

1

Data: 10/08/2014.

AVULA 2 - TEORIA DE ME5330

Nesta aula procurarei reforçar as diferenças entre ME4310 (mecflu1) e ME5330 (mecflu2)

O planejamento desta aula terá como base a 4ª QUESTÃO DA P3 DE ME4310 do primeiro semestre de 2014.

U4

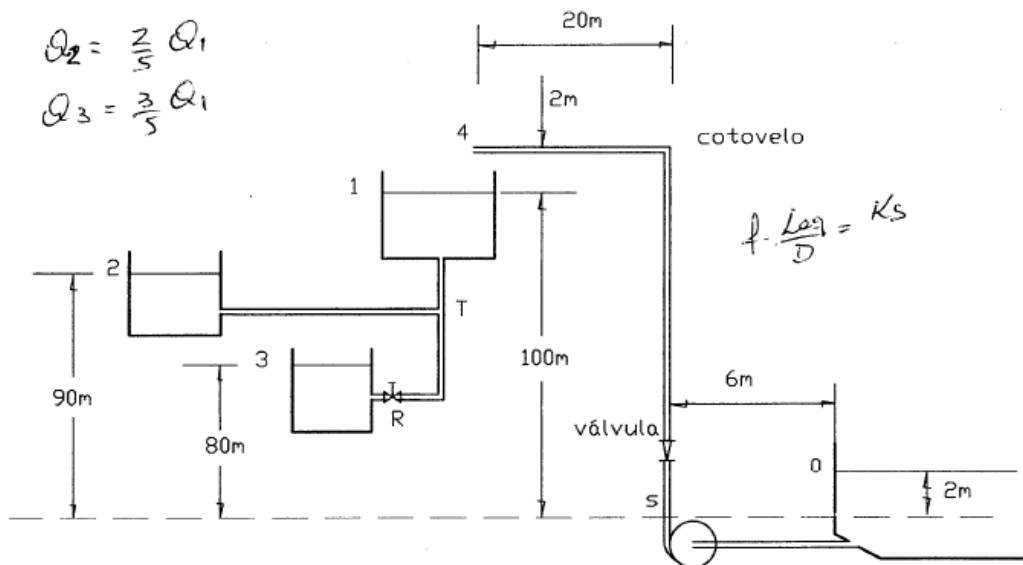
Na instalação da figura, o reservatório 2 recebe 2/5 da vazão advinda do reservatório 1, por meio de operação no registro R. Os tubos que unem os reservatórios 1, 2 e 3 tem diâmetro 60 mm e os tubos de sucção e recalque são de aço e tem diâmetro 100 mm.

Determinar: a) A potência da bomba sendo o rendimento 80%  
b) o comprimento equivalente da válvula

Dados:  $H_{p,1,T} = 6m$     $H_{p,T,2} = 10m$     $H_{p,T,3} = 5m$     $K_{s,válv.} = 10$     $K_{s,cotov.} = 2$     $K_{s,R} = 8$

$$Q_2 = \frac{2}{5} Q_1$$

$$Q_3 = \frac{3}{5} Q_1$$



Gabarito apresentado pelos professores de ME4310:

$$100 = \frac{2}{5} \cdot 90 + \frac{3}{5} \cdot 80 + 6 + \frac{2}{5} \cdot 10 + \frac{3}{5} \cdot 5 + \frac{3}{5} H_{FR}$$

$$H_{FR} = 5 \text{ m} \quad 5 = 0 \cdot \frac{v_3^2}{2g} \quad v_3 = 3,5 \text{ m/s}$$

$$Q_3 = 10 \text{ l/s} \quad Q_1 = 16,7 \text{ l/s} \quad Q_2 = 6,7 \text{ l/s}$$

$$v = \frac{4 \cdot 16,7 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot 0,1^2} = 2,1 \text{ m/s} \quad \left. \begin{array}{l} Re = 212000 \\ D/K = \frac{0,3}{46 \cdot 10^{-5}} \end{array} \right\} f = 0,017$$

