

Primeira parte da P1 da turma 140

Gabarito da turma A

1ª Questão: Deseja-se calcular a perda de carga total e a potência útil de uma bomba destinada a bombear água a 20°C à razão de 15 m<sup>3</sup>/h, desde um grande reservatório aberto para atmosfera até um tanque elevado, também aberto, situado a 38 m acima, através de uma tubulação de aço ( $K=0,046\text{mm}$ ) de 182 m de comprimento geométrico. O diâmetro nominal de sucção é 2,5" e, o de recalque, 2", ambos de espessura 40. Há 12 m de tubo na sucção, uma válvula de pé com crivo (ou de poço da Mipel), sete cotovelos fêmeas de 90° da Tupy, dois tês de passagem direta também da Tupy, uma união da Tupy e uma válvula gaveta da Mipel. A tubulação de recalque tem 170 m de extensão e inclui dez cotovelos fêmeas de 90° da Tupy, quatro tês de passagem direta também da Tupy, uma válvula de retenção vertical da Mipel, duas válvulas gavetas também da Mipel, uma válvula globo reta sem guia da Mipel, 15 uniões da Tupy e um filtro de linha ( $Leq = 0,4 \text{ m}$ ). (valor – 2,0)



DEVEMOS PROCURAR ESTABELEECER, TANTO AS CONDIÇÕES DE CAPTAÇÃO (SEÇÃO INICIAL), COMO AS CONDIÇÕES DA SEÇÃO FINAL E PELO FATO DE NÃO TER SIDO MENCIONADO O COMPRIMENTO EQUIVALENTE NA SEÇÃO DE SAÍDA (SEÇÃO FINAL), VAMOS CONSIDERAR QUE AS SEÇÕES INICIAL E FINAL SÃO REPRESENTADAS POR NÍVEIS DE FLUIDO!



Adotando-se o PHR  
no nível de  
captação, temos:

$$H_{\text{inicial}} = 0$$

$$H_{\text{final}} = 38\text{m}$$



Evocando a fórmula  
universal para o  
cálculo das perdas:

$$h_f = f \times \frac{(L + \sum Leq)}{D_H} \times \frac{Q^2}{2g \times A^2}$$

Verificamos a  
necessidade da  
determinação do  
 $D_H$ , da  $A$ , do  $L$  e  
da somatória  
dos  $Leq$ .



Com trata-se de  
conduto circular  
forçado, temos:



$$D_H = D_{\text{interno}}$$

Sucção:  $D_N = 2,5''$  com  
espessura 40, portanto:

$$D_{\text{int}} = 62,7\text{mm} \rightarrow A = 30,9\text{cm}^2 \rightarrow L = 12\text{m}$$

$$\text{válvula de poço Mipel} \rightarrow \text{Leq} = 26,80\text{m}$$

$$\text{cotovelos fêmeas de } 90^0 \text{ da Tupy} \rightarrow \text{Leq}_{\text{cotovelos}} = 7 \times 2,35 = 16,45\text{m}$$

$$\text{tês de passagem direta da Tupy} \rightarrow \text{Leq}_{\text{tês}} = 2 \times 0,41 = 0,82\text{m}$$

$$\text{união da Tupy} \rightarrow \text{Leq} = 0,01\text{m}$$

$$\text{válvula gaveta da Mipel} \rightarrow \text{Leq} = 0,85\text{m}$$

$$L + \sum \text{Leq} = 12 + 44,93 = 56,93\text{m} \rightarrow (0,125)$$

Recalque:  $D_N = 2''$  com  
espessura 40, portanto:

$$D_{\text{int}} = 52,5\text{mm} \rightarrow A = 21,7\text{cm}^2 \rightarrow L = 170\text{m}$$

$$\text{válvula de retenção vertical Mipel} \rightarrow \text{Leq} = 19,81\text{m}$$

$$\text{cotovelos fêmeas de } 90^0 \text{ da Tupy} \rightarrow \text{Leq}_{\text{cotovelos}} = 10 \times 1,88 = 18,8\text{m}$$

$$\text{tês de passagem direta da Tupy} \rightarrow \text{Leq}_{\text{tês}} = 4 \times 0,33 = 1,32\text{m}$$

$$\text{uniões da Tupy} \rightarrow \text{Leq} = 15 \times 0,01 = 0,15\text{m}$$

$$\text{válvula gaveta da Mipel} \rightarrow \text{Leq} = 2 \times 0,70 = 1,40\text{m}$$

$$\text{válvula globo reta sem guia} \rightarrow \text{Leq} = 17,68\text{m}$$

$$\text{filtro de linha} \rightarrow \text{Leq} = 0,4\text{m}$$

Portanto no  
recalque temos:

$$L + \sum \text{Leq} = 170 + 59,56$$

$$L + \sum \text{Leq} = 229,56\text{m}$$

$$(0,125)$$



Para o cálculo das perdas, devemos calcular os coeficientes de perda de carga distribuída, para isto devemos conhecer as propriedades do fluido que escoam:

água a 20<sup>0</sup> C

$$\rho = 998,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\nu = 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$



Pela determinação do "f" no sítio [www.escoladavida.eng.br](http://www.escoladavida.eng.br) para sucção:

$$f_{\text{sucção}} = 0,0218$$

(0,125)

Para o recalque no mesmo sítio

$$f_{\text{recalque}} = 0,0219$$

(0,125)



Aí podemos  
calcular as  
perdas:



$$H_{p_{\text{total}}} = H_{p_{2,5''}} + H_{p_{2''}}$$

$$H_{p_{2,5''}} = 0,0218 \times \frac{56,93}{0,0627} \times \frac{\left(\frac{15}{3600}\right)^2}{19,6 \times \left(30,9 \times 10^{-4}\right)^2}$$

$$H_{p_{2''}} = 0,0219 \times \frac{229,56}{0,0525} \times \frac{\left(\frac{15}{3600}\right)^2}{19,6 \times \left(21,7 \times 10^{-4}\right)^2}$$

$$\therefore H_{p_{\text{total}}} \cong 1,84 + 18,02 \approx 19,9\text{m} \rightarrow (0,5)$$



Aí podemos  
calcular a carga  
manométrica  
da bomba:

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

$$0 + H_B = 38 + 19,9$$

$$\therefore H_B \cong 57,9\text{m} \rightarrow (0,5)$$



E aí calcular a  
potência útil da  
bomba:

$$N = \gamma \times Q \times H_B = \rho \times g \times Q \times H_B$$

$$N = 998,2 \times 9,8 \times \left( \frac{15}{3600} \right) \times 57,9$$

$$N \cong 2360\text{W} \rightarrow (0,5)$$

2ª Questão: Considerando os dados a seguir, obtenha as equações das linhas de tendência das funções  $H_B = f(Q)$  e  $\eta_B = f(Q)$  especificando os seus “ $R^2$ ” (valor – 1,0).

Q(m³/h)	0	2	4	6	8	10	12	14	16
$H_B$ (m)	76	76	75,6	74,8	73,6	72	70	67,7	65
$\eta_B$ (%)			15	20	27	31	34	37	40

Pelo Excel,  
obtemos:

$$H_B = -0,0486 \times Q^2 + 0,0874 \times Q + 76$$

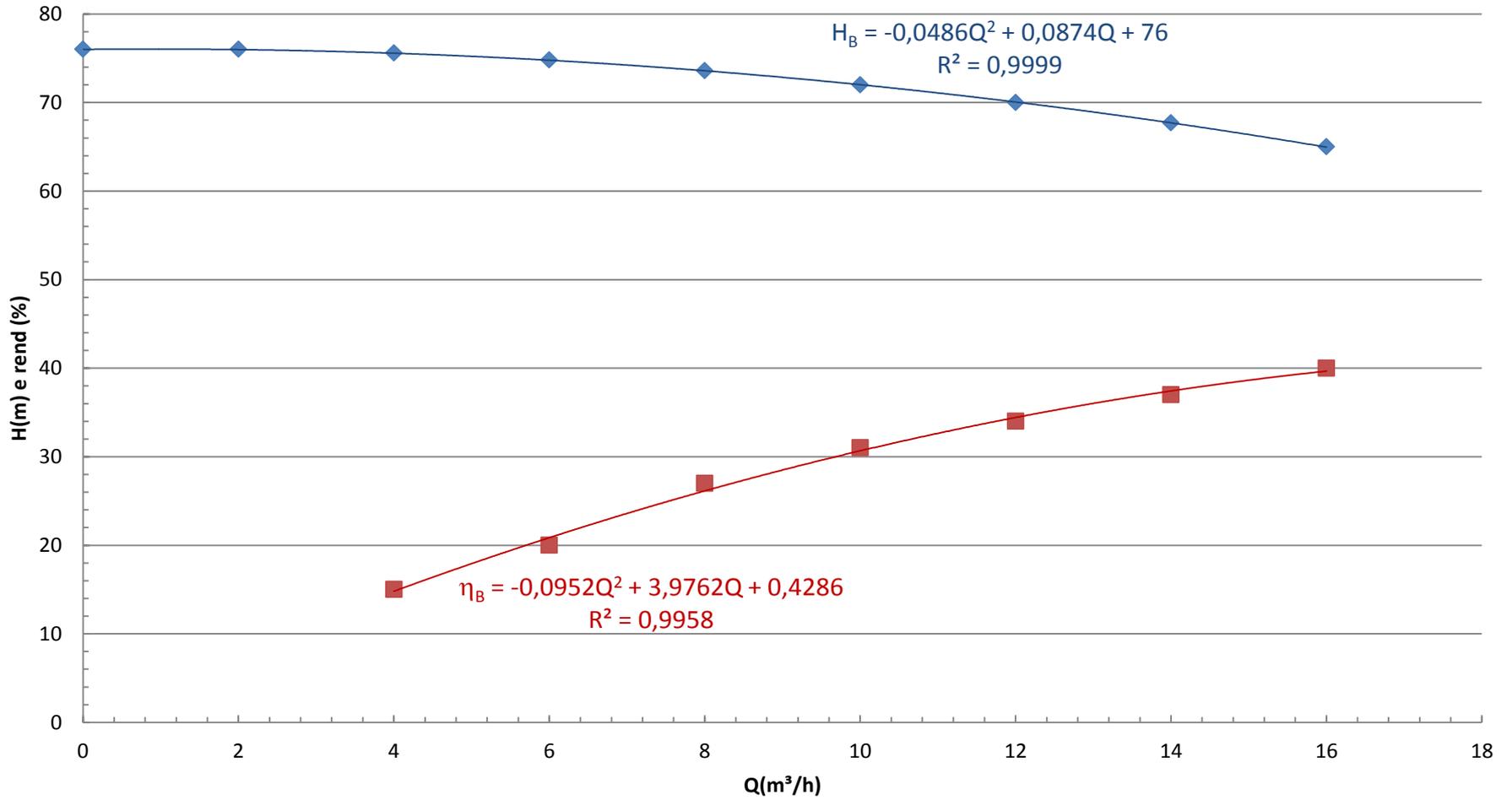
$$R^2 = 0,9999$$

$$\eta_B = -0,0952 \times Q^2 + 3,9762 \times Q + 0,4286$$

$$R^2 = 0,9958$$



# CCB



$$H_B = -0,0486Q^2 + 0,0874Q + 76$$
$$R^2 = 0,9999$$

$$\eta_B = -0,0952Q^2 + 3,9762Q + 0,4286$$
$$R^2 = 0,9958$$

◆ HB(m)    ■ rendimento    — Polinômio (HB(m))    — Polinômio (rendimento)

3ª Questão: Se a bomba anterior for utilizada na instalação descrita na primeira questão especifique o seu ponto de trabalho parcial. (valor – 2,0)

Ponto parcial

$$Q_{\tau}; H_{B_{\tau}}; \eta_{B_{\tau}}; N_{B_{\tau}}$$



Vamos obter a equação da CCI



Como trata-se de uma instalação hidráulica de uma entrada e uma saída aplica-se a equação da energia entre a seção inicial e final, deixando a mesma em função da vazão e do coeficiente de perda de carga distribuída.

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

$$H_S = 38 + f_{2,5''} \times 4851774,6 \times Q^2 + f_{2''} \times 47376325,5 \times Q^2$$

Recorre-se ao Excel para se ter a CCI representada junto com a CCB, já que o ponto de trabalho é determinado no cruzamento da CCI com a CCB!

Os coeficientes de perda de carga distribuída serão determinados através do sítio [www.escoladavida.eng.br](http://www.escoladavida.eng.br)

