

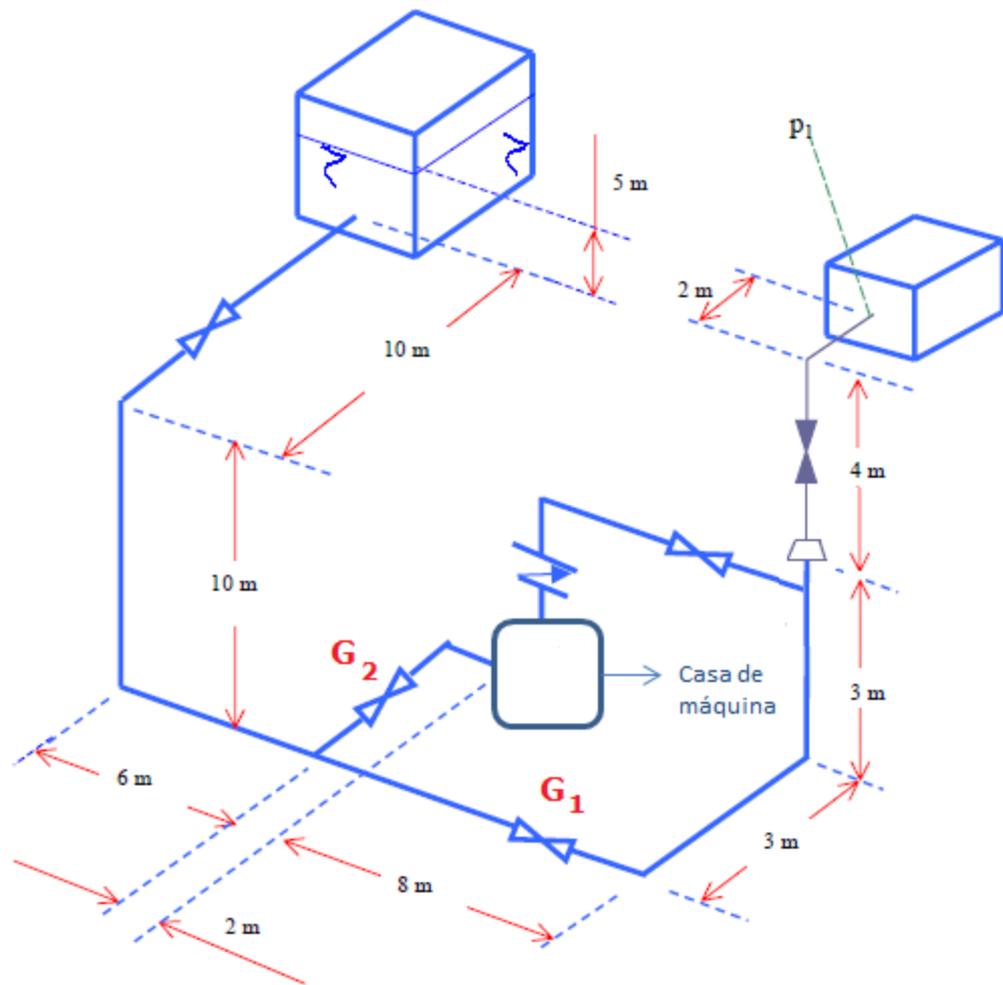


Nesta oitava aula de laboratório, vamos introduzir a associação em série de bombas através do exercício que foi proposto na aula de teoria.

Hoje não teremos experiência!

7.12.15 A instalação da figura deve atender um tanque de processo e a pressão na entrada deste tanque (1) deve ser $p_1 = 1,5 \text{ kgf / cm}^2$, se o escoamento for por gravidade (G_2 - fechada). A bomba H 50 - C com diâmetro de rotor igual a 214 mm será acionada sempre que o processo exigir uma pressão $p_1 = 3,5 \text{ kgf/cm}^2$ (G_1 - fechada). Pede-se:

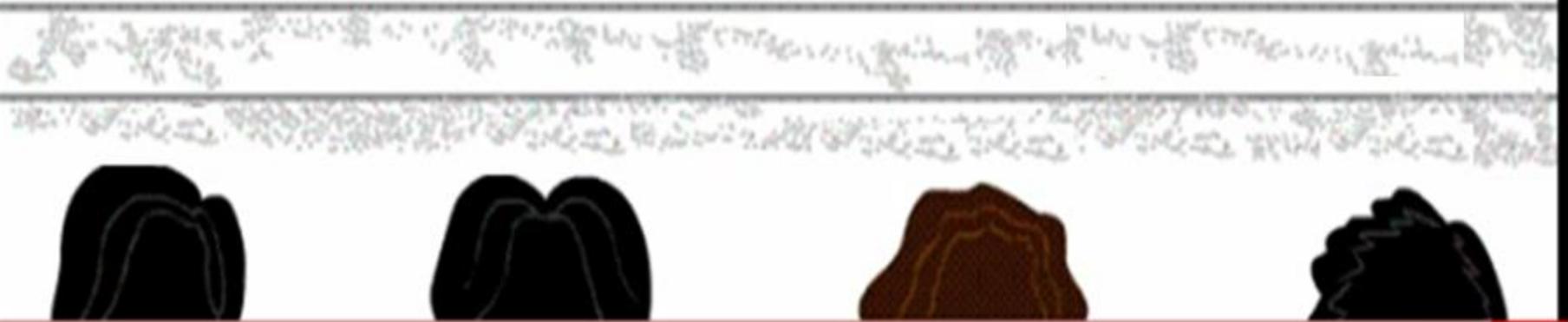
- a equação da CCI para as duas possibilidades mencionadas acima;
- o ponto de trabalho para as possibilidades de funcionamento da instalação



