
Restaurante da Universidade de Compostela
Problemas envolvendo associações de bombas

Uma instalação de bombeamento transporta um fluido com viscosidade menor que 20 mm²/s e tem a sua CCI representada pela equação:

$$H_S = 20 + 36000 \times Q^2$$

com a vazão em m³/s e a carga do sistema em m, isto para **todas** as possibilidades de funcionamento das bombas idênticas que se encontram na casa de máquina.

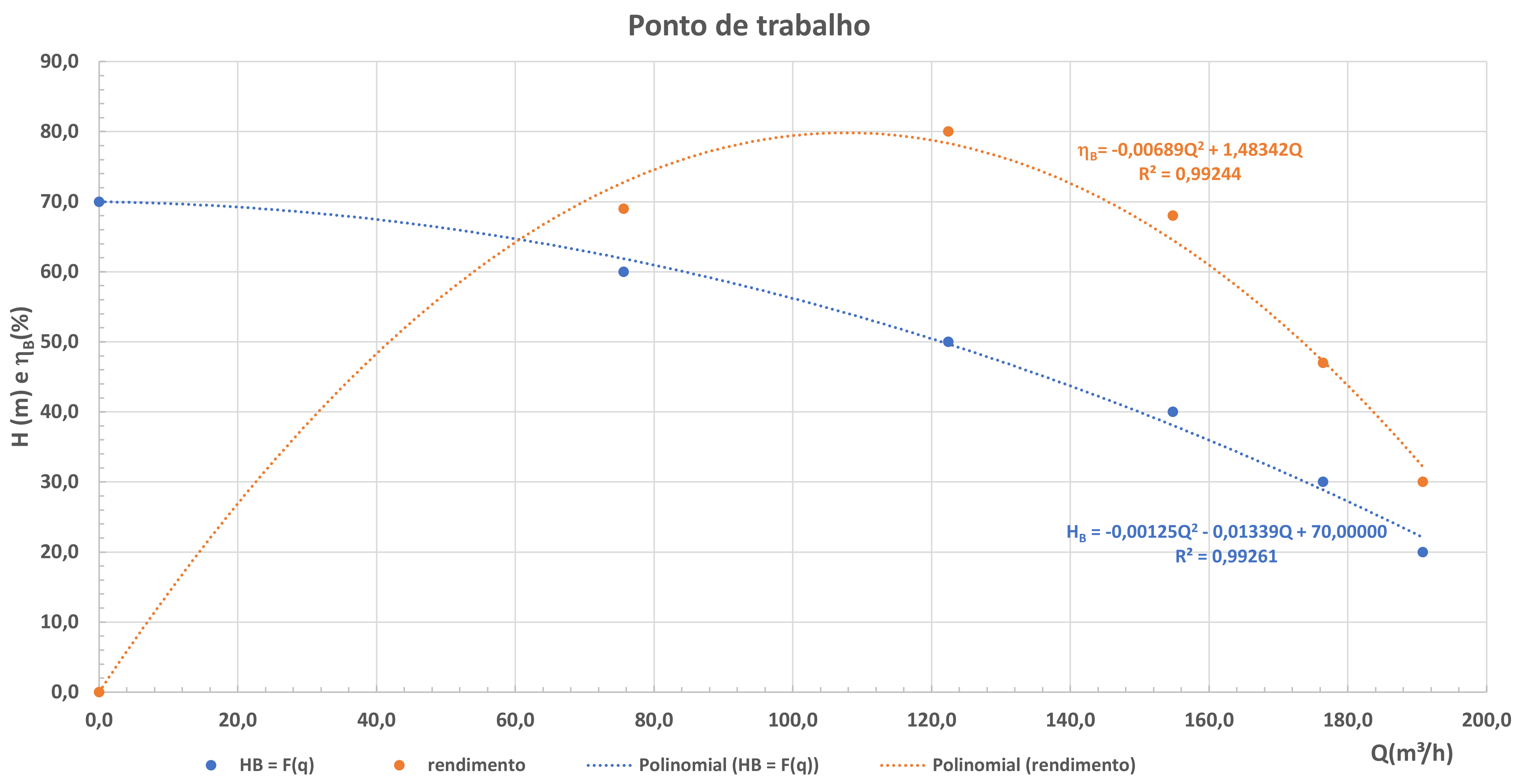
Conhecendo os dados para obtenção das curvas $H_B = f(Q)$ e $\eta_B = f(Q)$, pede-se determinar a vazão, a carga manométrica, o rendimento e a potência mecânica para:

a. o uso de uma única bomba;
b. o uso da associação em série das duas bombas idênticas;
c. O uso da associação em paralelo das duas bombas idênticas.