$$2 + H_D = 102 + \frac{2,1^2}{2g} \left( 1 + 0,017 \cdot \frac{128}{0,1} + 2 + 10 \right) \quad H_D = 106,8 \text{ m}$$

$$N_B = \frac{10^3 \cdot 0,0167 \cdot 106,8}{0,8 \cdot 75} = 29,7 \text{ cv} \quad \text{ou} \quad 2230 \text{ kgf m/s} \quad \text{ou} \quad 22,3 \text{ Kw}$$

$$0,02 \cdot \frac{L_{eq}}{0,1} = 10 \quad L_{eq} = 50 \text{ m}$$

Analisando o gabarito, PROponho um novo enunciado para a questão:

Data: 10/08/2014

(2)

O sistema hidráulico representado a seguir opera em regime permanente o que implica dizer que todos os seus reservatórios apresentam níveis constantes. Os tubos que unem os reservatórios 1, 2 e 3 têm diâmetro interno igual a 60 mm e os tubos antes da bomba ( $d_B$ ) e depois da bomba ( $d_B = \text{recalque}$ ) são de aço ( $K = 4,6 \times 10^{-5} \text{ m}$ ) e têm diâmetro interno igual a 100 mm.

Determinar:

- a) a potência da bomba sendo seu rendimento igual a 80%
- b) o comprimento equivalente da válvula de retenção.

Dados:  $H_{p,1} = 6 \text{ m}$  (perda total)

$H_{p,2} = 5 \text{ m}$  (perda total);

$H_{p,3} = 10 \text{ m}$  (perda total menos a perda no registro R);  $K_{\text{válvula}} = 10$ ;  
 $K_{\text{cotovelo}} = 2$ ;  $K_{90} = 8$



CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FEI

O reservatório 2 recebe 2/5 da vazão advinda do reservatório 1,

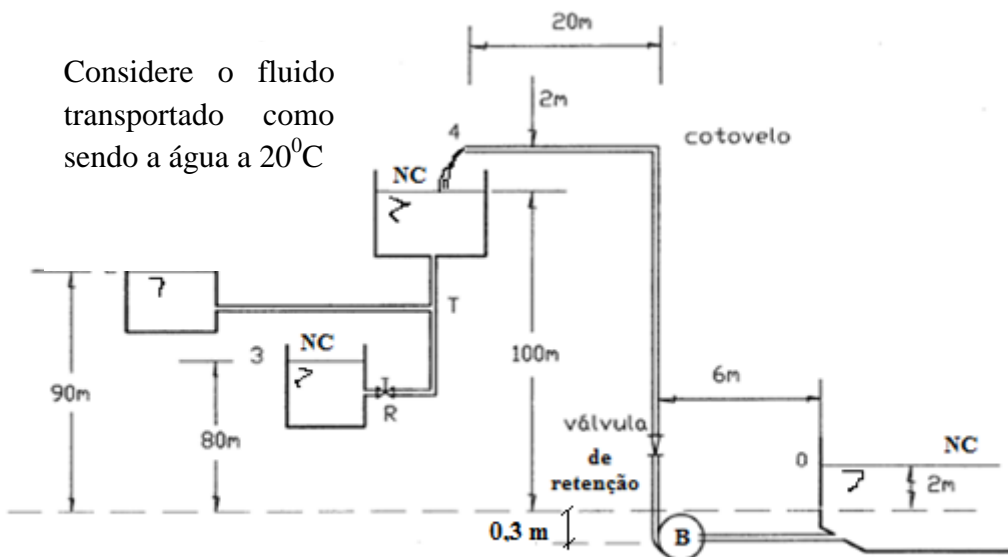
3

Data: 10/08/2014

por meio de operação do registro R.

