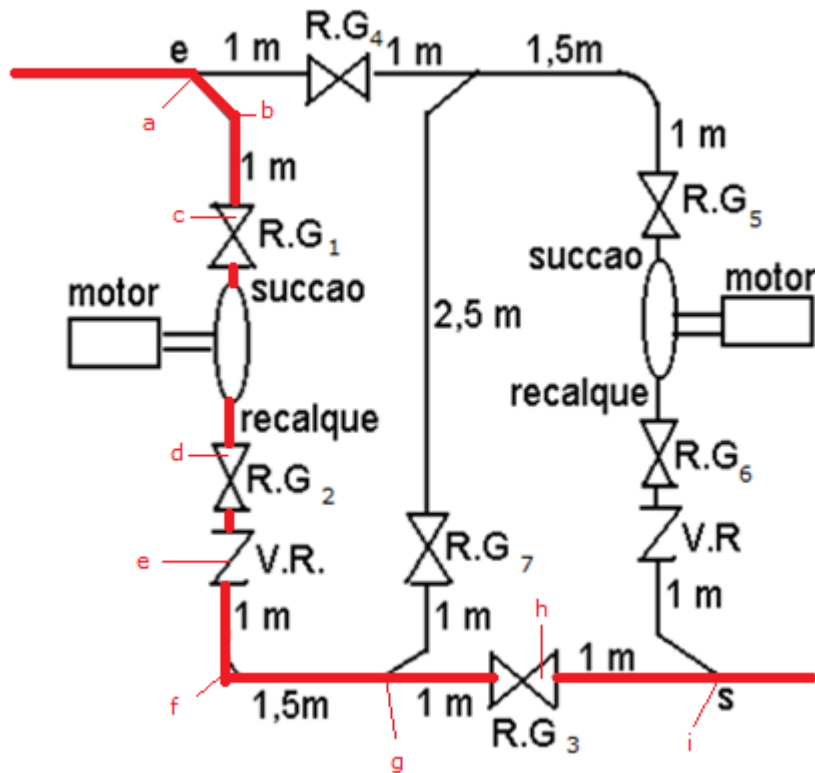


CASA DE MÁQUINA COM UMA BOMBA OPERANDO

Aula 7 de Hidráulica II



ASSOCIAÇÃO DE BOMBAS

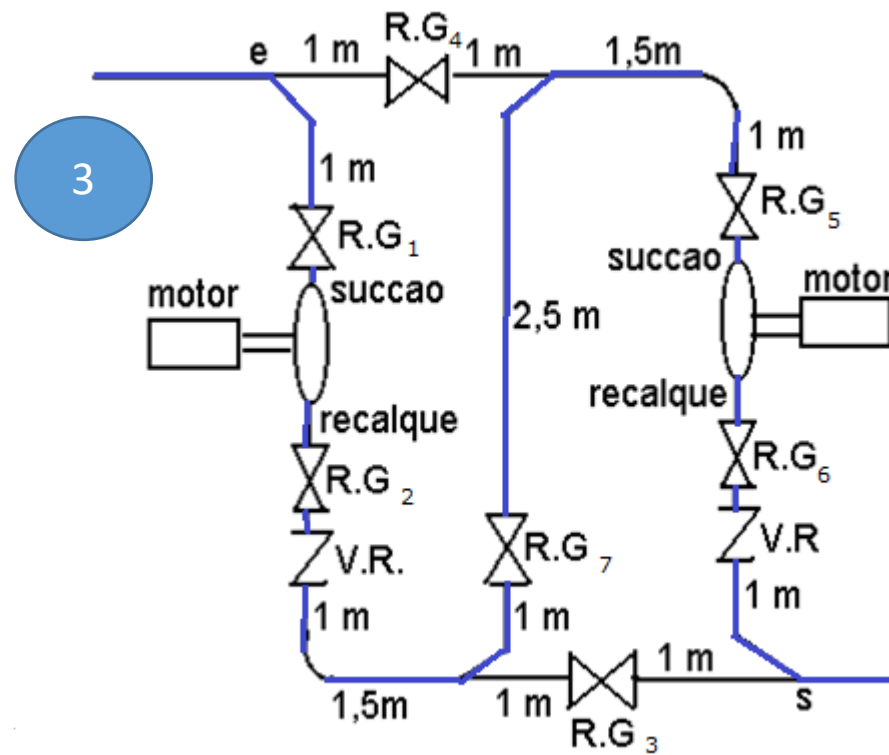
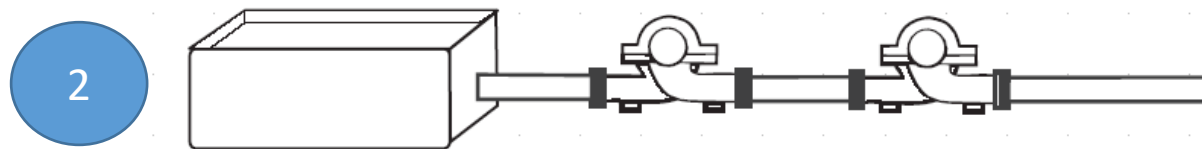
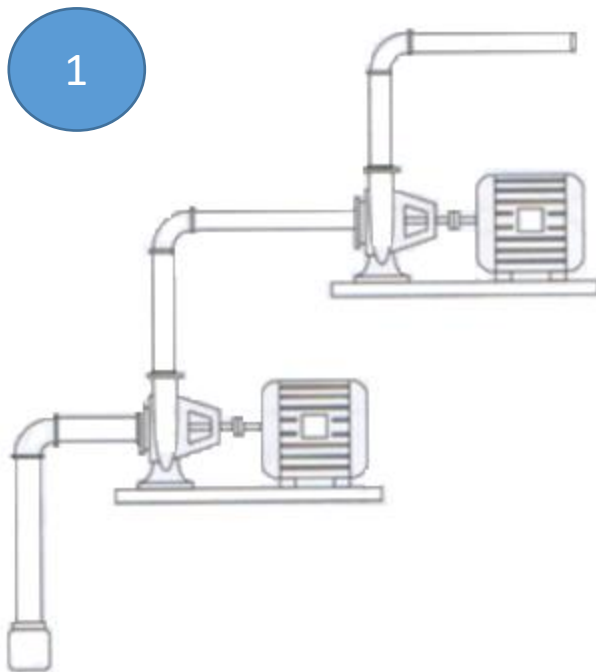
Quando pensar em uma associação em série?