$$\boldsymbol{\gamma = 9782,36\,\frac{N}{m^3}}$$

Dado:

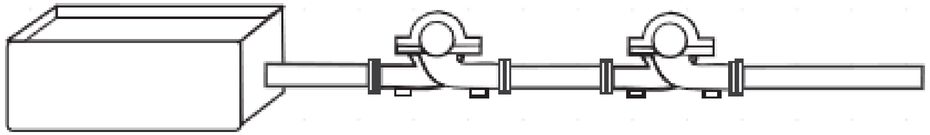
H_B(m)	70	60	50	40	30	20
Q(m³/h)	0	75,6	122,4	154,8	176,4	190,8
η_B (%)	0	69	80	68	47	30

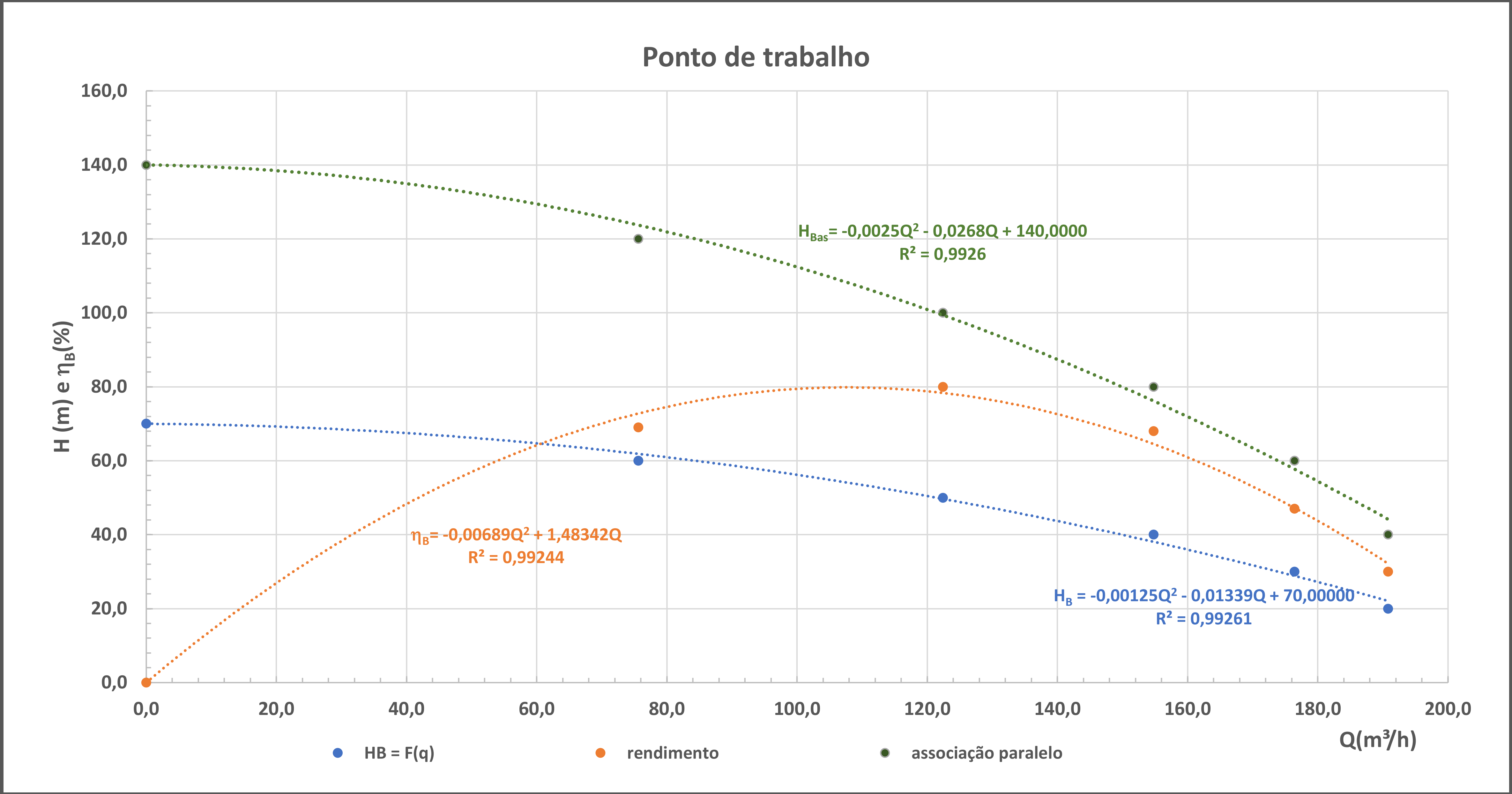

Ponto de trabalho
H (m) e ηB(%)
90,0
80,0
70,0
60,0
50,0
40,0
30,0
20,0
10,0
0,0
0,0
20,0
40,0
60,0
80,0
100,0
120,0
140,0
160,0
180,0
200,0
