:

Cota dos níveis da água:

Rio: 100 m

Reservatório: 135 m

Distância: 165 m

Vazão desejada: 10 m³/h

Diâmetro da tubulação: 50 mm

Coefficiente de atrito do tubo: $C = 150$

Equação da perda de carga: $hf = 10,65 \left(\frac{Q}{C}\right)^{1,852} \frac{L}{D^{4,87}}$

Pede-se:

- A energia a ser fornecida pela bomba (energia/peso)
- A potência hidráulica útil da bomba
- A potência hidráulica total da bomba, considerando um rendimento de 60% ($\eta_b = 0,60$).
- A potência do motor elétrico, considerando um rendimento de 90% ($\eta_m = 0,90$).