Quando existe a necessidade de aumentar a carga manométrica!



ASSOCIAÇÃO EM SÉRIE



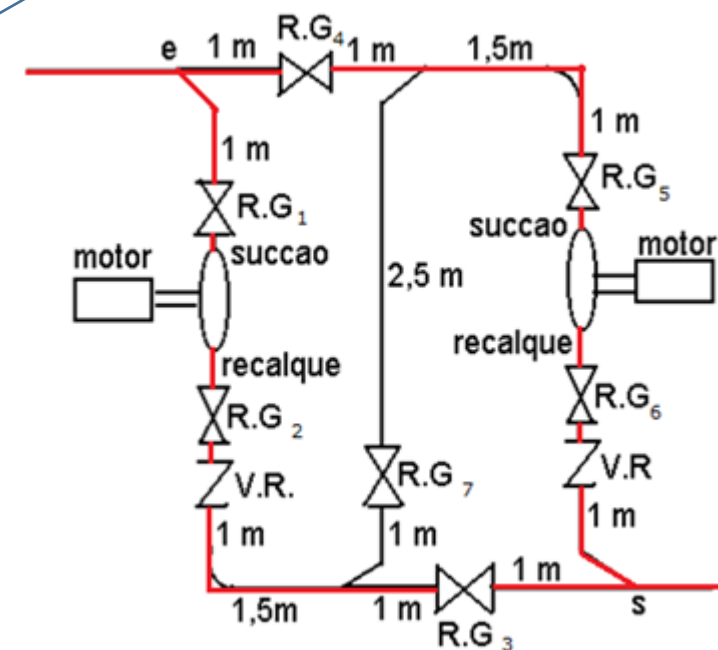
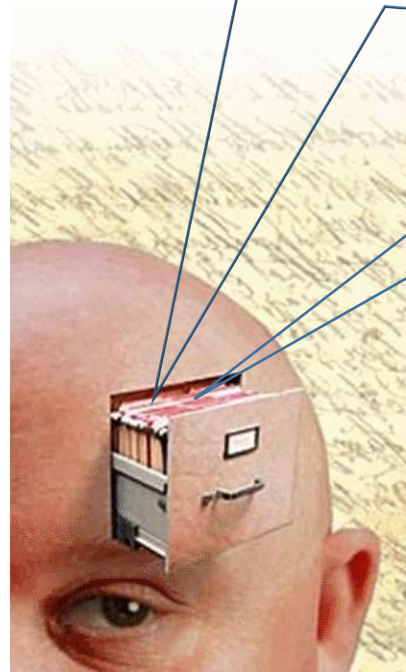
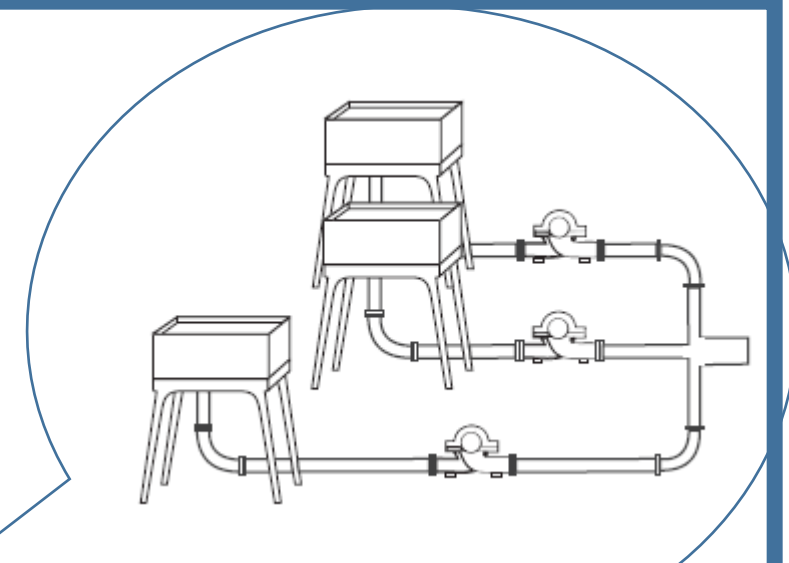
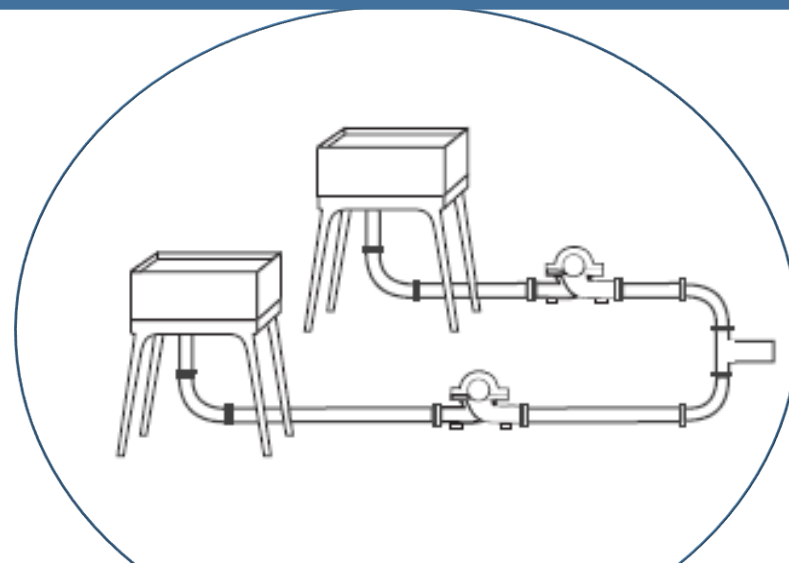
Quando pensar em uma associação em paralelo?