Q(m³/h)
ηB= -0,00689Q² + 1,48342Q
R² = 0,99244
HB = -0,00125Q² - 0,01339Q + 70,00000
R² = 0,99261
HB = F(q)
rendimento
Polinomial (HB = F(q))
Polinomial (rendimento)

PARA TRAÇAR A CURVA DA ASSOCIAÇÃO LEMBRAMOS QUE A ASSOCIAÇÃO EM SÉRIE PARA BOMBAS IGUAIS, TEMOS:

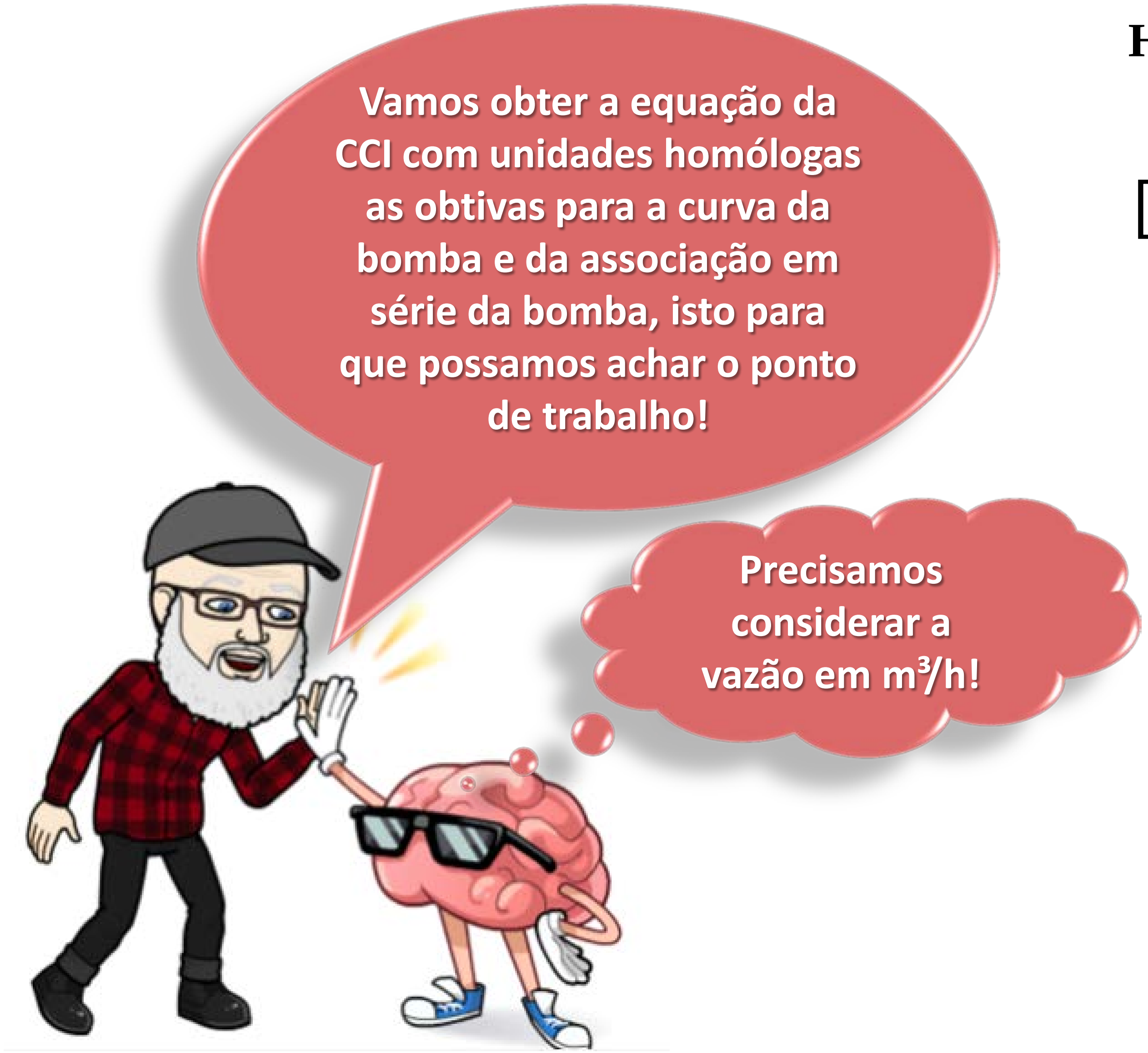
$$H_{Bas} = 2 \times H_B \rightarrow Q_{as} = Q = \text{constante}$$