Nota: — = 3" Sch 40

— = 2" Sch 40

Estaremos resolvendo o problema com o funcionamento da bomba.

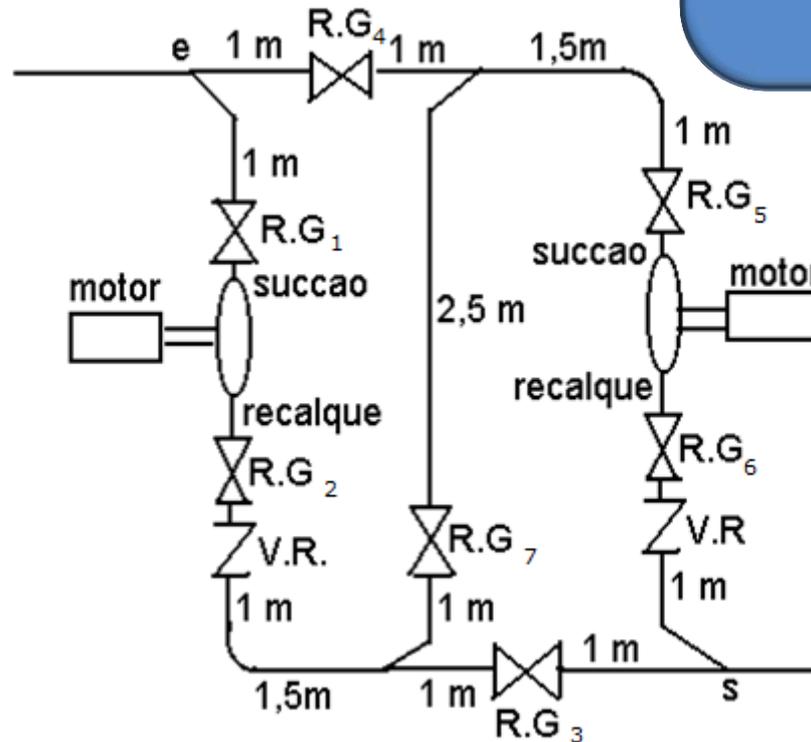


Mas para resolvê-lo
devemos refletir
sobre a instalação
das bombas e as
eventuais
alterações na CCI.



É dado o detalhe da casa de máquina, onde as ligações possíveis das bombas encontram-se representadas na figura a seguir.

Pelo que eu percebi nós deveremos corrigir a equação da CCI, isto porque nós tivemos alteração tanto no L, como na Σl_{eq} , certo?