Importante: considerando a instalação de bombeamento são desprezadas as perdas na saída do reservatório de captação e na saída da tubulação (4)

Considere o fluido transportado como sendo a água a  $20^{\circ}\text{C}$



$$K_{s \text{ válv.}} = 10$$

$$K_{s \text{ cotov.}} = 2$$

$$K_{s \text{ R}} = 8$$

Data: 10/08/2014

(4)

Evocando o conceito de potência da bomba, temos:

$$N_B = \frac{\gamma \times Q \times H_B}{\eta_B} \text{ e analisando}$$

as informações, concluímos que temos que calcular  $Q = Q_1 = Q_2$  e a carga manométrica da bomba. ( $H_B$ )

Como a instalação hidráulica representada pelos reservatórios 1, 2 e 3 tem mais do que uma saída, temos que efetuar um balanço de potências, portanto:

$$\gamma \times Q_1 \times H_1 = \gamma \times Q_2 \times H_2 + \gamma \times Q_3 \times H_3 + \gamma \times Q_1 \times H_{p_{1,T}} + \gamma \times Q_2 \times H_{p_{T,2}} + \gamma \times Q_3 \times H_{p_{T,3}} + \gamma \times Q_3 \times H_{p_R}$$

Adotando o PHR na seção de saída da bomba, temos:

$H_1 = 100\text{m}$ ;  $H_2 = 90\text{m}$  e  $H_3 = 80\text{m}$  e como se trata do mesmo fluido, temos:



CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FEI

5

Data: 10/08/2014

$$Q_1 \times 100 = Q_2 \times 90 + Q_3 \times 80 + Q_1 \times 6 + Q_2 \times 5 + Q_3 \times 5 + Q_3 \times H_{pR}$$

Como sabemos que:

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 \text{ e que } Q_2 = \frac{2}{5} Q_1,$$

temos:

$$Q_1 = \frac{2}{5} Q_1 + Q_3 \quad \therefore \boxed{Q_3 = \frac{3}{5} Q_1}$$

$$100 \times Q_1 = 90 \times \frac{2}{5} Q_1 + 80 \times \frac{3}{5} Q_1 + 6 \times Q_1 + 10 \times \frac{2}{5} Q_1 + 5 \times \frac{3}{5} Q_1 + \frac{3}{5} Q_1 \times H_{pR}$$

$$\therefore 100 = 36 + 48 + 6 + 4 + 3 + \frac{3}{5} \times H_{pR}$$

$$\boxed{H_{pR} \approx 5 \text{ m}}$$

$$5 = 8 \times \frac{V_3^2}{19,6} \Rightarrow \boxed{V_3 \approx 3,5 \text{ m/s}}$$

$$\therefore Q_3 = 3,5 \times \frac{\pi \times 0,06^2}{4} \Rightarrow \boxed{Q_3 \approx 9,9 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$\therefore \boxed{Q_1 = 16,5 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}$$



CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FEI

Data: 10/08/2014

(6)

Como a instalação de bombeamento (seção 4) tem uma única entrada e uma única saída, podemos efetuar um balanço de cargas, portanto:

$$H_0 + H_B = H_4 + H_{p_{AB}} + H_{p_{dB}}$$

$$Z_0 + \frac{p_0}{\gamma} + \frac{V_0^2}{2g} + H_B = Z_4 + \frac{p_4}{\gamma} + \frac{\alpha_4 V_4^2}{2g} + H_{p_{AB}} + H_{p_{dB}}$$

Com o PNR em 0, resulta:

$$0 + H_B = 100 + \frac{\alpha_4 V_4^2}{2g} + H_{p_{AB}} + H_{p_{dB}}$$

$$H_{p_{AB}} = f \times \frac{6}{0,1} \times \frac{V^2}{19,6}$$

Vamos determinar o "f" pela planilha que se encontra-se no site: [www.escoladavida.eng.br](http://www.escoladavida.eng.br), na engenharia; mecânica dos fluidos;



CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FEI

para engenharia química; planejamento atual; consulta; Determinação do "f"

determinação\_dos\_f (5) [Modo de Compatibilidade] - Microsoft Excel

Arquivo Página Inicial Inserir Layout da Página Fórmulas Dados Revisão Exibição

Colar Área de Transf... Fonte Alinhamento Número

propriedades do fluido transportado

temp (°C)	$\mu$ (kg/ms)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$D_v$ (Pa)	$v$ (m <sup>2</sup> /s)
20	1,00E-03	998,2		1,004E-06

propriedades do local

g = m/s<sup>2</sup>  
 patm = Pa

mat. tubo aço

espessura	Dint (mm)	A (cm <sup>2</sup> )
	100	78,54
K(m)	Dv/k	
4,60E-05	2174	

Legenda

- deve ser preenchida
- será calculada
- preenchimento opcional
- copiado de outra planilha