H_B(m)	70	60	50	40	30	20
Q(m³/h)	0	75,6	122,4	154,8	176,4	190,8
η_B (%)	0	69	80	68	47	30
H_{Bas} (m)	140	120	100	80	60	40





Ponto de trabalho
H (m) e ηB(%)
160,0
140,0
120,0
100,0
80,0
60,0
40,0
20,0
0,0
0,0
20,0
40,0
60,0
80,0
100,0
120,0
140,0
160,0
180,0
200,0
Q(m³/h)
HBas= -0,0025Q² - 0,0268Q + 140,0000
R² = 0,9926
ηB= -0,00689Q² + 1,48342Q
R² = 0,99244
HB = -0,00125Q² - 0,01339Q + 70,00000
R² = 0,99261
HB = F(q)
rendimento
associação paralelo



$$H_S = 20 + 36000Q^2 \rightarrow [H_S] = m \text{ e } [Q] = \frac{m^3}{s}$$

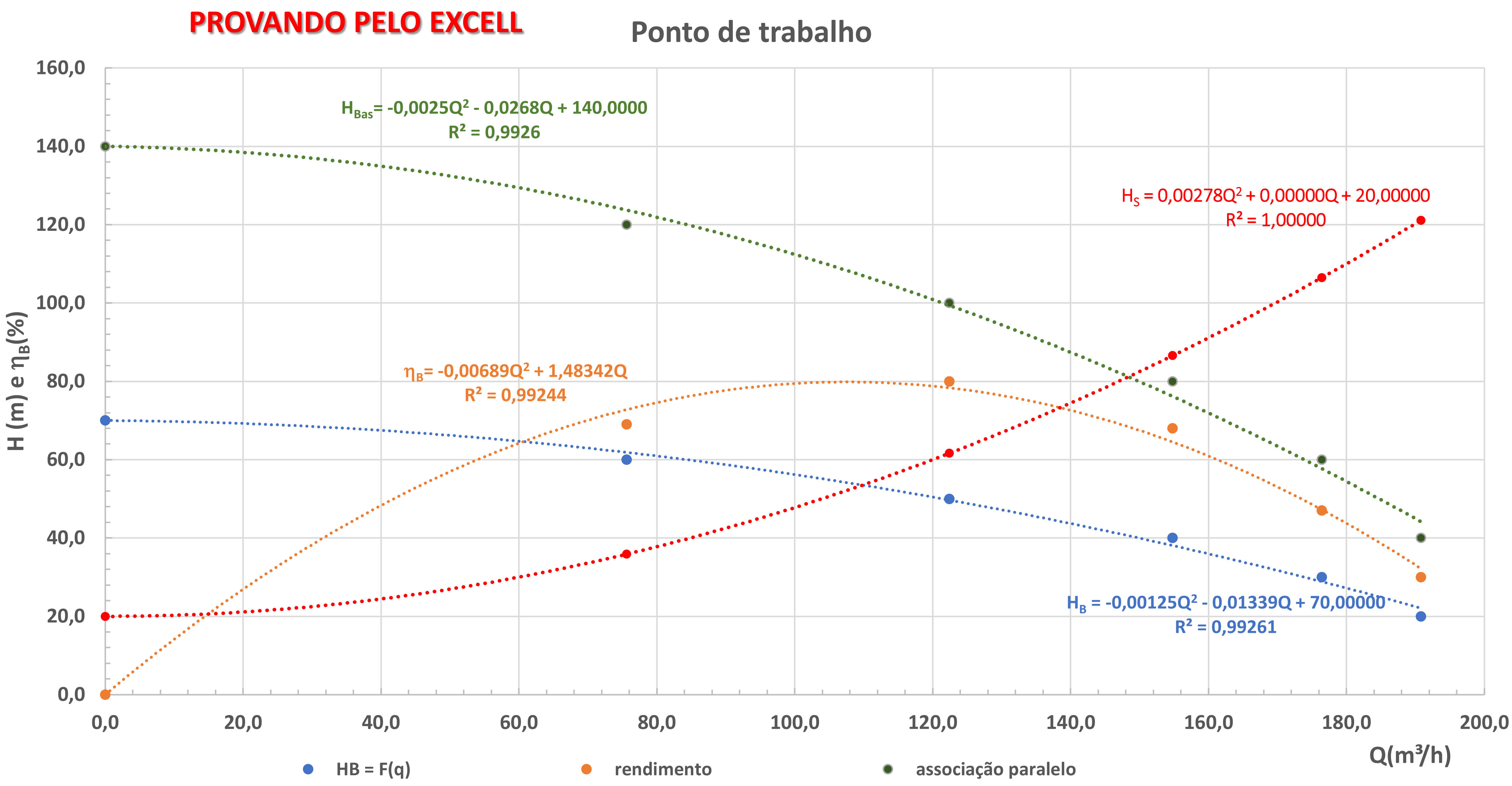
$$[36000 \times Q^2] = m \quad \therefore [36000] \times \left(\frac{m^3}{s}\right)^2 = m$$