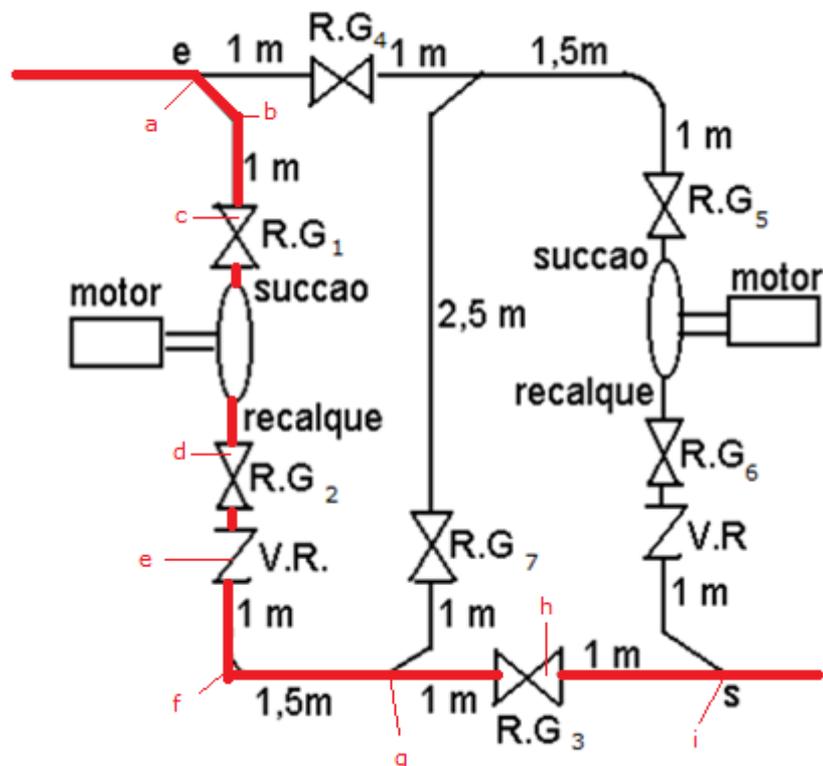


Isso mesmo e sabendo que a instalação na casa de máquina trabalha com um único diâmetro e que os tubos são de aço 40 com diâmetro nominal de 3", vamos obter o ponto de trabalho operando com a bomba H50-C com o diâmetro de rotor igual a 214 mm e 185 mm para a situação 2, ou seja, para a pressão na seção final igual a 3,5 kgf/cm². Explique as operações com as válvulas gaveta para viabilizar o funcionamento da bomba.



PRIMEIRA POSSIBILIDADE DE FUNCIONAMENTO: REGISTROS GAVETAS FECHADOS: 4, 5, 6 E 7 E REGISTROS GAVETAS ABERTOS: 1, 2 E 3. Nesse caso opera-se com uma só bomba.

LEGENDA



- a = tê de saída de lado (Tupy)
- b = joelho (fêmea) de 90° (Tupy)
- c, d, h = registros ou válvulas gaveta (Mipel)
- e = válvula de retenção com portinhola (Mipel)
- f = curva (fêmea) de 90° (Tupy)
- g, i = tê de passagem direta (Tupy)

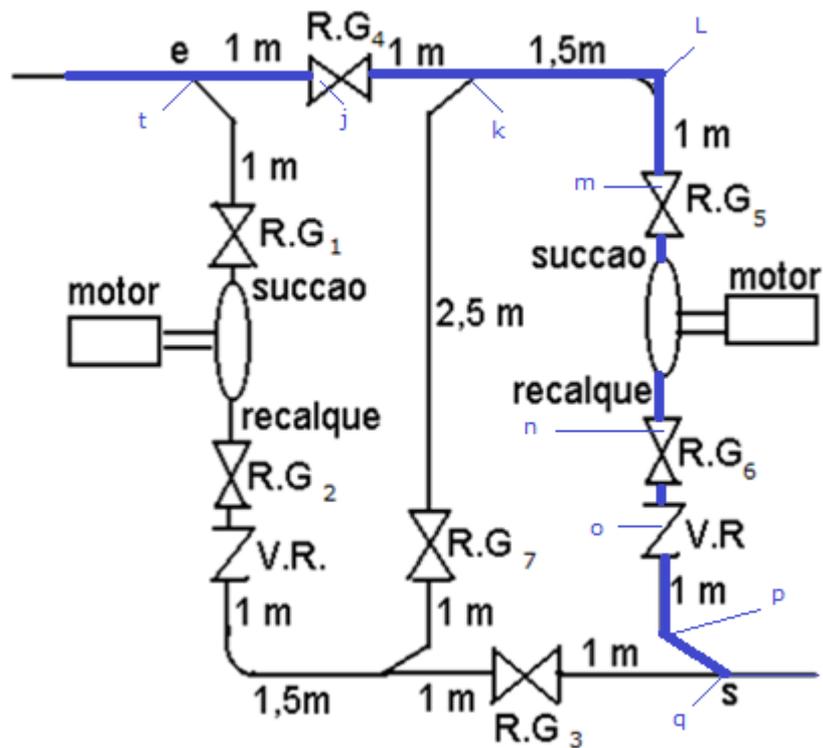
Singularidades	Diâmetro nominal	Leq (m)
a	3"	4,11
b	3"	2,82
c, d, h	3"	1,03
e	3"	3,95
f	3"	1,64
g, i	3"	0,50

$$L_{CM} = 5,5 \text{ m e a}$$

$$\Sigma leq = 16,61 \text{ m}$$

SEGUNDA POSSIBILIDADE DE FUNCIONAMENTO: REGISTROS GAVETAS FECHADOS: 1, 2, 3 E 7 E REGISTROS GAVETAS ABERTOS: 4, 5 E 6. Nesse caso opera-se com uma só bomba.

LEGENDA



t, k = tê de passagem direta (Tupy)

p = joelho (fêmea) de 90° (Tupy)

j, m, n = registros ou válvulas gaveta (Mipel)

o = válvula de retenção com portinhola (Mipel)

L = curva (fêmea) de 90° (Tupy)

q = tê de passagem de lado (Tupy)

Singularidades	Diâmetro nominal	Leq (m)
q	3"	4,11
p	3"	2,82
j, m, n	3"	1,03
o	3"	3,95
L	3"	1,64
t, k	3"	0,50