Q (m <sup>3</sup> /h)	Q(m <sup>3</sup> /s)	Q(L/s)	Q(L/min)
59,4	deve transformar para m <sup>3</sup> /h	16,5	

FLUIDO (líquido)	Velocidade econômica (m/s)	Material da Tubulação
Água:		
- serviços gerais	0,9 a 2,5	aço
- rede industrial	0,9 a 2,2	aço
Bombas:		
- linha de sucção	0,9 a 2,2	aço
- linha de recalque	2,1 a 3,0	aço
Ácido clorídrico	1,5	rev. de borracha
Ácido sulfúrico 88 a 98%	1,2	F <sup>o</sup> F <sup>o</sup>
Amoníaco	1,8	aço

Introdução\_e\_dados propriedades d'água Haaland Swamee e Jain Churchill Planilha comparação\_f

Pronto 100%

11:03 18/08/2014

Q(m <sup>3</sup> /h)	v(m/s)	Re	f <sub>Haaland</sub>	f <sub>Swamee e Jain</sub>	f <sub>Churchill</sub>	f <sub>planilha</sub>
59,4	2,10	209248	0,0183	0,0186	0,0186	0,0185



(7)

Data: 10/08/2014

Vou considerar a resposta de Churchill, por dois motivos:

1º é o maior valor de "f"

2º esta fórmula não apresenta nenhuma restrição.

$$\therefore f = 0,0186$$

Podemos também, ler:

$$V_4 = 2,10 \text{ m/s}$$

$$\therefore \alpha_4 = 1,0$$

$$Re_4 = 209248$$

$$H_{p_{AB}} = 0,0186 \times \frac{6}{0,1} \times \frac{2,10^2}{19,6} \approx 0,2511 \text{ m} = 0,26 \text{ m}$$

$$h_{faB} = 0,0186 \times \frac{120,3}{0,1} \times \frac{2,10^2}{19,6} \approx 5,035 \text{ m}$$



RO UNIVERSITÁRIO DA FEI

Data: 10/08/2014

8

$$H_{p_{dB}} = h_{f_{dB}} + \frac{10 \times 2,10^2}{19,6} + \frac{2 \times 2,10^2}{19,6}$$

$$H_{p_{dB}} = 7,735 \text{ m}$$

$$H_{p_{AB}} + H_{p_{dB}} \approx 7,995 \text{ m} \approx 8,0 \text{ m}$$

$$H_B = 100 + \frac{1 \times 2,10^2}{19,6} + 7,995$$

$$H_B \approx 108,22 \text{ m} = 108,3 \text{ m}$$

$$N_B = \frac{998,2 \times 9,8 \times 16,5 \times 10^{-3} \times 108,3}{0,8} = 21850,74 \text{ W}$$

a)

$$b) \underset{\substack{\text{valv. de} \\ \text{ret.}}}{L_{eq}} = \frac{K_s \times D_H}{f} = \frac{10 \times 0,1}{90186}$$

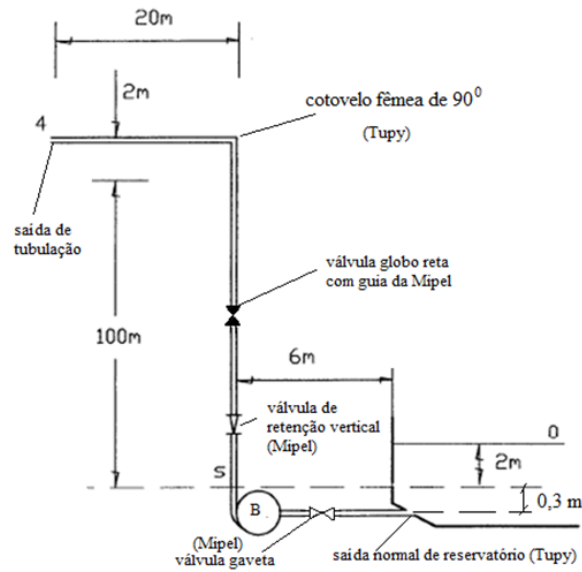
$$L_{eq} \approx 53,8 \text{ m}$$



CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FEI

ME5330

Considerando a instalação esquematizada abaixo, sabendo que através da mesma estaremos transportando água a 20°C com uma vazão desejada de 16,5 L/s, pede-se dimensionar as tubulações e especificar a bomba adequada



