

Resolução do exercício proposto para a introdução da associação em paralelo de bombas

➤ Apenas uma bomba

$$H_{\text{captação}} + H_S = H_{\text{distribuição}} + H_{P_{\text{totais}}}$$

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

$$H_{\text{captação}} = 0$$

$$H_{\text{distribuição}} = 33\text{m}$$

$$H_S = 33 + H_{P_{3''}} + H_{P_{2,5''}}$$

$$H_{P_{3''}} = f_{3''} \times \frac{(3 + 20 + 2,82)}{0,0779} \times \frac{Q^2}{2 \times 9,8 \times (47,7 \times 10^{-4})^2} = 743234,7 \times f_{3''} \times Q^2$$

$$H_{P_{2,5''}} = f_{2,5''} \times \frac{(103 + 8,1 + 2 \times 2,35 + 0,4 + 3,43 + 21 + 0,9)}{0,0627} \times \frac{Q^2}{2 \times 9,8 \times (30,9 \times 10^{-4})^2} =$$

$$12061683,7 \times f_{2,5''} \times Q^2$$

$$H_S = 33 + 743234,7 \times f_{3''} \times Q^2 + 12061683,7 \times f_{2,5''} \times Q^2 \Rightarrow \text{equação da CCI}$$

A partir deste ponto se determina os coeficientes de perda de carga distribuída, o que é mostrado pela planilha a seguir:

➤ para a tubulação de 3''

Cálculo do coeficiente de perda de carga distribuída para o escoamento laminar e para regime hidraulicamente rugoso	
DH	0,0779
v	1,00E-06
K	4,80E-05
Xo	7,07

f	valor	Q (m³/h)
1	0	0
2	0,023281	10
3	0,021034	20
4	0,020083	30
5	0,019545	40

➤ para a tubulação de 2,5''

Cálculo do coeficiente de perda de carga distribuída para o escoamento laminar e para regime hidraulicamente rugoso	
DH	0,0627
v	1,00E-06
K	4,80E-05
Xo	7,07

f	valor	Q (m ³ /h)
1	0	0
2	0,022946	10
3	0,021079	20
4	0,020319	30
5	0,0199	40

Conhecidos os coeficientes de perda de carga distribuída é possível se determinar a tabela de dados que possibilitará a obtenção da CCI (Curva Característica da Instalação)

Q (m ³ /h)	Hs (m)
0	33
10	35,3
20	41,3
30	51,1
40	64,4

Construindo-se a CCI junto a CCB, pode-se determinar o ponto de trabalho, já que para o mesmo se tem que a CCI = CCB.