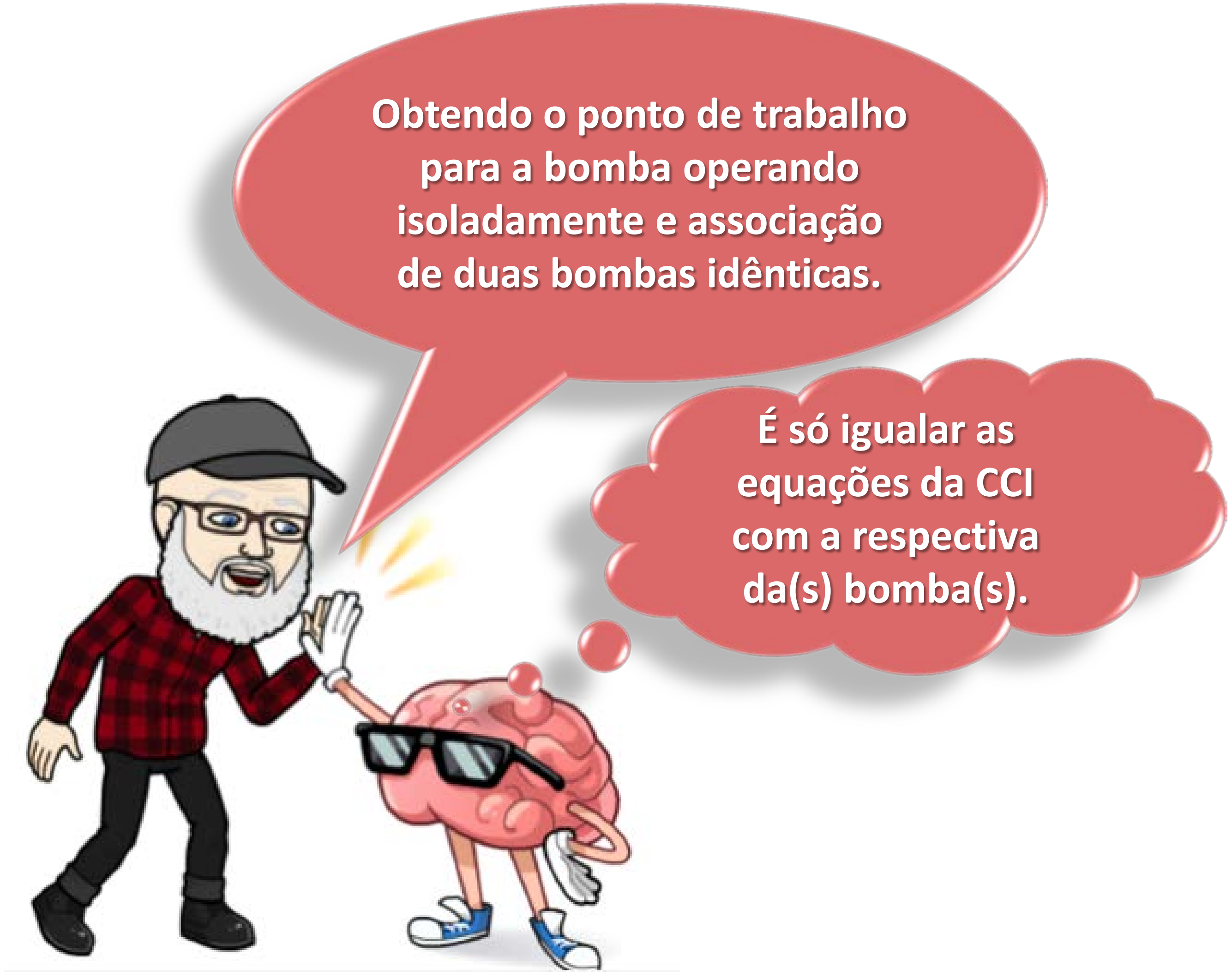
$$[36000] = m \times \frac{s^2}{m^6} = \frac{s^2}{m^5}$$

