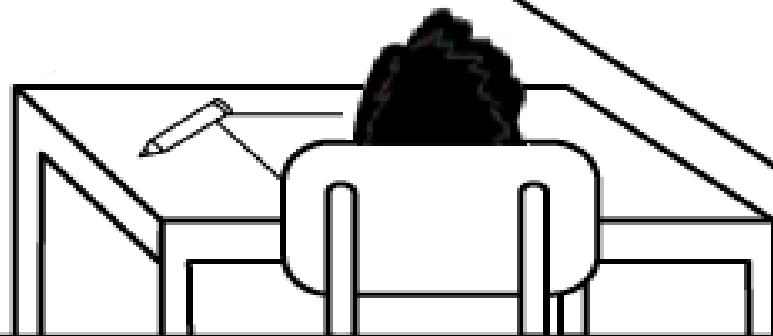
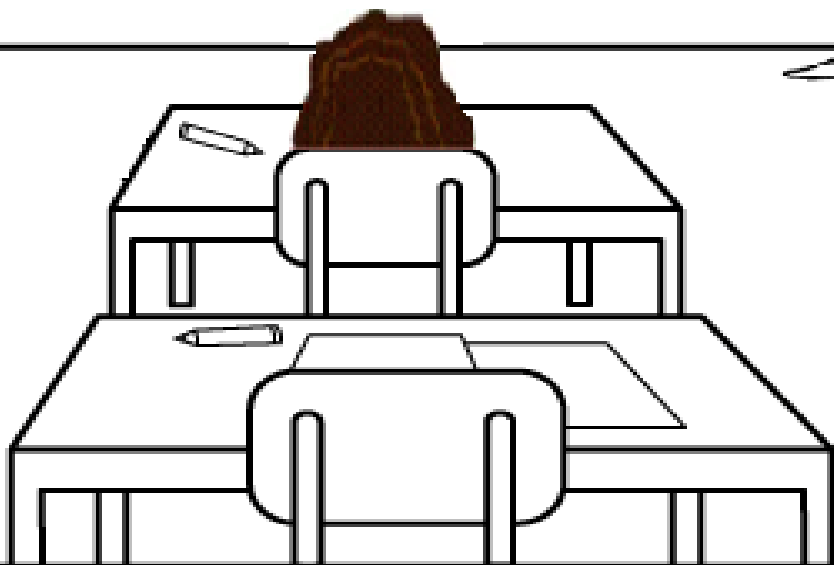
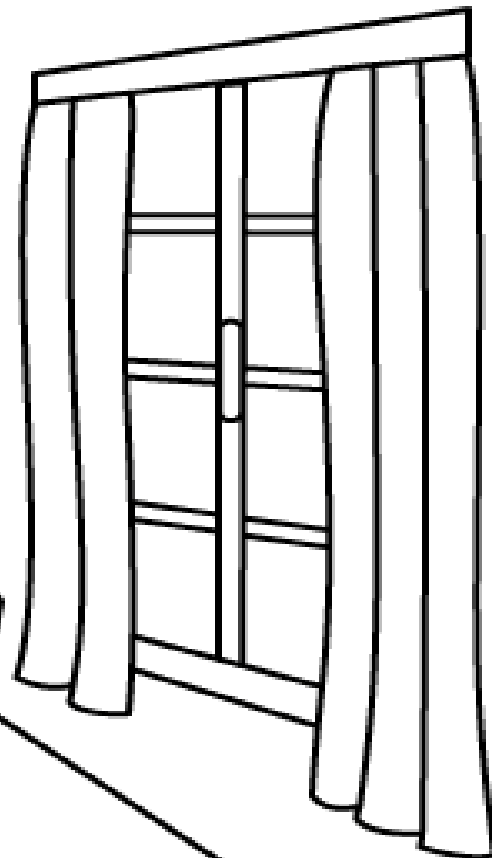
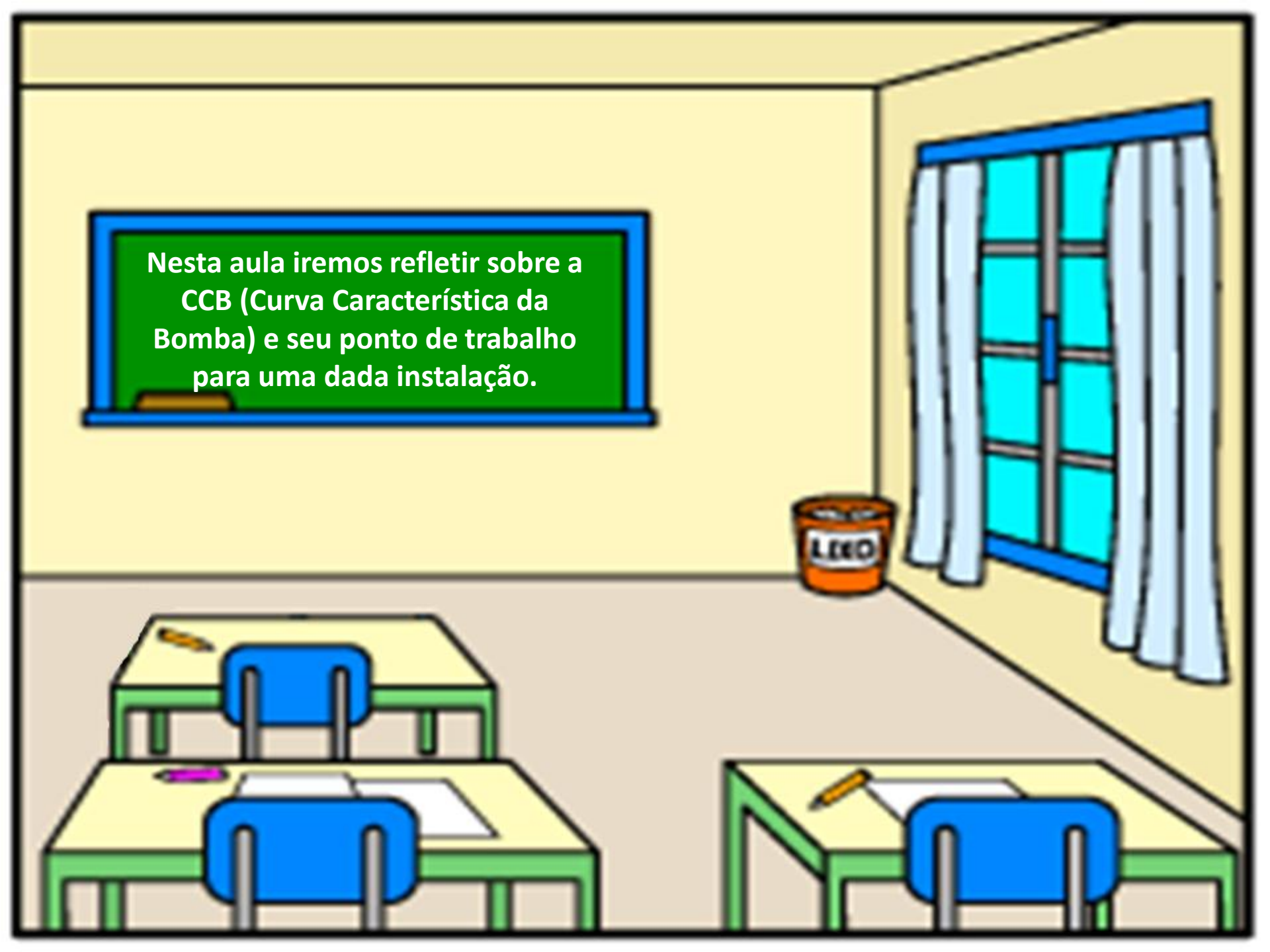


Primeiro semestre de 2012
Mecânica dos Fluidos para a
engenharia química
Aula 3 de teoria





Nesta aula iremos refletir sobre a CCB (Curva Característica da Bomba) e seu ponto de trabalho para uma dada instalação.