$$y = -0,0331x^2 + 0,1655x + 79$$

$$R^2 = 0,9966$$

$$y = -0,158x^2 + 7,2418x - 6,2346$$

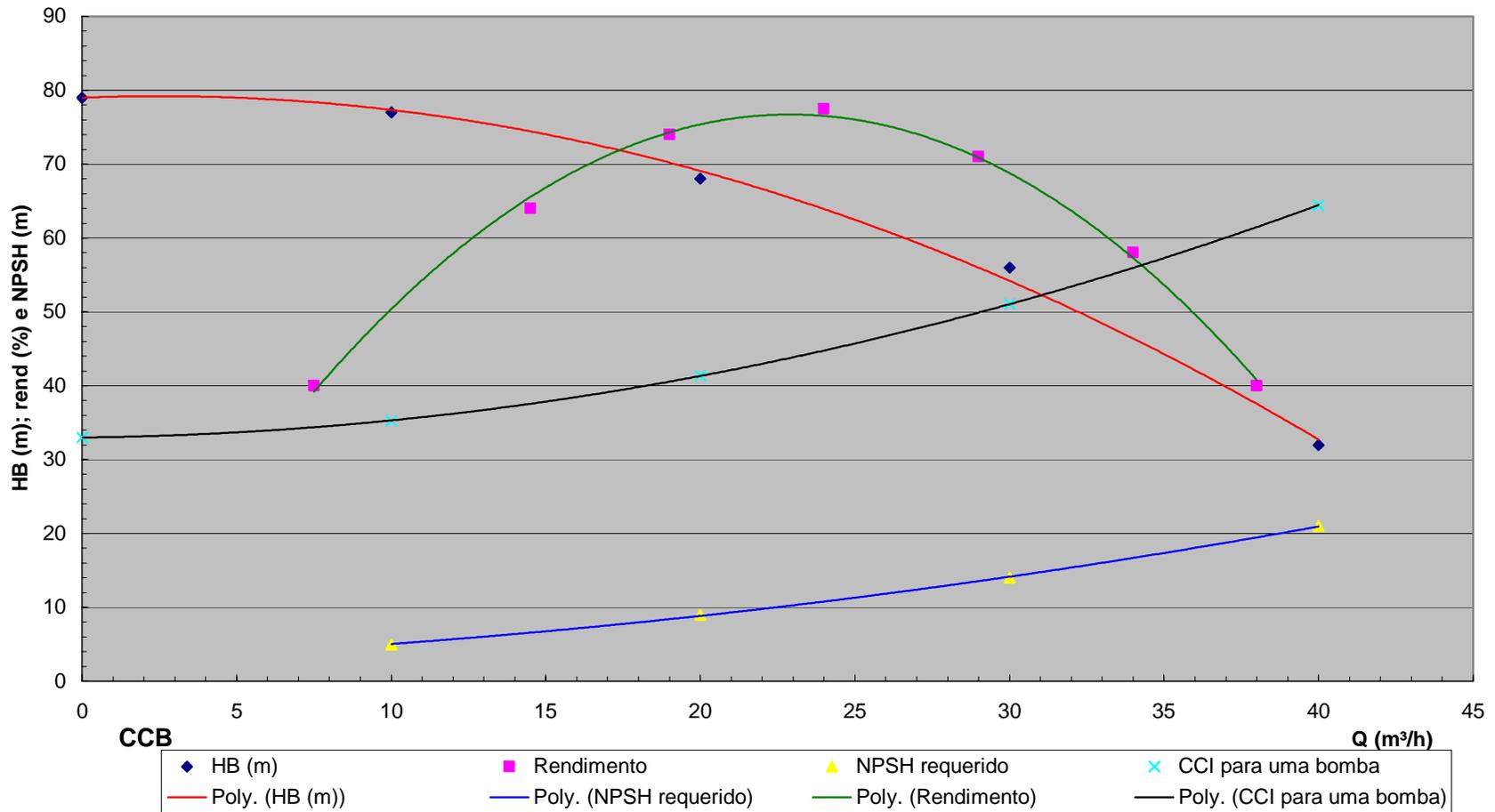
$$R^2 = 0,9964$$

$$y = 0,0075x^2 + 0,155x + 2,75$$

$$R^2 = 0,9996$$

$$y = 0,0185x^2 + 0,0459x + 33$$

$$R^2 = 1$$



No ponto de trabalho se tem:

$$-0,0331Q^2 + 0,1655Q + 79 = 0,0185Q^2 + 0,0459Q + 33$$

$$\therefore 0,0516Q^2 - 0,1196Q - 46 = 0 \Rightarrow Q_{\tau} \cong 31,04 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$H_B = 0,0181 \times 31,04^2 + 0,0459 \times 31,04 + 33 \cong 52,3\text{m}$$

$$\eta_B = -0,158 \times 31,04^2 + 7,2418 \times 31,04 - 6,2346 \cong 66,3\%$$

$$\therefore N_B = \frac{1000 \times \left(\frac{31,04}{3600} \right) \times 52,3}{0,663} \cong 679,5 \frac{\text{kgf} \times \text{m}}{\text{s}} \cong 9,1\text{CV} \cong 6,7\text{KW}$$

$$NPSH_{\text{req}} = 0,0075 \times 31,04^2 + 0,155 \times 31,04 + 2,75 \cong 14,8\text{m}$$

$$NPSH_{\text{disp}} = -1 + \frac{701 \times 13,6 - 350}{1000} - 0,02 \times 743234,7 \times \left(\frac{31,04}{3600} \right)^2 \cong 7\text{m}$$