Quando existe a necessidade de aumentar a vazão!



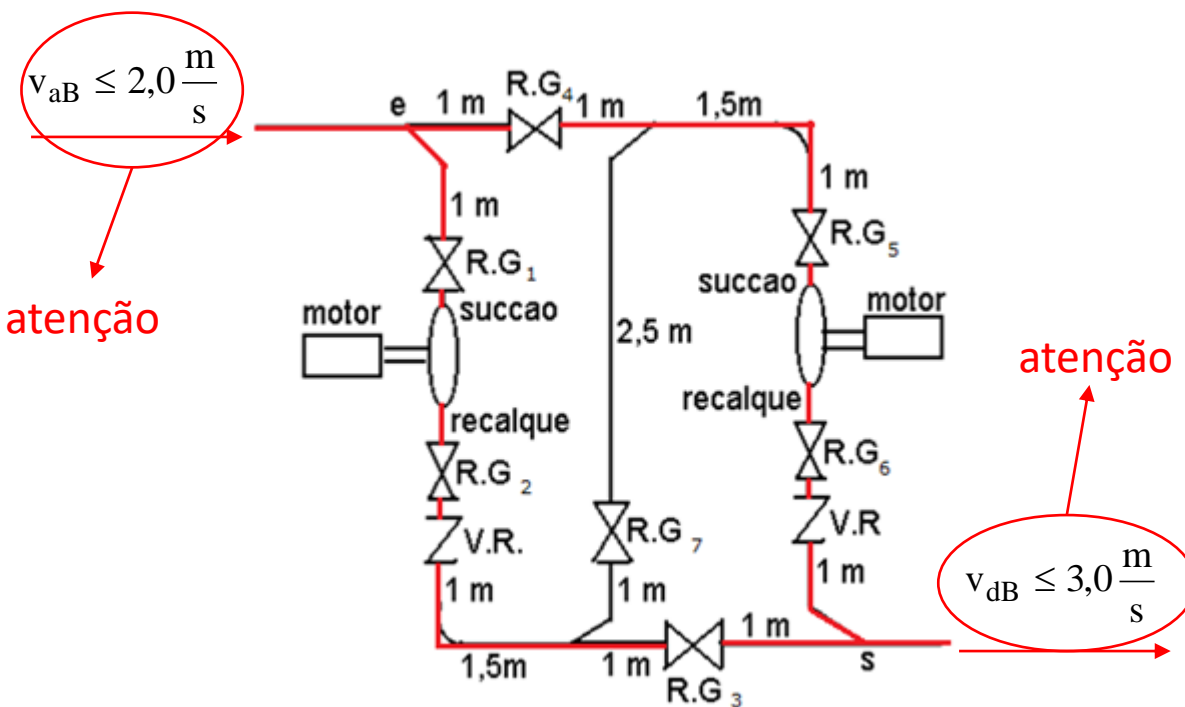
ASSOCIAÇÃO EM PARALELO



Aqui é importante se pensar na alimentação pela tubulação que causa menor perda de carga, pois se houver acentuadas perda de