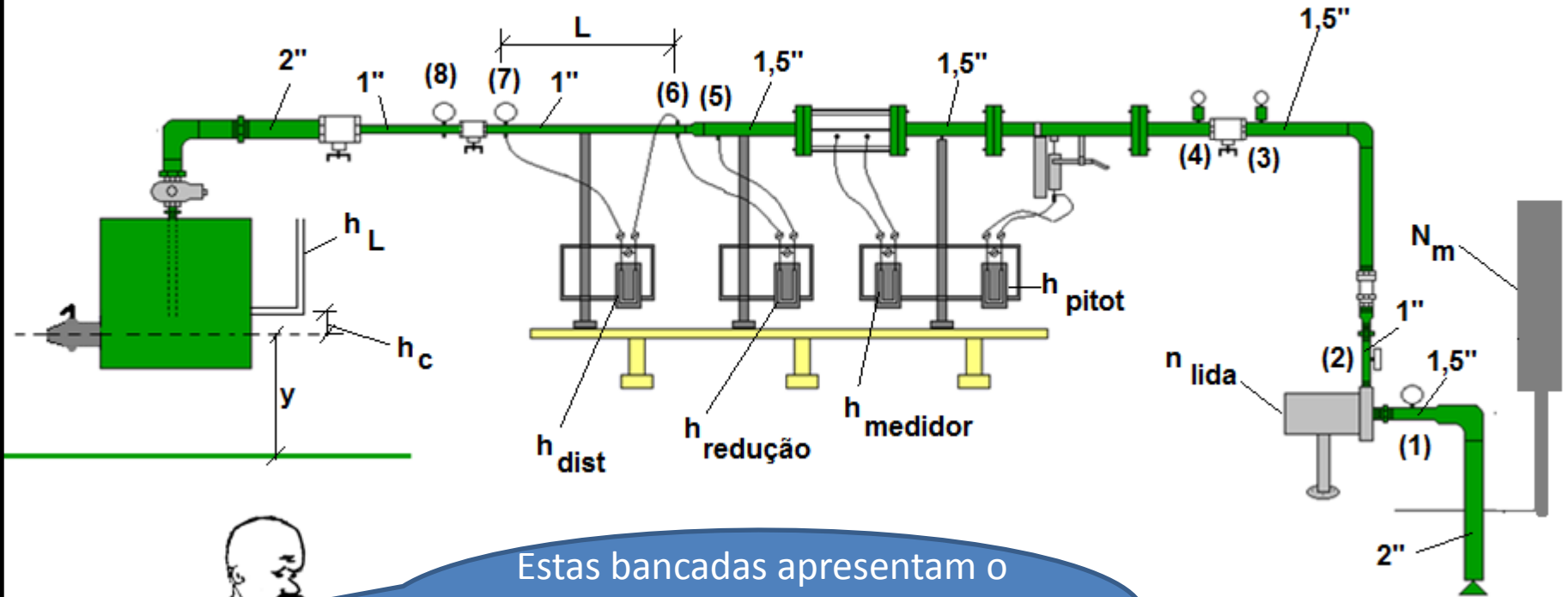
Vamos considerar as CCB das bombas utilizadas nas bancadas do laboratório e procurar estabelecer a sua vazão máxima de funcionamento.