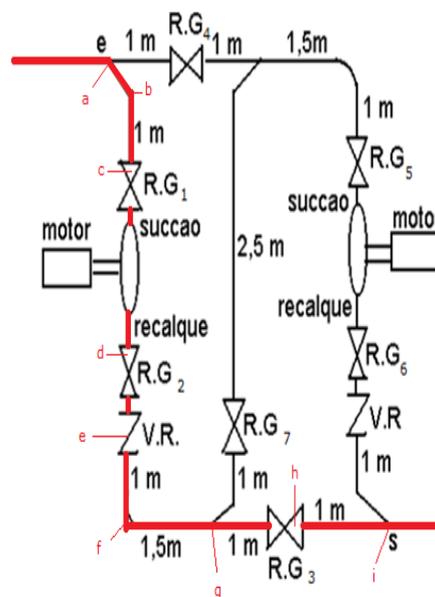
$$L_{CM} = 5,5 \text{ m e a}$$

$$\Sigma leq = 16,61 \text{ m}$$

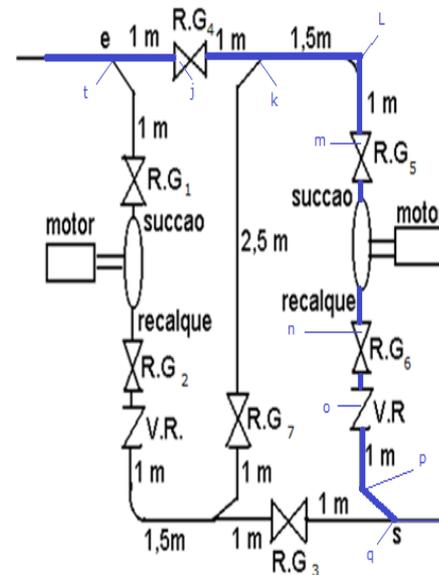
EM RELAÇÃO A CASA DE MÁQUINA AS
DUAS POSSIBILIDADES SÃO IDÊNTICAS,
POIS EM AMBAS SE TEM O MESMO
COMPRIMENTO TOTAL DE TUBULAÇÃO E
A MESMA SOMATÓRIA DE
COMPRIMENTOS EQUIVALENTES.