carga na linha, o aumento da vazão com duas ou mais bombas em paralelo será pequeno e pouco compensador.

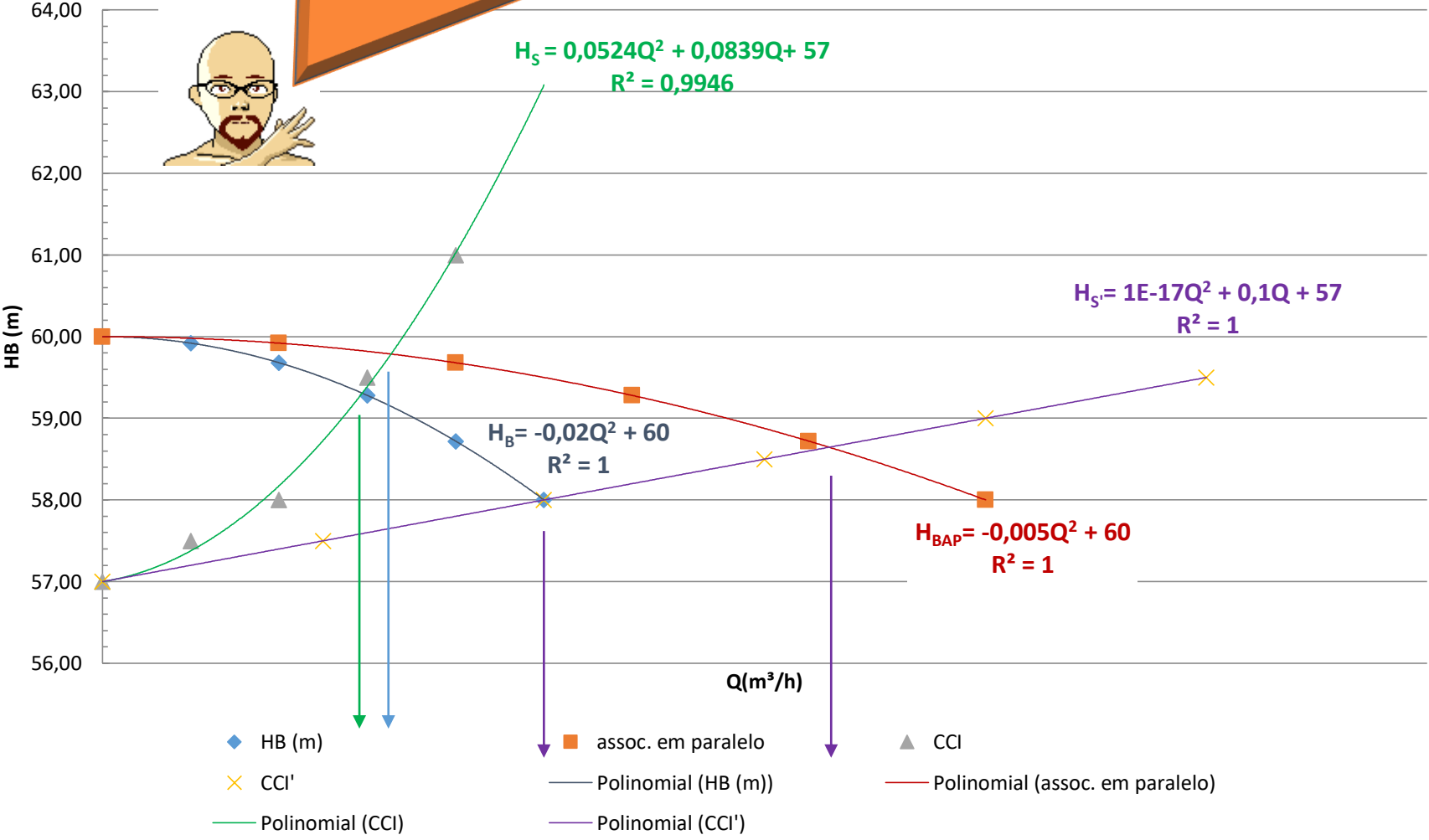


A figura ao lado especifica as recomendações para as velocidades em uma associação em paralelo.