Nas bancadas 1, 3, 4 e 5 nós
temos a utilização de bombas
INAPE 5 BC

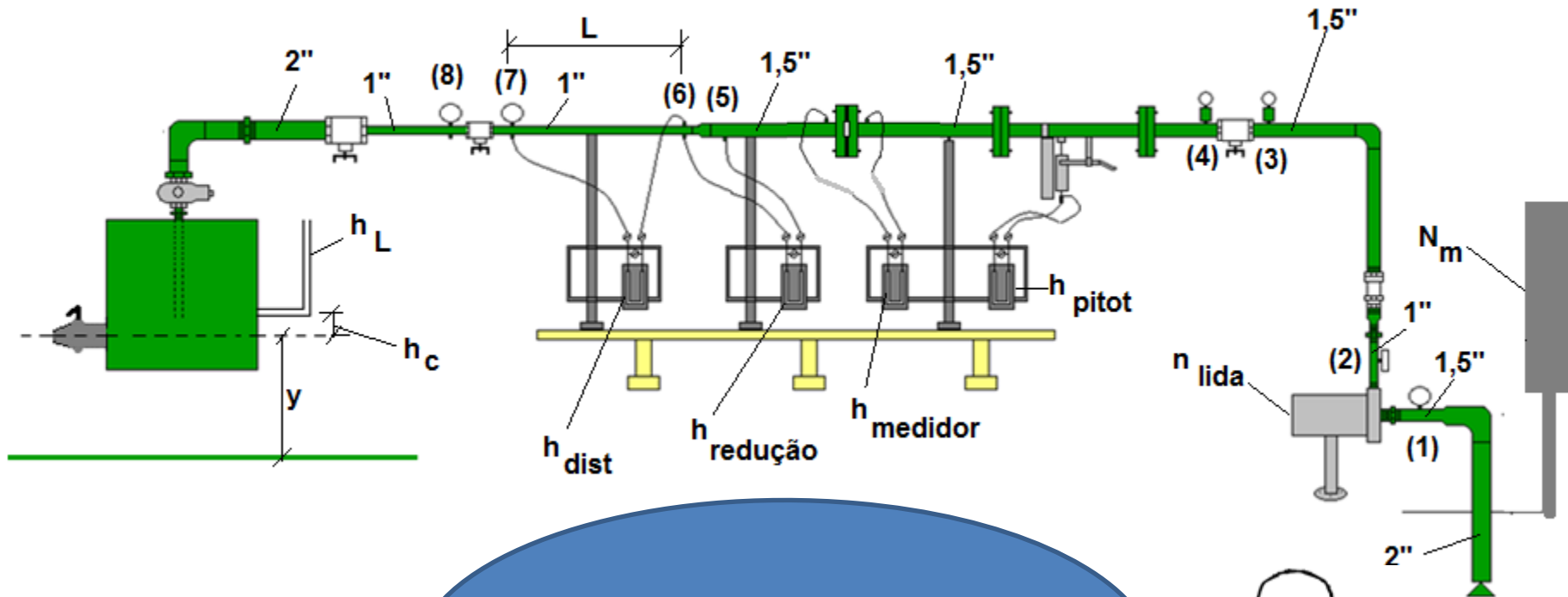


BANCADAS 1_3_5
BANCADA CONSTRUÍDA COM TUBOS DE AÇO 40



Estas bancadas apresentam o venturi como medidor de vazão

BANCADAS 4
BANCADA CONSTRUÍDA COM TUBOS DE AÇO 40

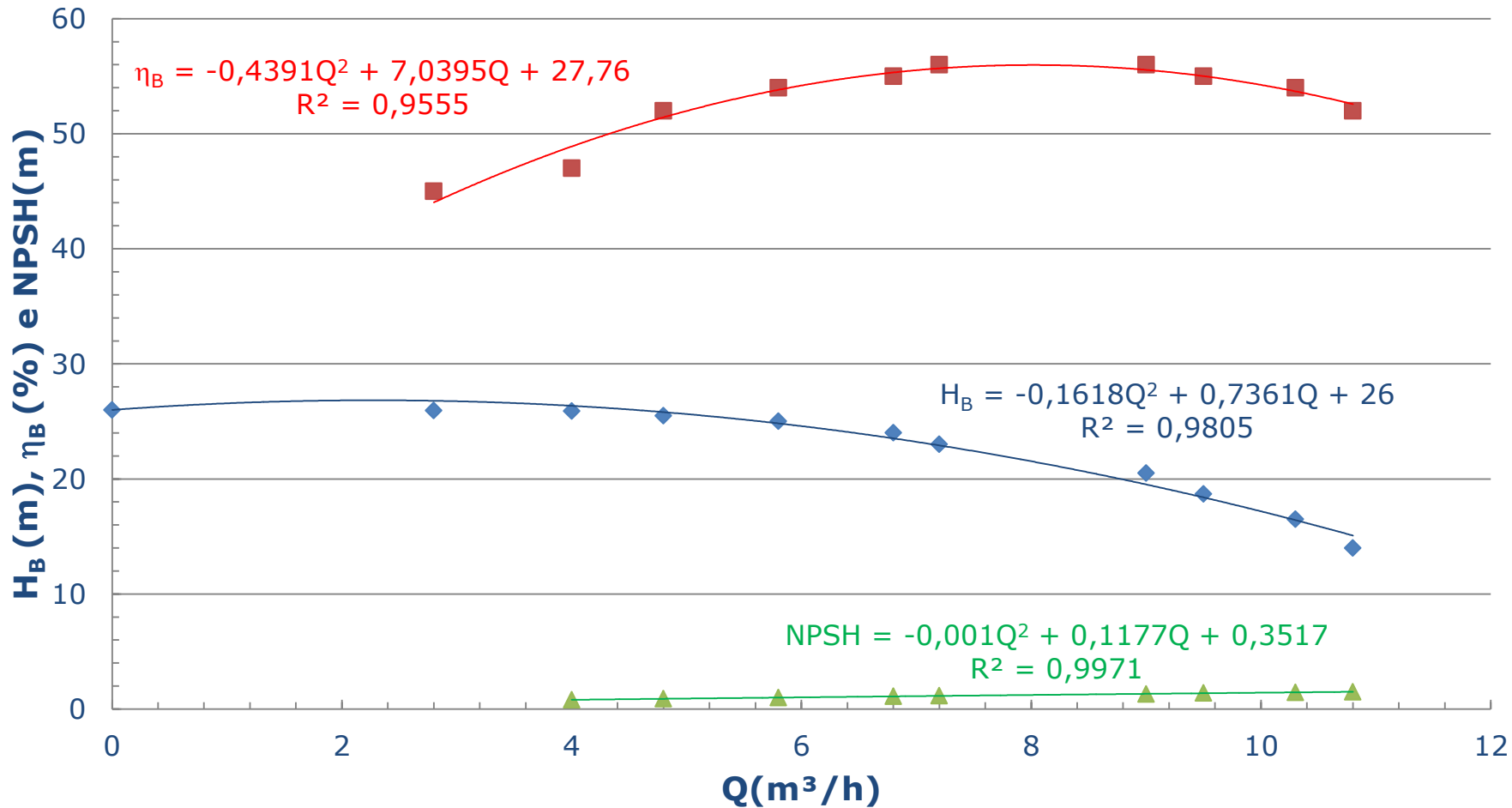


Esta apresenta a placa de orifício como medidor de vazão

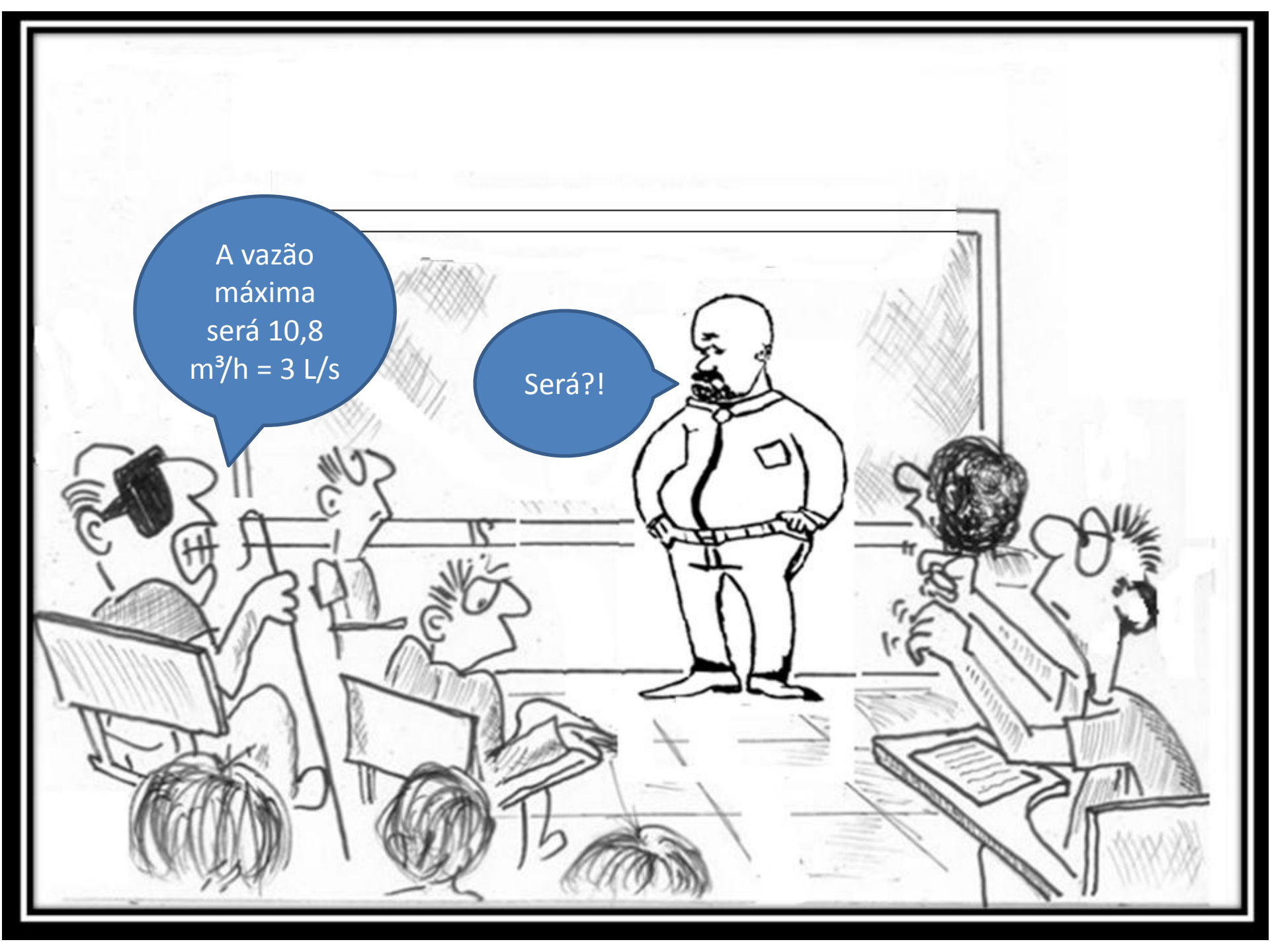


Q (m³/h)	H_B (m)	Rendimento (%)	NPSH (m)
0	26		
2,8	25,95	45	
4	25,9	47	0,8
4,8	25,5	52	0,9
5,8	25	54	1
6,8	24	55	1,1
7,2	23	56	1,15
9	20,5	56	1,3
9,5	18,7	55	1,4
10,3	16,5	54	1,45
10,8	14	52	1,5