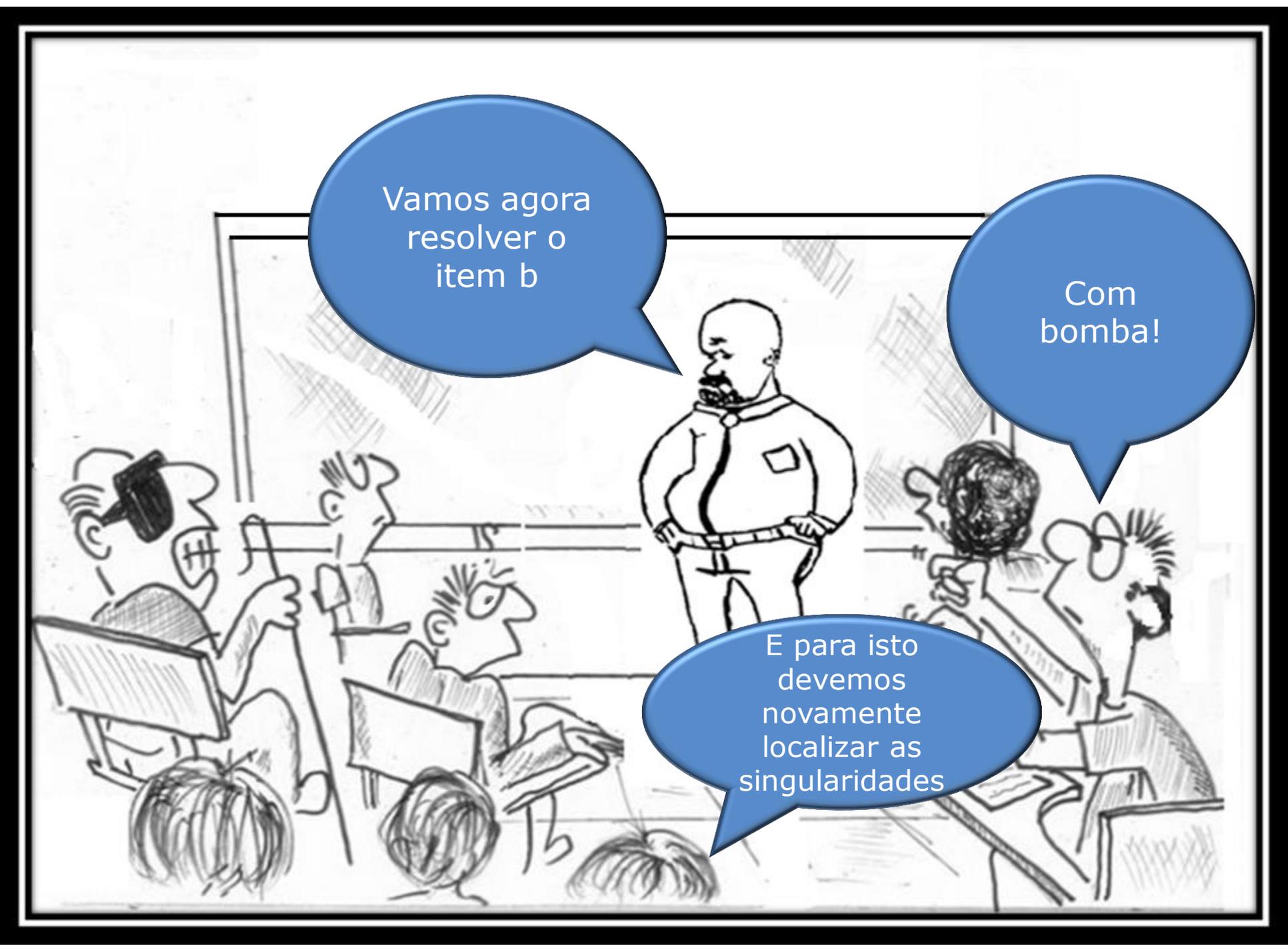


Primeira
possibilidade



Segunda
possibilidade



A black and white cartoon illustration of a classroom. A teacher with a beard and a white shirt stands at the front with hands on hips. Several students are seated at desks, some holding papers. The scene is framed by a simple black border.

Vamos agora
resolver o
item b

Com
bomba!

E para isto
devemos
novamente
localizar as
singularidades

Número	Singularidade	Leq (m)	Referência	D _N	D _{int} (mm)	A (cm ²)
1	Saída normal de reservatório	1,1	Tupy	3"	77,9	47,7
2	Válvula gaveta	1,03	Mipel	3"	77,9	47,7
3	Joelho fêmea de 90 ⁰	2,82	Tupy	3"	77,9	47,7
4	Joelho fêmea de 90 ⁰	2,82	Tupy	3"	77,9	47,7
5'	Tê de passagem lateral	4,11	Tupy	3"	77,9	47,7
13	Válvula gaveta	1,03	Mipel	3"	77,9	47,7
14	Joelho fêmea de 90 ⁰	2,82	Tupy	3"	77,9	47,7
15	Válvula de retenção com portinhola	3,95	Tupy	3"	77,9	47,7
16	Joelho fêmea de 90 ⁰	2,82	Tupy	3"	77,9	47,7
17	Válvula gaveta	1,03	Mipel	3"	77,9	47,7
9'	Tê de passagem lateral	4,11	Tupy	3"	77,9	47,7
10	Redução de 3 para 2"	0,70	Tupy	2"	52,5	21,7
11	Válvula globo reta sem guia	17,68	Mipel	2"	52,5	21,7
12	Joelho fêmea de 90 ⁰	1,88	Tupy	2"	52,5	21,7

Situação 2 = válvula 1 fechada e a 2 aberta

$$H_{\text{estática}} = (7 - 15) + \left(\frac{3,5 \times 10^4 \times 9,8 - 0}{997,8 \times 9,8} \right)$$

$$H_{\text{estática}} \cong 27,1\text{m}$$

Q(m ³ /h)	H _{B185} (m)	η _{B185} (%)	H _{B214} (m)	η _{B214} (%)
0	24		17,2	



Dados da bomba

Como a carga estática é maior que a carga no shut off, podemos afirmar que não existe o ponto de trabalho para a bomba escolhida.



$$H_S = 27,1 + \frac{Q^2}{19,6 \times (21,7 \times 10^{-4})^2} + f_{3''} \times \frac{(47,5 + 44,25)}{0,0779} \times \frac{Q^2}{19,6 \times (47,7 \times 10^{-4})^2} + f_{2''} \times \frac{(6 + 20,26)}{0,0525} \times \frac{Q^2}{19,6 \times (21,7 \times 10^{-4})^2}$$