$$1s = \frac{1}{3600} h \Rightarrow 1s^2 = \frac{1}{3600^2} h^2$$

$$\left[\frac{36000}{3600^2}\right] = \frac{h^2}{m^5} \therefore [Q] = \frac{m^3}{h}$$

$$H_S = 20 + 0{,}00278Q^2 \rightarrow [H_S] = m \text{ e } [Q] = \frac{m^3}{h}$$


PROVANDO PELO EXCELL
Ponto de trabalho
H_{Bas}= -0,0025Q² - 0,0268Q + 140,0000
R² = 0,9926
H_S = 0,00278Q² + 0,00000Q + 20,00000
R² = 1,00000
η_B= -0,00689Q² + 1,48342Q
R² = 0,99244
H_B = -0,00125Q² - 0,01339Q + 70,00000
R² = 0,99261
H (m) e η_B(%)
160,0
140,0
120,0
100,0
80,0
60,0
40,0
20,0
0,0
0,0
20,0
40,0
60,0
80,0
100,0
120,0
140,0
160,0
180,0
200,0
Q(m³/h)
HB = F(q)
rendimento
associação paralelo



BOMBA OPERANDO ISOLADAMENTE

$$H_B = H_S \rightarrow -0,00125Q^2 - 0,01339Q + 70 = 0,00278Q^2 + 20$$

$$0,00403Q^2 + 0,01339Q - 50 = 0$$

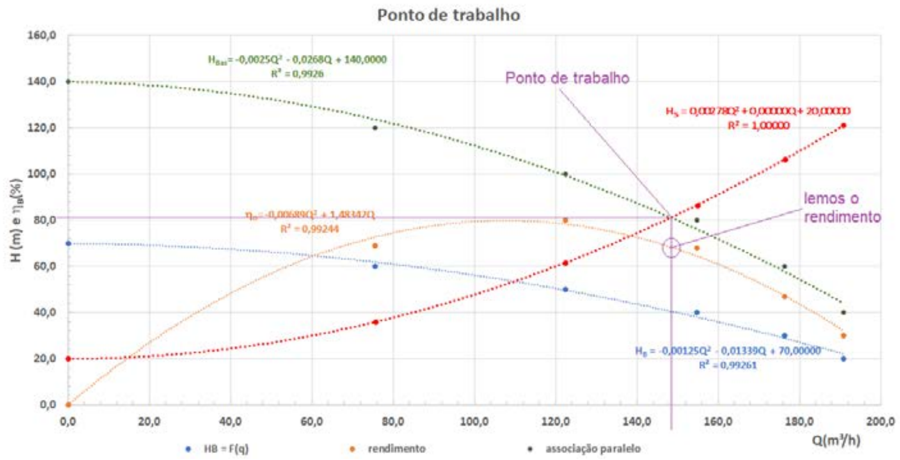
$$Q_\tau = \frac{-0,01339 + \sqrt{0,01339^2 + 4 \times 0,00403 \times 50}}{2 \times 0,00403} \cong 109,7 \frac{m^3}{h}$$