Observe que para a perda acentuada (CCI verde) a contribuição para o aumento da vazão na associação em paralelo é muito pequena.

CCB



SÍNTESE



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:

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



H_B (m)	70	60	50	40	30	20
Q (m ³ /h)	0	75,6	122,4	154,8	176,4	190,8
η_B (%)	0	69	80	68	47	30

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

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

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

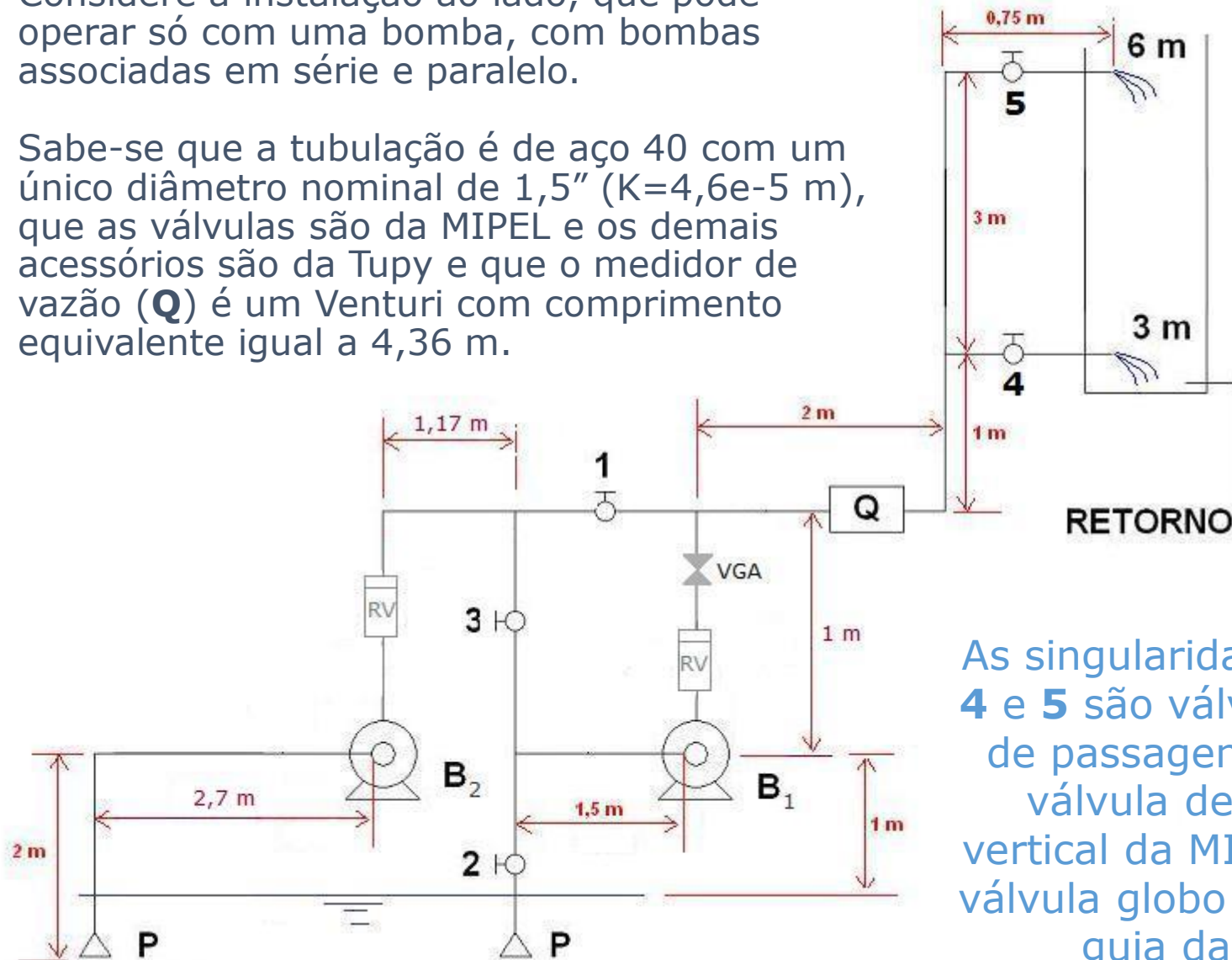
Pede-se determinar:

- a equação de $H_{B_{ap}} = f(Q_{ap})$ considerando a associação paralelo de duas bombas idênticas à descrita no enunciado;
- a equação de $H_{B_{as}} = f(Q_{as})$ 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.