etapas de  
 1 projeto básico de uma  
 instalação de bombeamento.

1<sup>o</sup> → DADOS INICIAIS

1.1 → FLUIDO E SUA TEMPERATURA

$$\begin{aligned} \rho &= 998,2 \text{ kg/m}^3 \\ \nu &= 1,004 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \\ p_{\text{vapor}} &= ? \end{aligned} \left. \vphantom{\begin{aligned} \rho &= 998,2 \text{ kg/m}^3 \\ \nu &= 1,004 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \\ p_{\text{vapor}} &= ? \end{aligned}} \right\}$$

exemplo → H<sub>2</sub>O a 20°C

↳ semana passada mostrei a  
 det. pelo site [www.escoladavida  
 .eng.br](http://www.escoladavida.eng.br).

Outra maneira consultando  
 a bibliografia complementar  
 e o material da KSB, na  
 pg 200  $\rho = 0,9983 \text{ kg/dm}^3$   $\nu = ?$   
 $p_{\text{vapor}} = 902337 \text{ bar}$ .

PORTANTO → um está complementando  
 o outro.



CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FEI

Teríamos ainda outra  
 maneira na consulta,  
 Ver → \*

1.2 → Condições de captação e de distribuição e que permitem a especificação da  $H_{inicial}$  e da  $H_{final}$ .

No exemplo, temos adotando o PHE em (0):

$$H_{inicial} = 0$$

$$H_{final} = 100 + \frac{10^2}{2gA_1^2}$$

1.3 → A vazão desejada, que para o exemplo é  $16,5 \text{ l/s}$ .

1.4 → A aplicação da instalação a ser projetada.

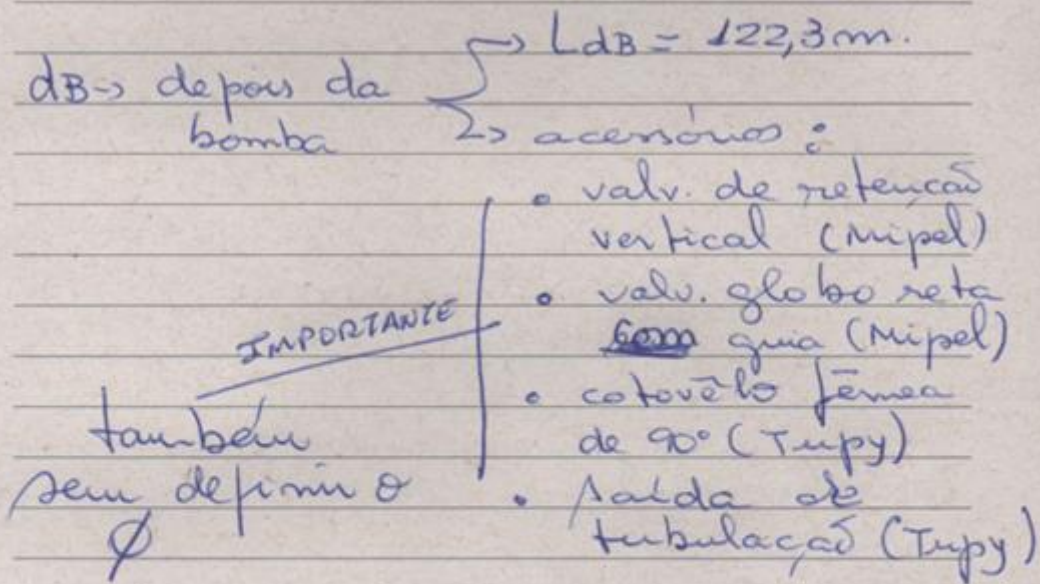
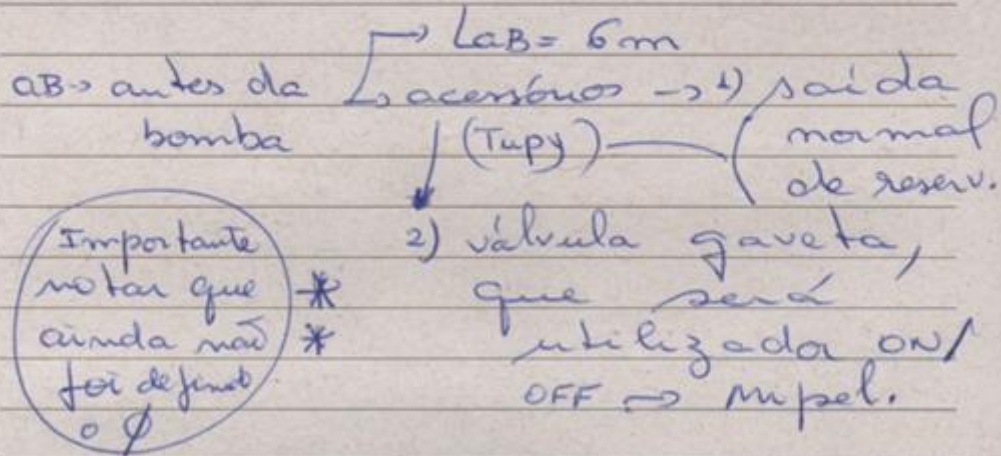
No exemplo vamos considerar que é uma aplicação industrial.