$$H_{B\tau} = 0,00278 \times 109,7^2 + 20 \therefore H_{B\tau} \cong 33,5m$$

$$\eta_{B\tau} = -0,00689 \times 109,7^2 + 1,48342 \times 109,7 \Rightarrow \eta_{B\tau} \cong 79,8\%$$

$$N_{B\tau} = \frac{\gamma \times Q_\tau \times H_{B\tau}}{\eta_{B\tau}} = \frac{9782,36 \times \left(\frac{109,7}{3600}\right) \times 33,5}{0,798}$$

$$\therefore N_{B\tau} \cong 12513,8W$$



$$H_{Bas} = H_S \rightarrow -0,0025Q^2 - 0,0268Q + 140 = 0,00278Q^2 + 20$$

$$0,00528Q^2 + 0,0268Q - 120 = 0$$

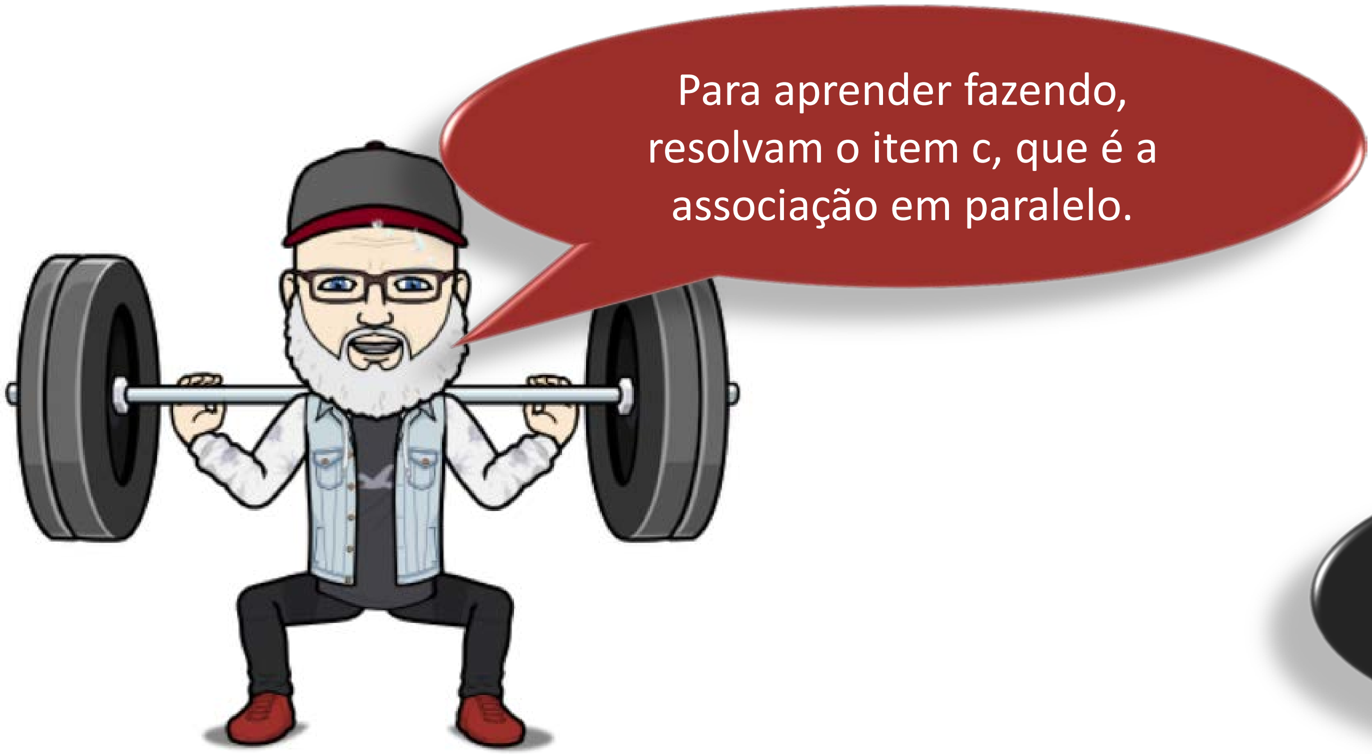
$$Q_\tau = \frac{-0,0268 + \sqrt{0,0268^2 + 4 \times 0,00528 \times 120}}{2 \times 0,00528} \cong 148,2\frac{m^3}{h}$$