Reserva contra cavitação = 7 - 14.8 = -7.8m \therefore está cavitando

➤ Associação paralelo de bomba

Para a instalação tem-se:

$$\gamma \times Q_a \times H_{S_a} = \gamma \times Q_a \times H_{\text{distribuição}} + 2 \times \gamma \times \frac{Q_a}{2} \times H_{P3''} + 2 \times \gamma \times \frac{Q_a}{2} \times H_{P \text{ depois da bomba até 6}} + \gamma \times Q_a \times H_{P6-11}$$

$$H_{S_a} = 33 + f_{3'' \text{ para } Q_a/2} \times 743234,7 \times \frac{Q_a^2}{4} + f_{2,5'' \text{ para } Q_a/2} \times \frac{(3 + 8,1 + 2,35 + 0,4)}{0,0627}$$

$$\times \frac{Q_a^2}{4} + f_{2,5'' \text{ para } Q_a} \times \frac{(100 + 3,43 + 21 + 2,35 + 0,9)}{0,0627} \times \frac{Q_a^2}{2 \times 9,8 \times (30,9 \times 10^{-4})^2}$$

A partir deste ponto se determina os coeficientes de perda de carga distribuída, o que é mostrado pela planilha a seguir:

- para a tubulação de 3" com $Q_a/2$

Cálculo do coeficiente de perda de carga distribuída para o escoamento laminar e para regime hidraulicamente rugoso	
DH	0,0779
v	1,00E-06
K	4,80E-05
Xo	7,07

f	valor	Q (m ³ /h)
1	0	0
2	0,023281	10
3	0,021034	20
4	0,020083	30
5	0,019545	40

- para a tubulação de 2,5" com $Q_a/2$

Cálculo do coeficiente de perda de carga distribuída para o escoamento laminar e para regime hidraulicamente rugoso	
DH	0,0627
v	1,00E-06
K	4,80E-05
Xo	7,07

f	valor	Q (m ³ /h)
1	0	0
2	0,022946	10
3	0,021079	20
4	0,020319	30
5	0,0199	40

➤ para a tubulação de 2,5" com Q_a

Cálculo do coeficiente de perda de carga distribuída para $QA/2$ e diâmetro de 3 polegadas