2ª → ESBOÇO DA INSTALAÇÃO

Através do esboço podemos especificar os comprimentos ( $L$ ) dos tubos, ~~os~~ ~~os~~ os acessórios hidráulicos e as cotas.



(singularidades) que serão utilizados. isto sem especificar seus diâmetros



Adotando PHR em (0), temos

$Z_{inicial} = Z_0 = 0$

$Z_{final} = Z_4 = 100m.$

### 3ª DIMENSIONAMENTO DOS TUBOS,

SEMPRE dimensionamos o tubo depois da bomba e adotamos um diâmetro comercial imediatamente superior antes da bomba, isto com a finalidade de diminuir a probabilidade de ocorrer o fenômeno de CAVITAÇÃO.

INSTALAÇÃO INDUSTRIAL  $\Rightarrow$  material  
+ usado Aço (NORMA ANSI B36.10)

(e)  $0,9 < v < 2,2 \text{ m/s}$



CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FEI

Adotamos  $v = 2,0 \text{ m/s}$ , temos:

$$16,5 \times 10^{-3} = \frac{2 \times \pi \cdot D_{ref}^2}{4} \Rightarrow D_{ref} = \left[ \frac{4 \times 16,5 \times 10^{-3}}{2 \times \pi} \right]^{1/2}$$

em mm.

$$D_{ref} = 102,5 \text{ mm}$$

↳ utilizado na norma ANSI B36-10 e considerando aço 40, temos:

$$\begin{aligned} DN = 4'' \text{ aço } 40 & \left\{ \begin{array}{l} D_{int} = 102,3 \text{ mm} \\ A = 82,1 \text{ cm}^2 \end{array} \right. \\ \downarrow D_{db} & \end{aligned}$$

isto p/ depois da bomba, ou seja, para a tubulação de recalque.

Para a tubulação antes da bomba, adotamos um diâmetro imediatamente superior, que de princípio seria o de 6", porém como foi informado que esta tabela não é



completa, vamos pesquisar se não existe o de 5". Constatamos que existe, portanto:

$$\begin{aligned} DN = 5'' \text{ aço } 40 & \left\{ \begin{array}{l} D_{int} = 128,3 \text{ mm} \\ A = 129,3 \text{ cm}^2 \end{array} \right. \\ \downarrow D_{db} & \end{aligned}$$