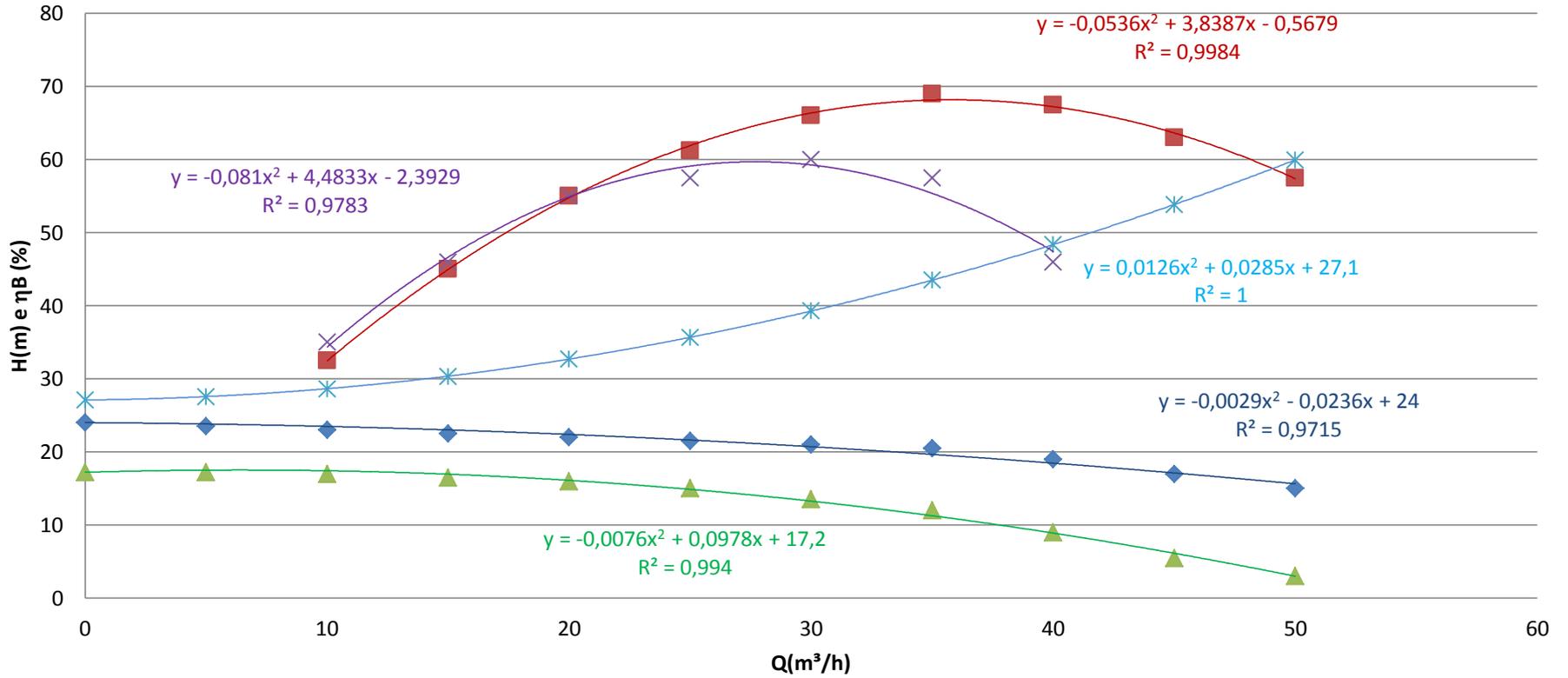
$$H_S = 27,1 + 10834,9 \times Q^2 + f_{3''} \times 2641045,0 \times Q^2 + f_{2''} \times 5419508,3 \times Q^2$$

Vamos ver isto
graficamente



$Q(\text{m}^3/\text{h})$	H_{B185} (m)	η_{B185} (%)	H_{B214} (m)	η_{B214} (%)	f_3''	f_2''	H_{S_sit2} (m)
0	24		17,2		0	0	27,1
5	23,5		17,2		0,0263	0,0252	27,5
10	23	32,5	17	35	0,0231	0,0228	28,6
15	22,5	45	16,5	46	0,0217	0,0218	30,3
20	22	55	16	55	0,0209	0,0212	32,7
25	21,5	61,25	15	57,5	0,0204	0,0209	35,7
30	21	66	13,5	60	0,0200	0,0206	39,3
35	20,5	69	12	57,5	0,0197	0,0204	43,5
40	19	67,5	9	46	0,0195	0,0203	48,4
45	17	63	5,5		0,0193	0,0202	53,8
50	15	57,5	3		0,0191	0,0201	59,9

Ponto de trabalho



◆ HB185 (m)

■ rendimento 185

▲ HB214

× rendimento 214

✱ CCI

— Polinômio (HB185 (m))

— Polinômio (rendimento 185)