CCB_n = 3500 rpm



◆ Hb (m) ■ rendimento ▲ NPSH — Polinômio (Hb (m)) — Polinômio (rendimento) — Polinômio (NPSH)



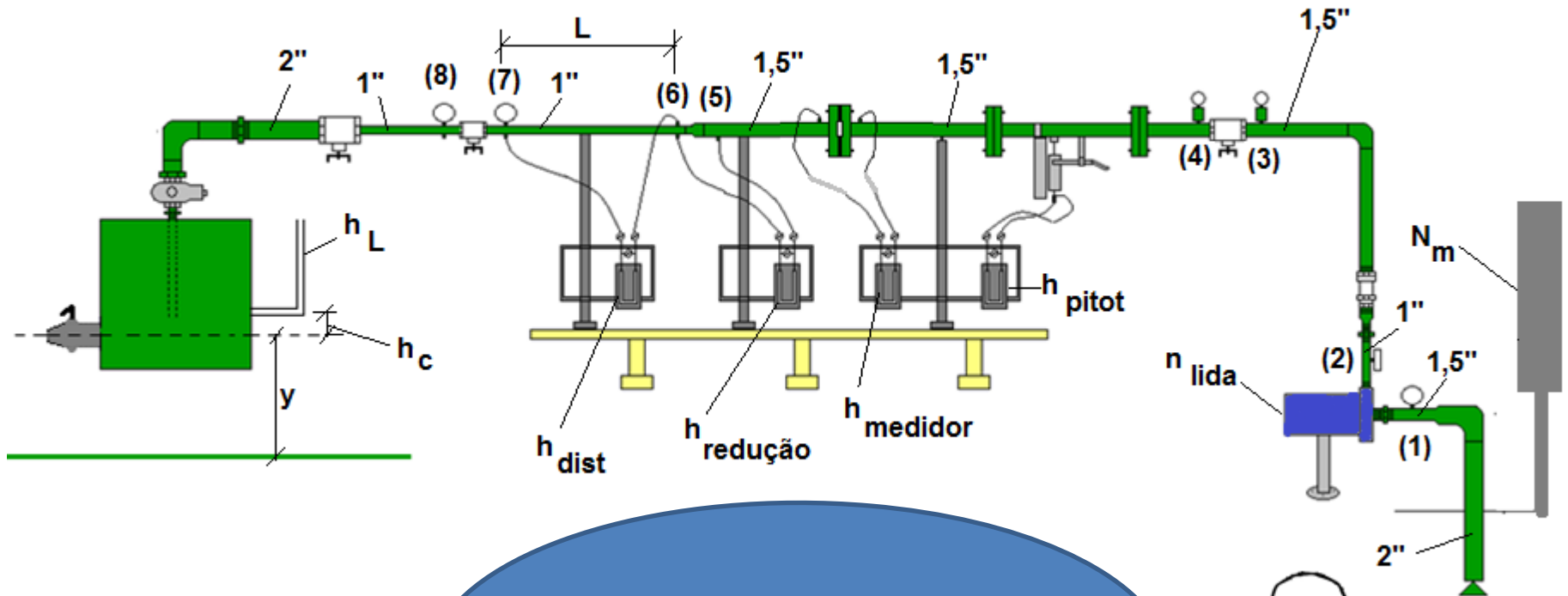
A vazão
máxima
será 10,8
 $\text{m}^3/\text{h} = 3 \text{ L/s}$

Será?!

Na bancada 2 nós temos a
utilização da bomba RUDC RH-5



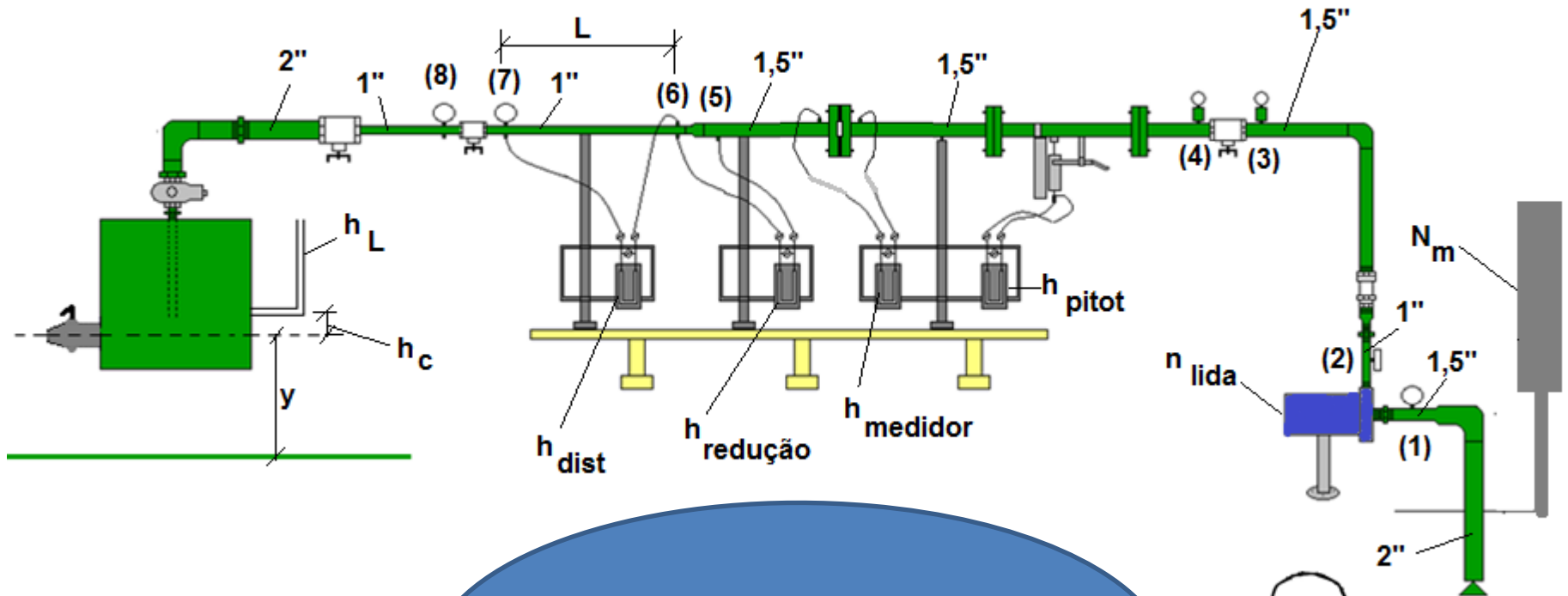
BANCADA 2
BANCADA CONSTRUÍDA COM TUBOS DE AÇO 40