$$H_{Bas\tau} = 0,00278 \times 148,2^2 + 20 \therefore H_{Bas\tau} \cong 81,1m$$

$$\eta_{B\tau} = -0,00689 \times 148,2^2 + 1,48342 \times 148,2 \Rightarrow \eta_{B\tau} \cong 68,5\%$$

$$N_{B\tau} = \frac{\gamma \times Q_\tau \times H_{B\tau}}{\eta_{B\tau}} = \frac{9782,36 \times \left(\frac{148,2}{3600}\right) \times 81,1}{0,685}$$

$$\therefore N_{B\tau} \cong 47678,2W$$



Solução do problema de associação paralelo de bombas
https://youtu.be/fT_O1eNptdY

Uma bomba centrífuga com 3500 rpm apresenta as seguintes equações características de carga manométrica e rendimento:

$$H_B = -0{,}0098 \times Q^2 - 0{,}2919 \times Q + 56{,}6 \rightarrow R^2 = 0{,}9989 \rightarrow [H_B] = m \rightarrow [Q] = L/s$$

$$\eta_B = -0{,}1788 \times Q^2 + 6{,}0189 \times Q + 1{,}4807 \rightarrow R^2 = 0{,}9937 \rightarrow [\eta_B] = \% \rightarrow [Q] = L/s$$

Pede-se determinar:

- a equação de $H_{Bap} = f(Q_{ap})$ considerando a associação paralelo de duas bombas idênticas à descrita no enunciado;
- a equação de $H_{Bas} = f(Q_{as})$ considerando a associação série de duas bombas idênticas à descrita no enunciado;
- as equações de $H_B = f(Q)$ e $\eta_B = f(Q)$ quando a rotação da bomba for alterada para 1750 rpm.

$$\text{Bomba isolada} \rightarrow H_B = -0,0098Q^2 - 0,2919Q + 56,6$$

$$H_{Bap} = H_B = -0,0098\left(\frac{Q_{ap}}{2}\right)^2 - 0,2919\frac{Q_{ap}}{2} + 56,6$$

$$H_{B_{ap}} = -0,00245Q_{ap}^2 - 0,14595Q_{ap} + 56,6$$

Agora obtemos a equação para associação série das duas bombas idênticas.

É só lembrar que HBas = 2 * HB.

$$\text{Bomba isolada} \rightarrow H_B = -0,0098Q^2 - 0,2919Q + 56,6$$

$$H_{Bas} = 2 \times H_B = 2 \times \left(-0,0098Q^2 - 0,2919Q + 56,6\right)$$

$$H_{B_{as}} = -0,0196Q^2 - 0,5838Q + 113,2$$

$$\phi_m = \phi_p$$

$$\frac{Q_{3500}}{3500 \times D_r^3} = \frac{Q_{1750}}{1750 \times D_r^3} \therefore Q_{1750} = \left(\frac{1750}{3500}\right) \times Q_{3500} = \frac{1}{2} \times Q_{3500}$$

$$\varphi_m = \varphi_p$$

$$\frac{g \times H_{B3500}}{3500^2 \times D_r^2} = \frac{g \times H_{B1750}}{1750^2 \times D_r^2} \therefore H_{B1750} = \left(\frac{1750}{3500}\right)^2 \times H_{B3500} = \frac{H_{B3500}}{4}$$

Bomba de 3500 rpm

$$H_B = -0,0098Q^2 - 0,2919Q + 56,6$$

$$4 \times H_{B1750} = -0,0098\left(2 \times Q_{1750}\right)^2 - 0,2919 \times \left(2 \times Q_{1750}\right) + 56,6$$

$$H_{B1750} = \frac{-0,0098}{4} \times 4 \times Q_{1750}^2 - \frac{0,2919}{4} \times \left(2 \times Q_{1750}\right) + \frac{56,6}{4}$$

$$H_{B1750} = -0,0098 \times Q_{1750}^2 - 0,14595 \times Q_{1750} + 14,15$$