DH	0,0627
v	1,00E-06
K	4,80E-05
Xo	7,07

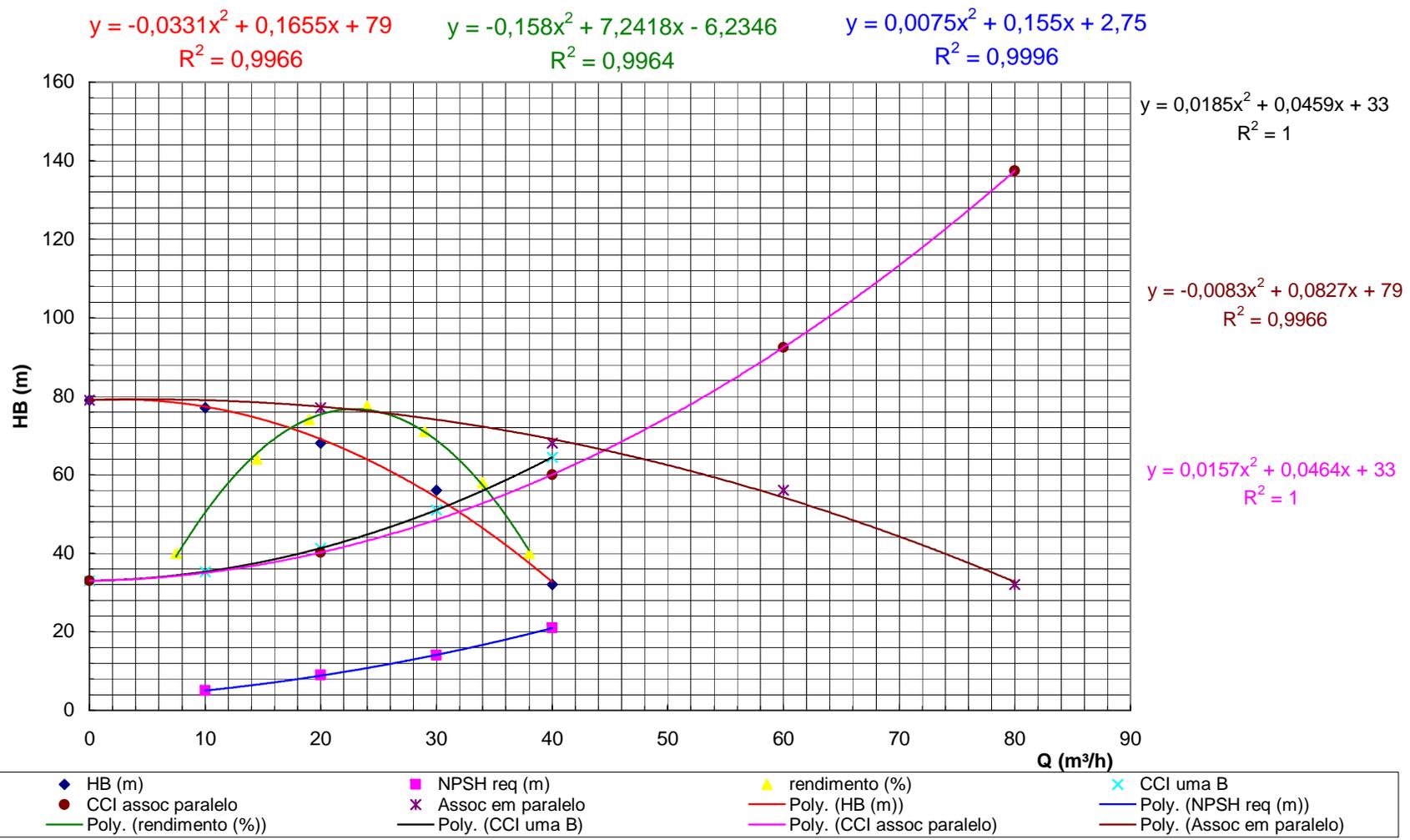
f	valor	Q (m ³ /h)
1	0	0
2	0,021079	20
3	0,0199	40
4	0,019449	60
5	0,019209	80

Conhecidos os coeficientes de perda de carga distribuída é possível se determinar a tabela de dados que possibilitará a obtenção da CCI (Curva Característica da Instalação)

Qa (m ³ /h)	Hsa (m)
0	33
20	40,2
40	60,0
60	92,5
80	137,4

Construindo-se a CCI da associação em paralelo junto a CCB da associação em paralelo¹, pode-se determinar o ponto de trabalho, já que para o mesmo se tem que a CCI = CCB.

¹ Neste caso os gráficos anteriores foram construídos juntamente com os gráficos do funcionamento de uma única bomba, isto para que se tenha a possibilidade de compará-los.



No ponto de trabalho se tem:

$$-0,0083Q^2 + 0,0827Q + 79 = 0,0157Q^2 + 0,0464Q + 33$$

$$\therefore 0,024Q^2 - 0,0363Q - 46 = 0 \Rightarrow Q_{\tau} \cong 44,5 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$H_B = 0,0157 \times 44,5^2 + 0,0464 \times 44,5 + 33 \cong 66,2\text{m}$$

$$\eta_B = -0,158 \times \left(\frac{44,5}{2}\right)^2 + 7,2418 \times \left(\frac{44,5}{2}\right) - 6,2346 \cong 76,7\%$$

$$\therefore N_B = \frac{1000 \times \left(\frac{44,5}{3600}\right) \times 66,2}{0,767} \cong 1066,9 \frac{\text{kgf} \times \text{m}}{\text{s}} \cong 14,2\text{CV} \cong 10,5\text{KW}$$

$$\text{NPSH}_{\text{req}} = 0,0075 \times 22,25^2 + 0,155 \times 22,25 + 2,75 \cong 9,9\text{m}$$

$$\text{NPSH}_{\text{disp}} = -1 + \frac{701 \times 13,6 - 350}{1000} - 0,019361 \times 185808,66 \times \left(\frac{44,5}{3600}\right)^2 \cong 7,6\text{m}$$

Reserva contra cavitação = 7,6 - 9,9 = -2,3m \therefore está cavitando