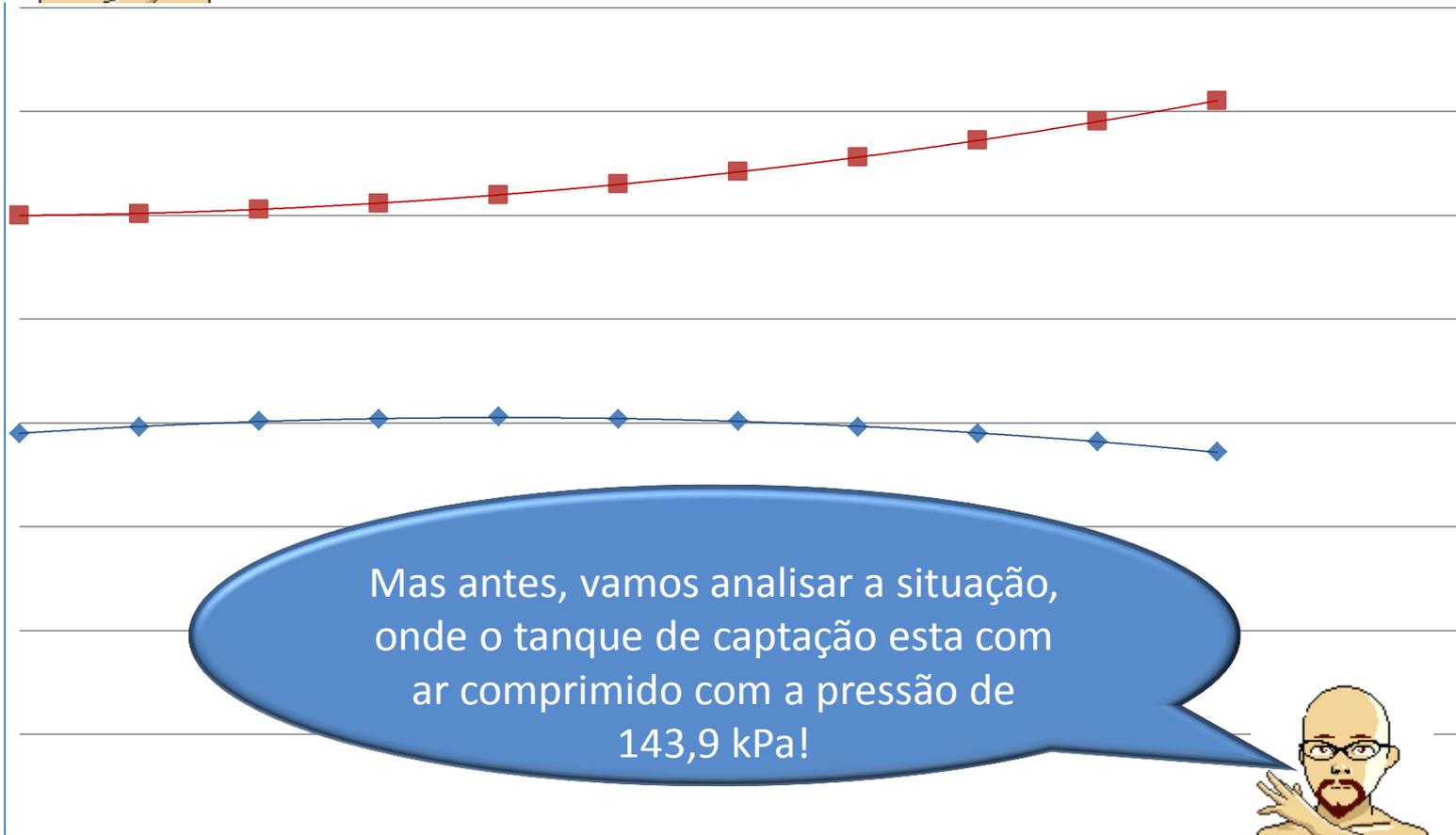
— Polinômio (HB214)

— Polinômio (rendimento 214)

— Polinômio (CCI)



Como não existe o ponto de trabalho, ou seja, a bomba escolhida não consegue recalcar a água para a situação onde a pressão na seção final é $3,5 \text{ kgf/cm}^2$ e como já existe uma bomba igual como reserva, vamos verificar se a associação em série das bombas resolve o problema.





E para esta situação vamos supor que desejamos uma vazão de $32 \text{ m}^3/\text{h}$.



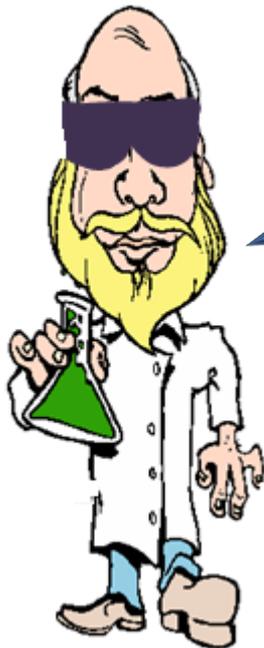
E vamos utilizar o fator de segurança mínimo, ou seja, 1,1.

$$Q_{\text{projeto}} = 1,1 \times 32 = 35,2 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$H_{\text{estática}} = (7 - 15) + \left(\frac{3,5 \times 10^4 \times 9,8 - 143900}{997,8 \times 9,8} \right)$$

$$H_{\text{estática}} \cong 12,4\text{m}$$

$$H_S = 12,4 + 10834,9 \times Q^2 + f_{3''} \times 2641045,0 \times Q^2 + f_{2''} \times 5419508,3 \times Q^2$$



Agora e só traçar as curvas CCB e CCI e achar o ponto de trabalho.

$Q(\text{m}^3/\text{h})$	H_{B185} (m)	η_{B185} (%)	H_{B214} (m)	η_{B214} (%)	f_3''	f_2''	H_{S_sit2} (m)
0	24		17,2		0	0	12,4
5	23,5		17,2		0,0263	0,0252	12,8
10	23	32,5	17	35	0,0231	0,0228	13,9
15	22,5	45	16,5	46	0,0217	0,0218	15,6
20	22	55	16	55	0,0209	0,0212	18,0
25	21,5	61,25	15	57,5	0,0204	0,0209	21,0
30	21	66	13,5	60	0,0200	0,0206	24,6
35	20,5	69	12	57,5	0,0197	0,0204	28,8
40	19	67,5	9	46	0,0195	0,0203	33,7
45	17	63	5,5		0,0193	0,0202	39,1
50	15	57,5	3		0,0191	0,0201	45,2