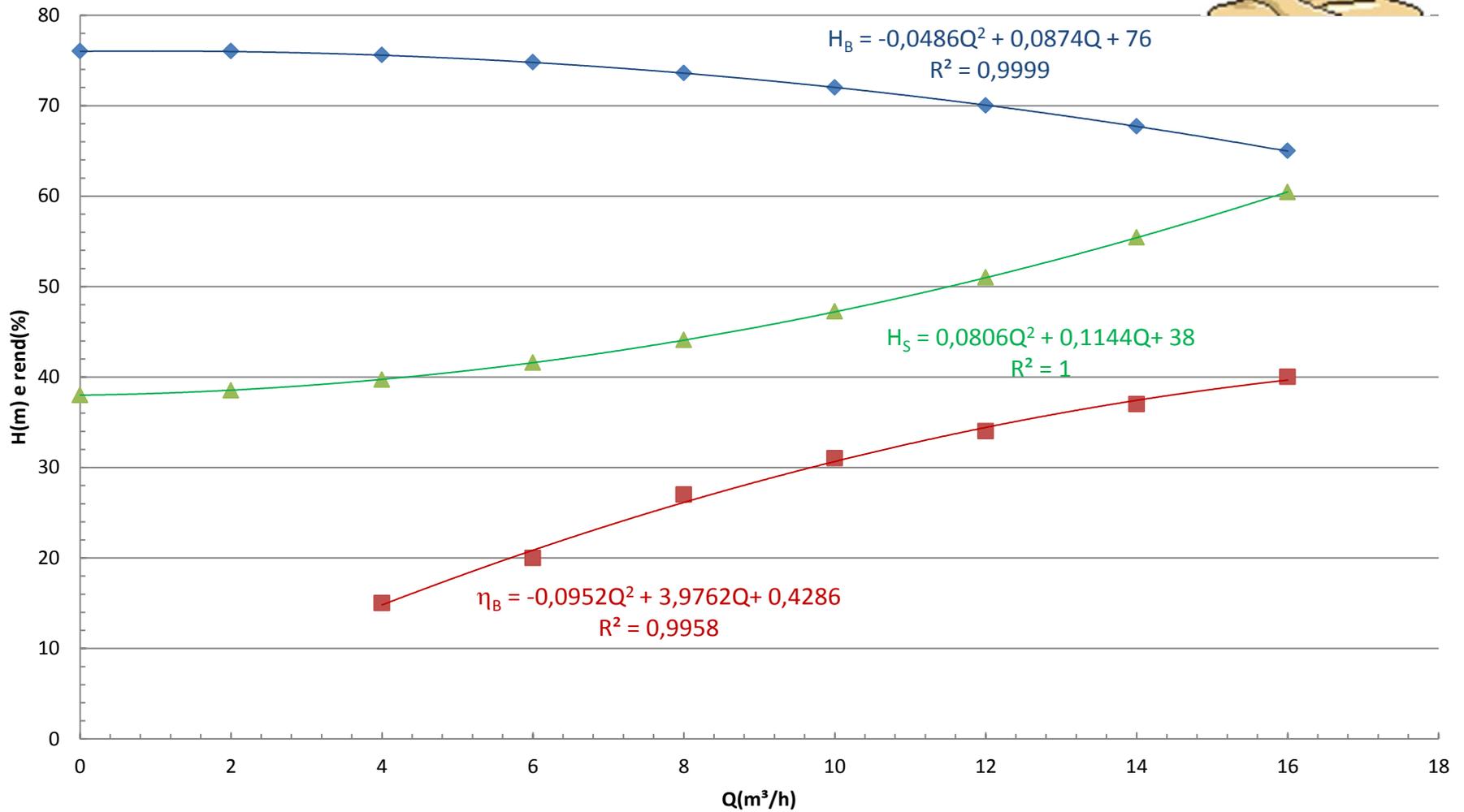




A tabela a seguir  
vale 0,5.

$Q(\text{m}^3/\text{h})$	$H_B(\text{m})$	$\eta_B (\%)$	$f_{2''}$	$f_{2,5''}$	$H_S(\text{m})$
0	76		0	0	38
2	76		0,0304	0,0314	38,5
4	75,6	15	0,0264	0,0269	39,7
6	74,8	20	0,0246	0,0249	41,6
8	73,6	27	0,0236	0,0238	44,1
10	72	31	0,0229	0,0230	47,2
12	70	34	0,0224	0,0224	51,0
14	67,7	37	0,0221	0,0220	55,4
16	65	40	0,0218	0,0216	60,4

A representação a seguir com a equação da linha de tendência da CCI vale (0,5)



◆ HB(m)    ■ rendimento    ▲ CCI    — Polinômio (HB(m))    — Polinômio (rendimento)    — Polinômio (CCI)



No ponto de trabalho, temos  
 $H_B = H_S$

$$-0,0486Q^2 + 0,0874Q + 76 = 0,0806Q^2 + 0,1144Q + 38$$

$$0,1292Q^2 + 0,027Q - 38 = 0$$

$$Q_\tau = \frac{-0,027 + \sqrt{0,027^2 + 4 \times 0,1292 \times 38}}{2 \times 0,1292} \cong 17,1 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \rightarrow (0,25)$$

$$H_{B_\tau} = 0,0806 \times 17,1^2 + 0,1144 \times 17,1 + 38 \cong 63,5 \text{m} \rightarrow (0,25)$$

$$\eta_{B_\tau} = -0,0952 \times 17,1^2 + 3,9762 \times 17,1 + 0,4286 \cong 40,6\% \rightarrow (0,25)$$

$$N_{B_\tau} = \frac{998,2 \times 9,8 \times \left( \frac{17,1}{3600} \right) \times 63,5}{0,406} \cong 7267,5 \text{W} \rightarrow (0,25)$$