Esta apresenta a placa de orifício como medidor de vazão



BANCADA 2
BANCADA CONSTRUÍDA COM TUBOS DE AÇO 40



Esta apresenta a placa de orifício como medidor de vazão



Bancada 2 do laboratório - sala ISO1 do Centro Universitário da FEI

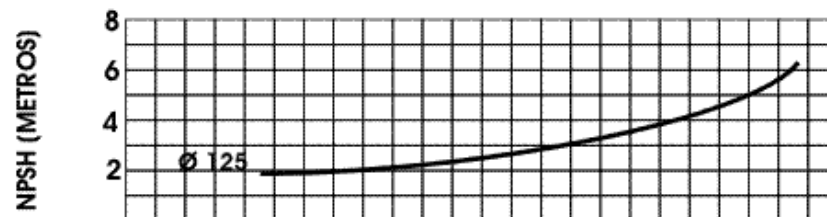
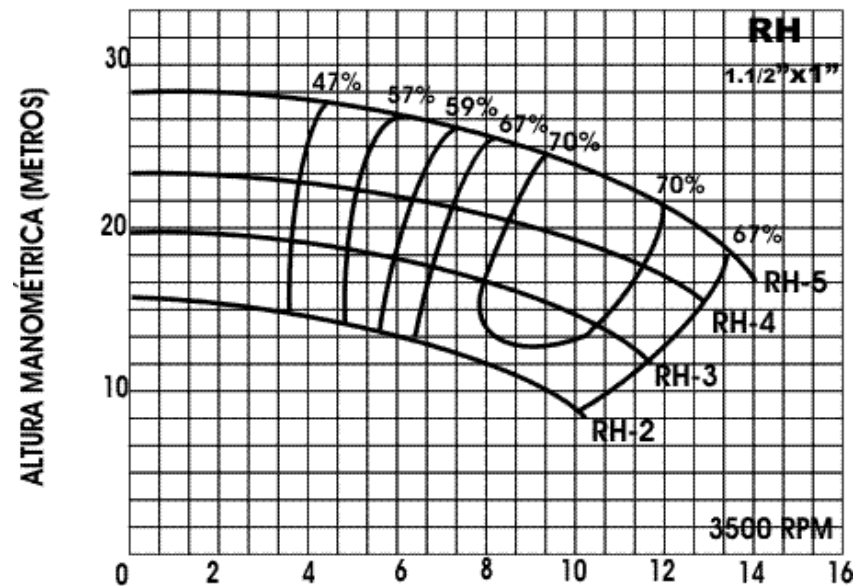


ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL EM METROS												
MODELO	CV	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
RH-2	1/2	10,0	9,0	8,0	6,5	4,0						
RH-3	3/4			11,0	10,0	9,2	8,3	6,0	1,0			
RH-4	1,0				13,0	11,8	11,0	10,2	8,5	4,5	2,0	
RH-5	1,5				14,0	13,2	12,0	11,8	11,0	10,0	7,5	5,0
VAZÃO EM METROS CÚBICOS POR HORA												

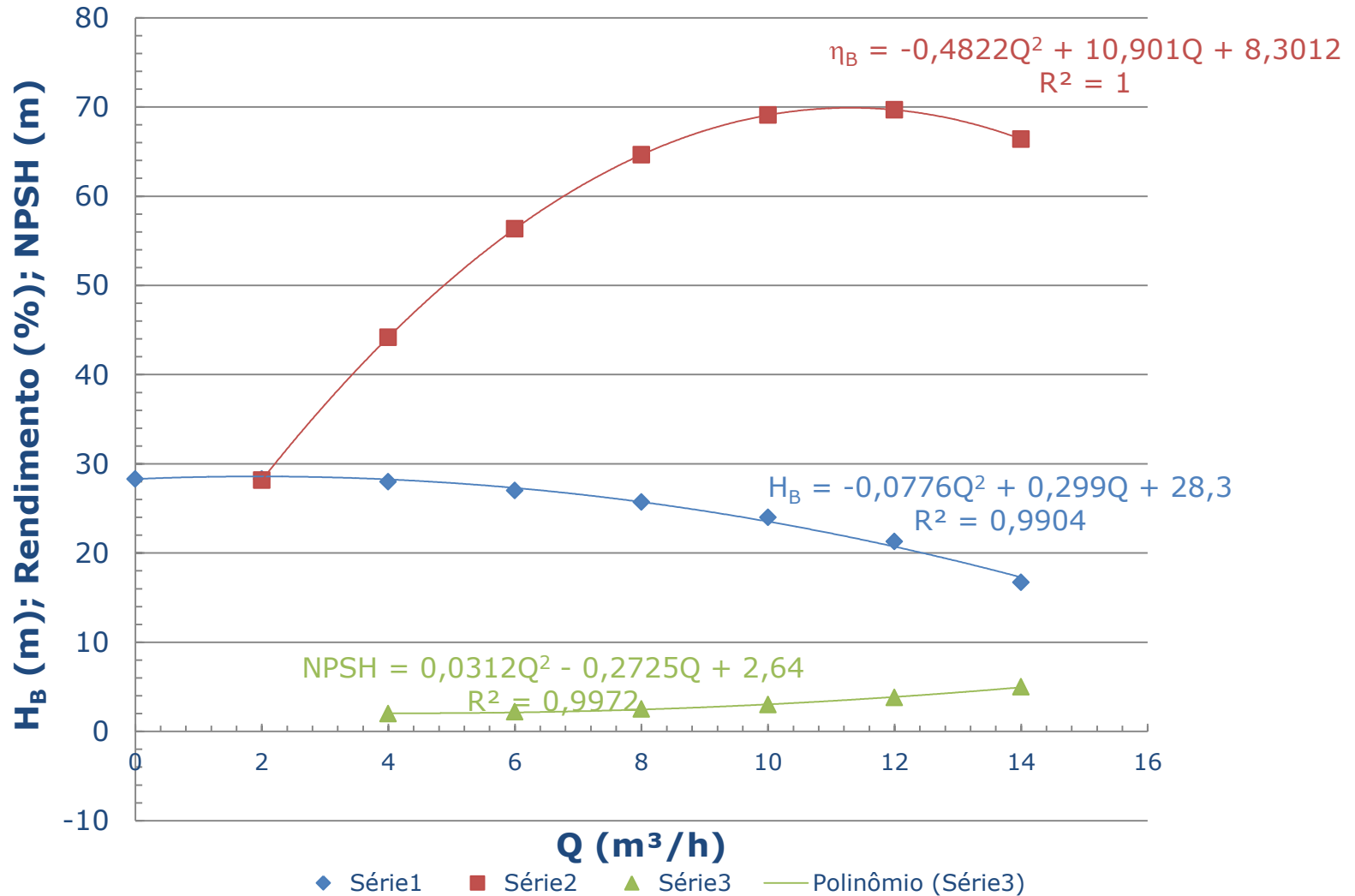
RUDC INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA

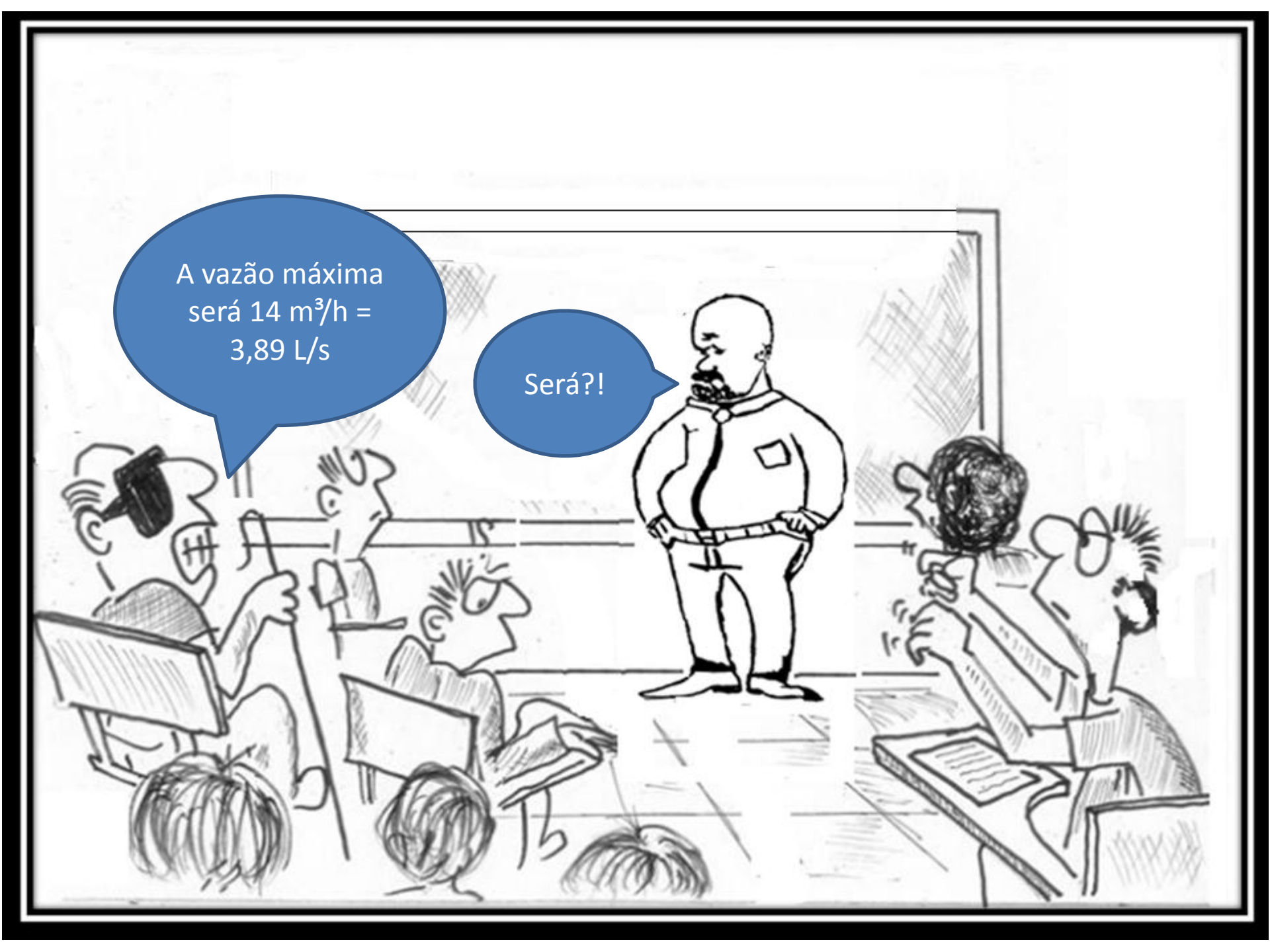
CURVA RH

Q (m ³ /h)	H _B (m)	η _B (%)	NPSH (m)
0	28,3		
2	28,3	28	
4	28	44	2
6	27	56	2,2
8	25,7	65	2,5
10	24	69	3
12	21,3	70	3,8
14	16,7	66	5