Outro problema:

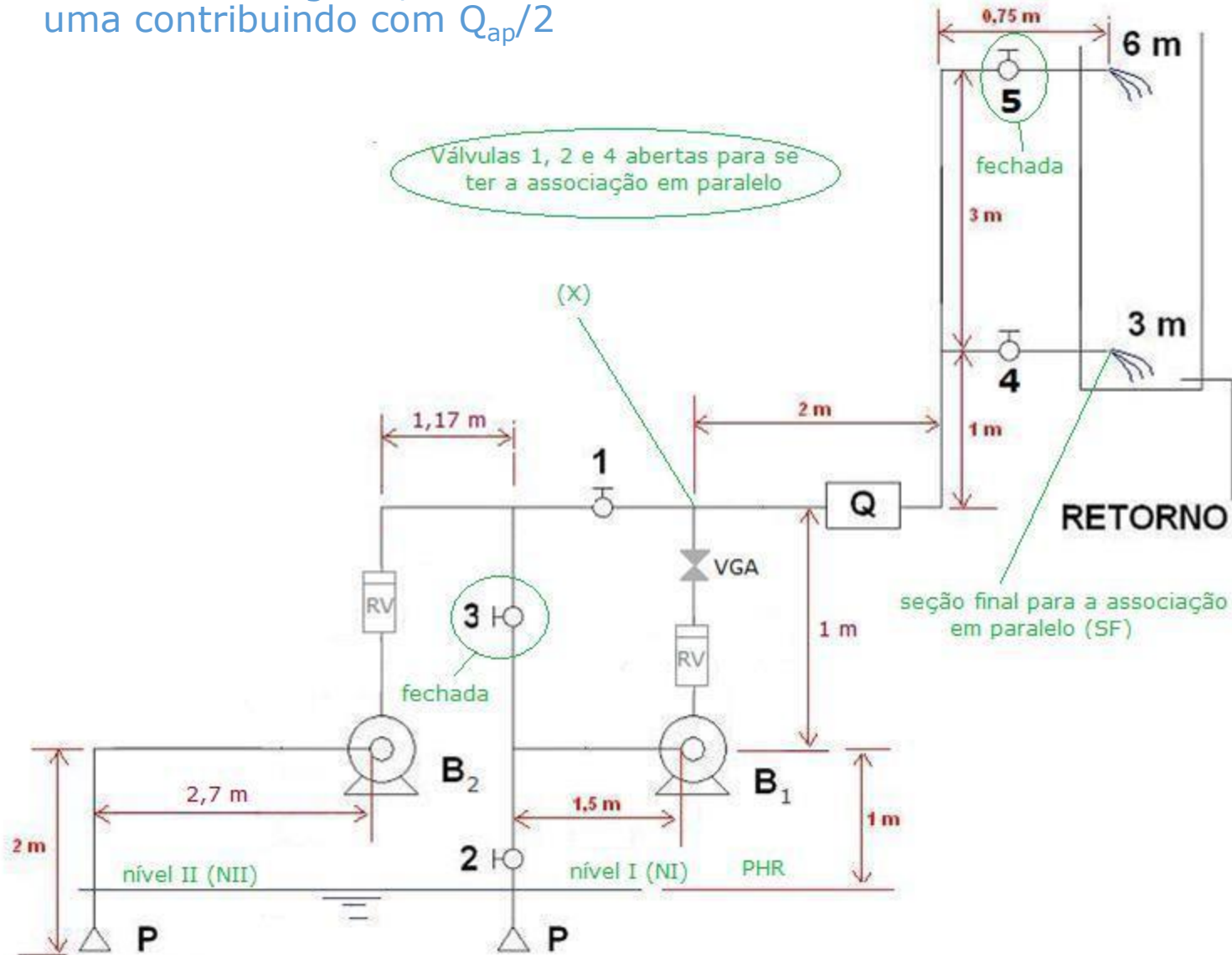
Considere a instalação ao lado, que pode operar só com uma bomba, com bombas associadas em série e paralelo.

Sabe-se que a tubulação é de aço 40 com um único diâmetro nominal de 1,5" ($K=4,6e-5$ m), que as válvulas são da MIPEL e os demais acessórios são da Tupy e que o medidor de vazão (Q) é um Venturi com comprimento equivalente igual a 4,36 m.



As singularidades **1**, **2**, **3**, **4** e **5** são válvulas esferas de passagem plena, RV válvula de retenção vertical da MIPEL e VGA é válvula globo angular sem guia da MIPEL

Para viabilizar o funcionamento adequado da associação em paralelo de duas bombas iguais, deve-se ter cada uma contribuindo com $Q_{ap}/2$



Válvulas 3 e 5 fechadas

Válvulas 1, 2 e 4 abertas

SÓ EXISTIRÃO VAZÕES
IGUAIS ATRAVÉS DAS
BOMBAS ASSOCIADAS
SE A PERDA DE CARGA
ANTES DAS MESMAS E
DEPOIS DELAS ATÉ O
PONTO QUE AS VAZÕES
SE SOMAM FOREM
IGUAIS!