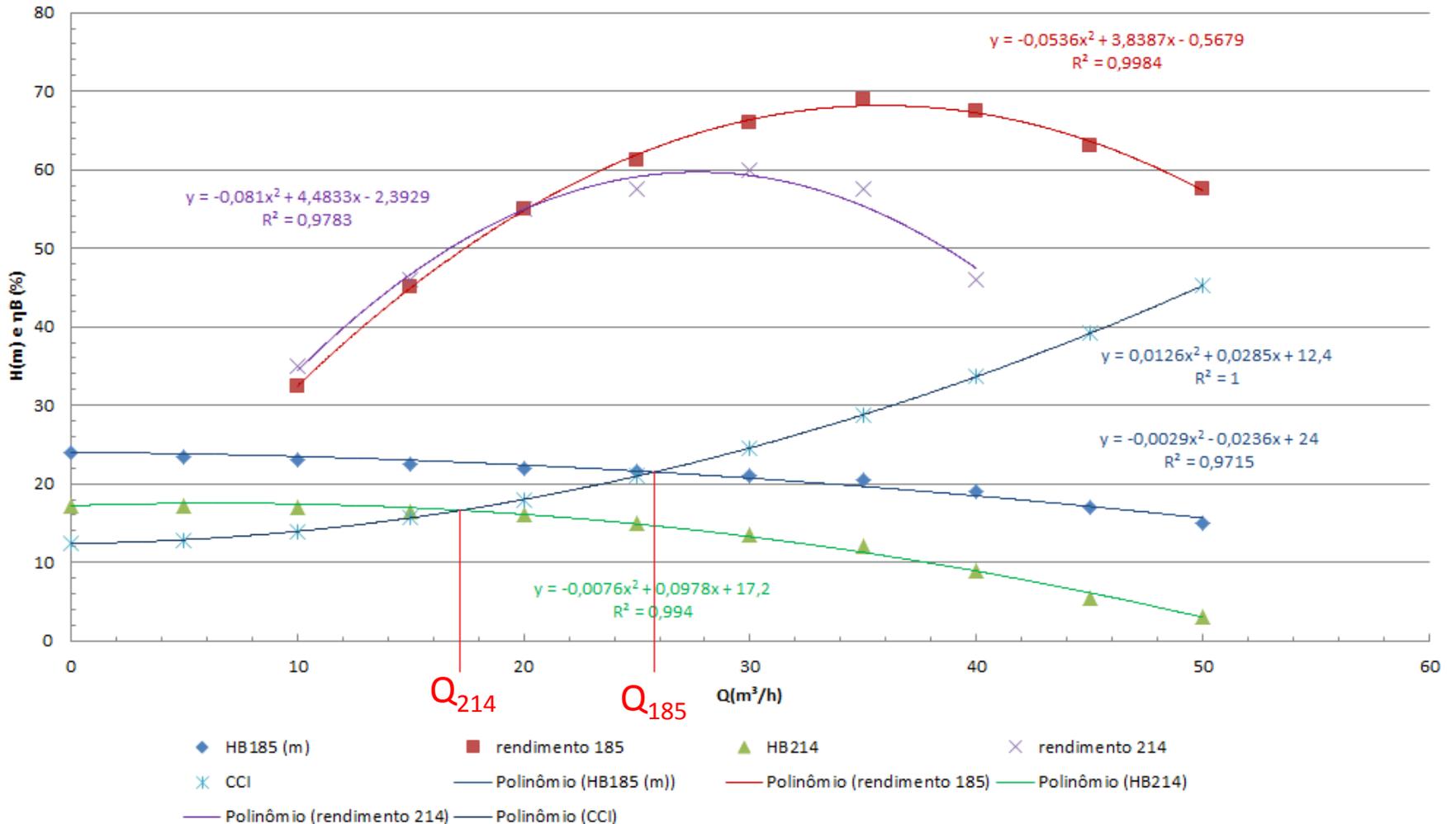


Vamos analisar as curvas!

Não há a necessidade de se calcular o ponto de trabalho, já que é visível que as vazões são menores que a vazão de projeto, portanto vamos analisar a possibilidade de associação em série das bombas.



Ponto de trabalho





No caso do exercício o novo processo exigiu um aumento da pressão em sua entrada, ou seja, uma carga manométrica maior do que a do shut off.

Além do caso do exercício, por condições topográficas, quando o sistema exige grandes cargas manométricas, que pode exceder às faixas de operação de bombas de simples estágio. Nestes casos, uma das soluções é a associação de bombas em série.

Quando pensar em associação em série?



Considerando a vazão de projeto igual a $35,2 \text{ m}^3/\text{h}$ e lembrando que para a associação em série de bombas iguais, para a mesma vazão nós obtemos a carga manométrica da associação multiplicando a H_B por 2, verifique se a instalação atendeá as condições estabelecidas.