Bomba RUDC RH-5

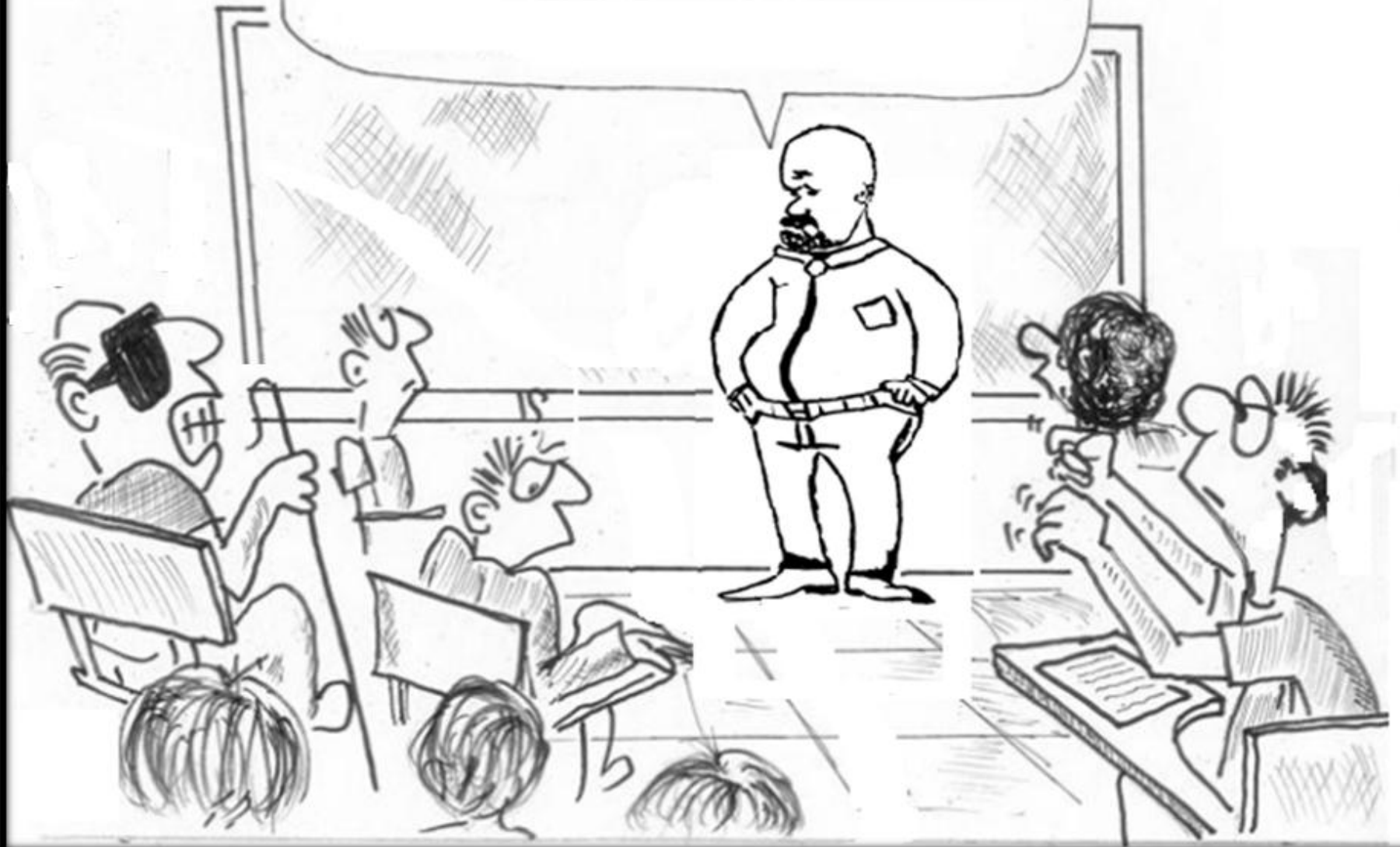




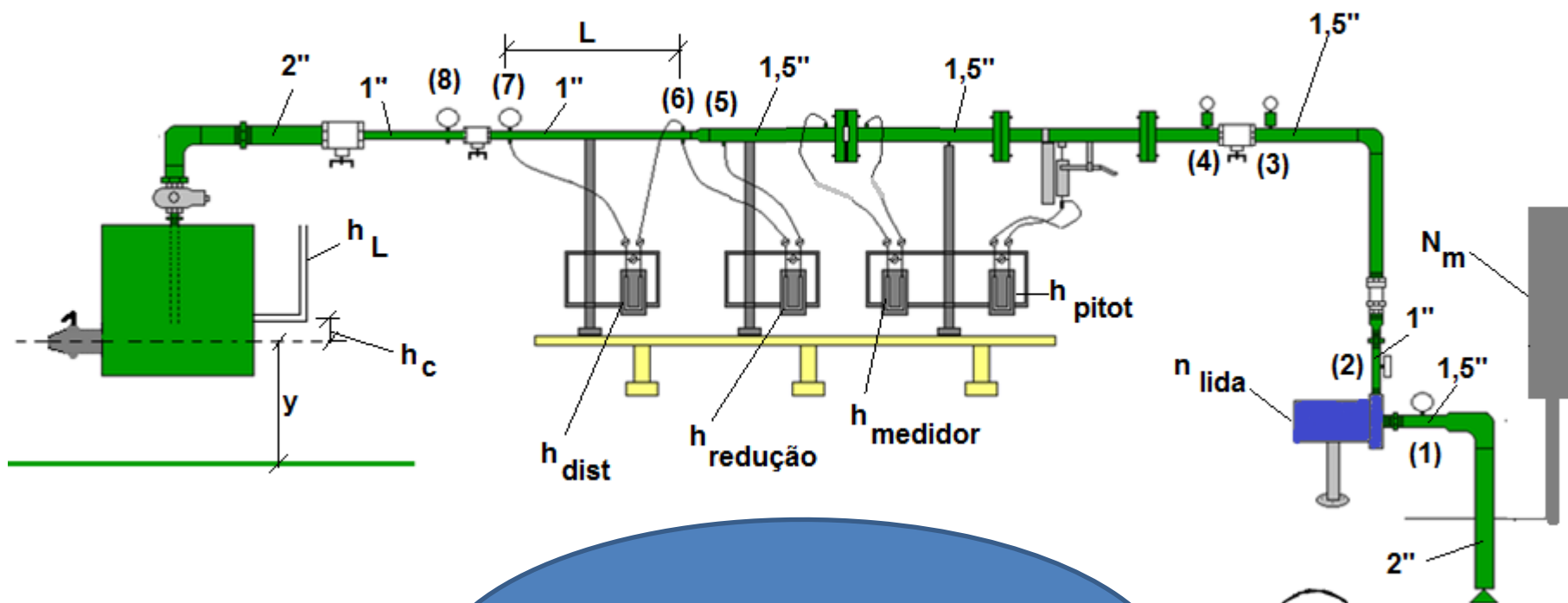
A vazão máxima
será $14 \text{ m}^3/\text{h} =$
 $3,89 \text{ L/s}$

Será?!

Na bancada 6 nós temos a
utilização da bomba RUDC RF-6



BANCADA 6
BANCADA CONSTRUÍDA COM TUBOS DE AÇO 40



Esta apresenta a placa de orifício como medidor de vazão



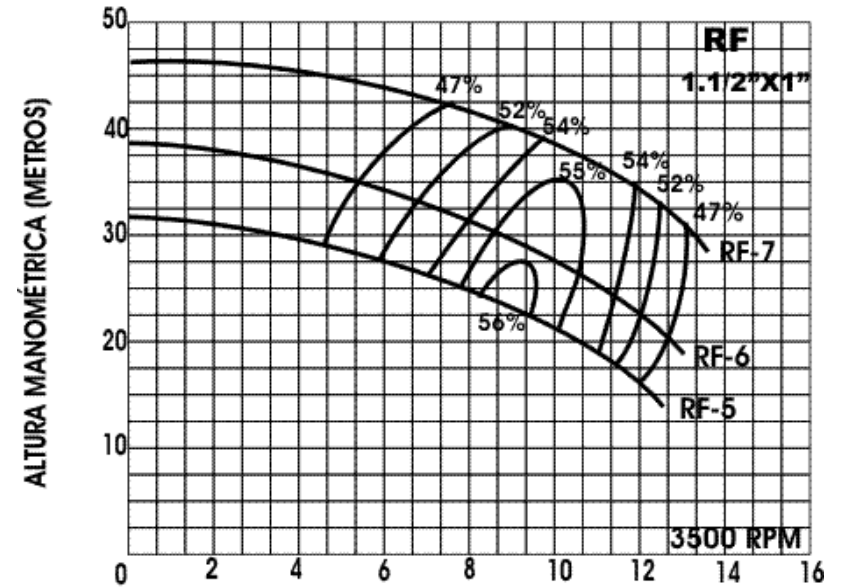
Bancada 6 do laboratório - sala ISO1 do Centro Universitário da FEI



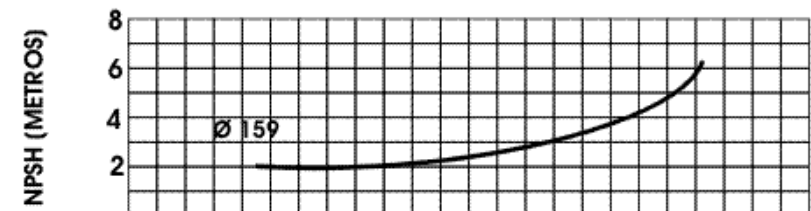
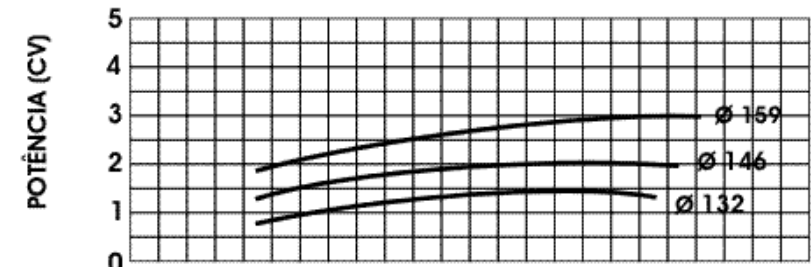
ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL EM METROS													
MODELO	CV	14	16	18	20	22	24	26	28	30	35	40	45
RF-5	1.5	12,0	11,0	10,5	10,0	9,5	9,0	8,0	7,0	5,0			
RF-6	2.0			12,8	12,5	12,0	11,5	11,0	10,5	9,6	7,0		
RF-7	3.0								13,5	12,8	11,5	9,2	6,0
VAZÃO EM METROS CÚBICOS POR HORA													