ASSOCIAÇÃO
EM PARALELO



Para demonstrar as condições anteriores,
parte-se dos dados a seguir:

singularidade	Leq (m)
Válvula globo angular sem guia	4,88
válvula de pé com crivo	17,07
cotovelo de 90°	1,41
válvula de retenção	17,07
T de saída lateral	2,06
T de passagem direta	0,25
T de saída bilateral	2,50
válvula esfera	0,55
venturi	4,36
Saída de tub.	1,0



água	T (°C)	ρ (kg/m ³)	998,2
	20	γ (N/m ³)	9782,36
		ν (m ² /s)	1,00E-06

D (mm)	A (cm ²)
40,8	13,1

g (m/s ²)	9,8
-------------------------	-----

Perdas de NI até a entrada da bomba B₁

$$H_{P_{NI-eB_1}} = f \times \frac{(3,5 + 17,07 + 0,55 + 2,06)}{0,0408} \times \frac{Q_1^2}{2 \times 9,8 \times (13,1 \times 10^{-4})^2}$$

$$H_{P_{NI-eB_1}} = f \times 16890970,59 \times Q_1^2$$

Perdas de NII até a entrada da bomba B₂

$$H_{P_{NII-eB_2}} = f \times \frac{(4,7 + 17,07 + 1,41)}{0,0408} \times \frac{Q_2^2}{2 \times 9,8 \times (13,1 \times 10^{-4})^2}$$

$$H_{P_{NII-eB_2}} = f \times 16890970,59 \times Q_2^2$$

Perdas da saída da bomba B₁ até (X)

$$H_{P_{sB_1-X}} = f \times \frac{(1 + 17,07 + 4,88)}{0,0408} \times \frac{Q_1^2}{2 \times 9,8 \times (13,1 \times 10^{-4})^2}$$

$$H_{P_{sB_1-X}} = f \times 16723372,53 \times Q_1^2$$

Perdas da saída da bomba B₂ até (X)

$$H_{P_{sB_2-X}} = f \times \frac{(1 + 17,07 + 1,41 + 1,17 + 0,25 + 0,55 + 1,5)}{0,0408} \times \frac{Q_2^2}{2 \times 9,8 \times (13,1 \times 10^{-4})^2}$$

$$H_{P_{sB_2-X}} = f \times 16723372,53 \times Q_2^2$$

CQD e onde
 $Q_1 = Q_2 = Q_{ap}/2$





Dados do fabricante:

CCB FABRICANTE

Q (m ³ /h)	H_B (m)	η (%)
0	26	-
2	26,8	52
4	26,3	54
6	24,6	55,5
8	21,5	56
10	17,1	56
12	11,5	55,5
14	4,5	54
14,5	2,6	

Obtendo a CCB



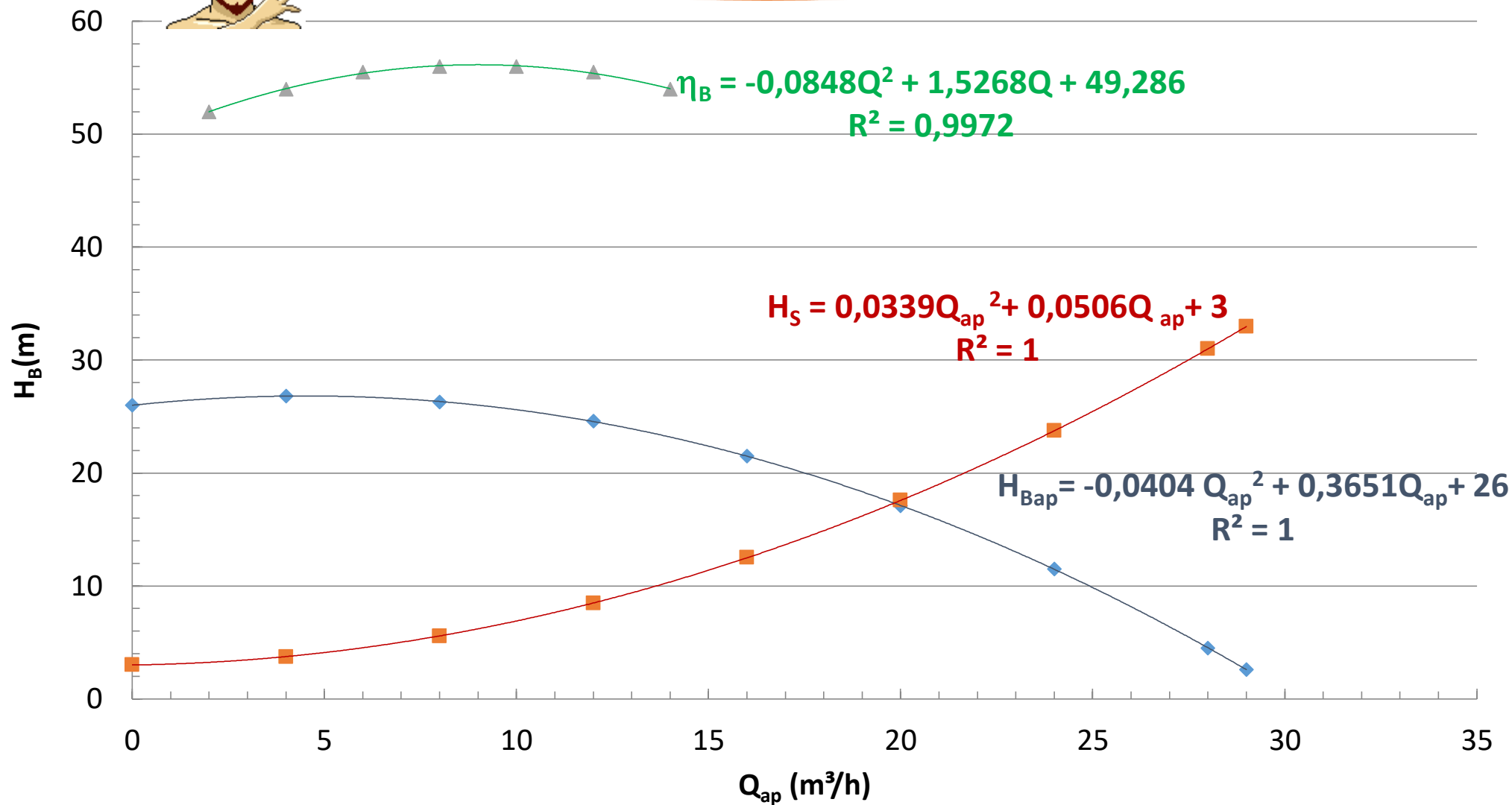
CCB FABRICANTE			
Q (m³/h)	Q_{ap} (m³/h)	H_B (m)	η (%)
0	0	26	-
2	4	26,8	52
4	8	26,3	54
6	12	24,6	55,5
8	16	21,5	56
10	20	17,1	56
12	24	11,5	55,5
14	28	4,5	54
14,5	29	2,6	

Através da tabela abaixo
nós podemos obter a
representação gráfica da
CCB e CCI



Q (m³/h)	Q_{ap} (m³/h)	H_B (m)	η (%)	HS (m)		
0	0	26	-	3,0		
2	4	26,8	52	3,7		
4	8	26,3	54	5,5		
6	12	24,6	55,5	8,5		
8	16	21,5	56	12,5		
10	20	17,1	56	17,6		
12	24	11,5	55,5	23,8		
14	28	4,5	54	31,0		
14,5	29	2,6		33,0		

No cruzamento da CCB com a CCI nós obtemos o ponto de trabalho



◆ HB (m) ■ CCI_ap ▲ rendimento — Polinomial (HB (m)) — Polinomial (CCI_ap) — Polinomial (rendimento)

DETERMINAÇÃO DO PONTO DE TRABALHO

$$H_S = H_{B_{ap}}$$

$$0,0339Q_{ap}^2 + 0,0506Q_{ap} + 3 = -0,0404Q_{ap}^2 + 0,3651Q_{ap} + 26$$

$$0,0743Q_{ap}^2 - 0,3145Q_{ap} - 23 = 0$$

$$Q_{ap\tau} = \frac{0,3145 + \sqrt{0,3145^2 + 4 \times 0,0743 \times 23}}{2 \times 0,0743} \cong 19,84 \frac{m^3}{h} \approx 19,9 \frac{m^3}{h}$$

$$H_{B_{ap\tau}} = 0,0339 \times 19,9^2 + 0,0506 \times 19,9 + 3 \cong 17,5m$$

$$\eta_B = -0,0848 \times \left(\frac{19,9}{2}\right)^2 + 1,5268 \times \frac{19,9}{2} + 49,286 \cong 56,1\%$$

$$N_{B_{ap\tau}} = \frac{9782,36 \times \left(\frac{19,9}{3600}\right) \times 17,5}{0,561} \cong 1686,9W$$

Determine o ponto de trabalho para a associação em série.

Válvulas 1, 2 e 4 fechadas

Válvulas 3 e 5 abertas

ASSOCIAÇÃO
EM SÉRIE