RUDC INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA

CURVA RF

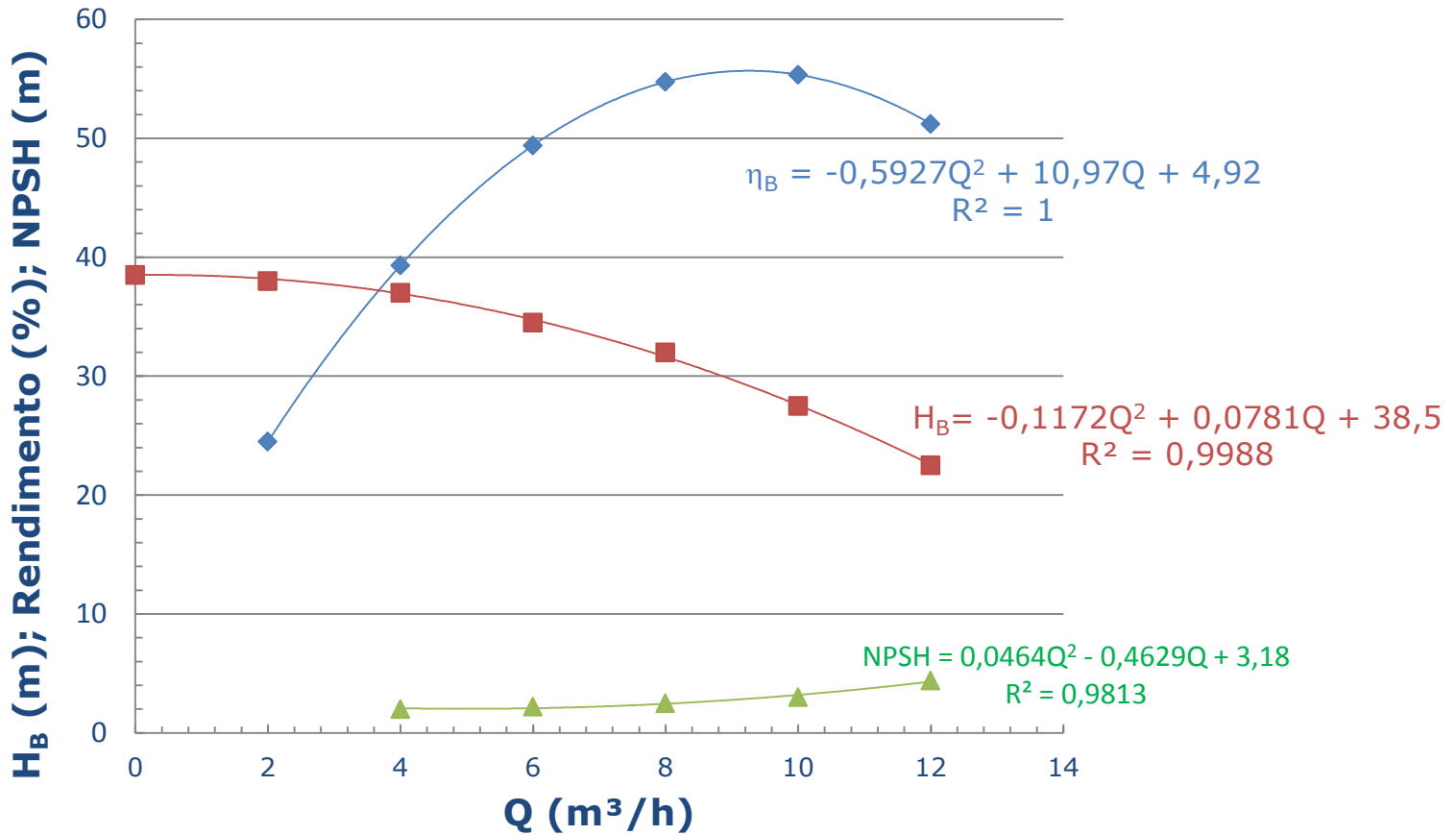


VAZÃO EM METROS CÚBICOS POR HORA

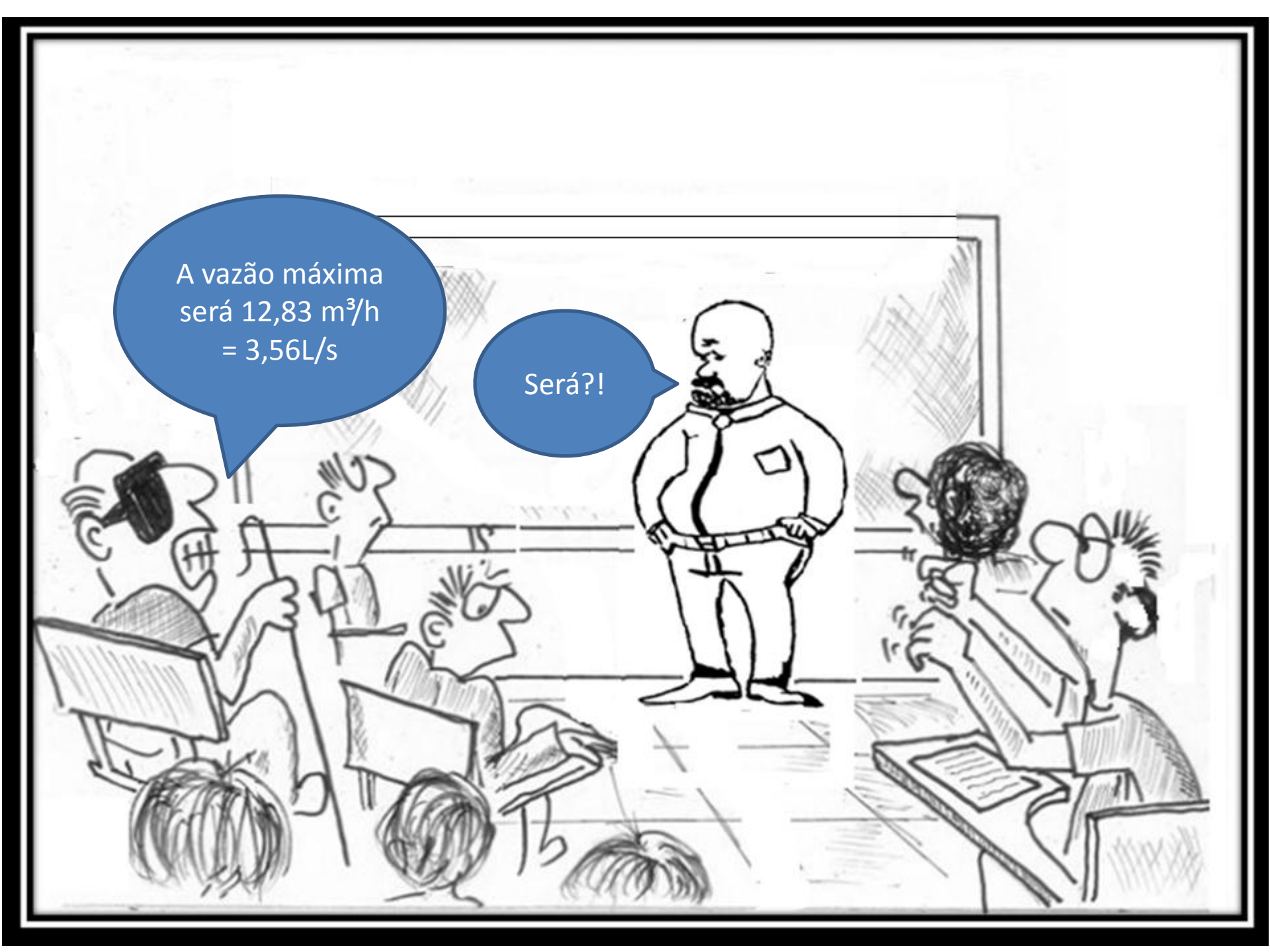


Q (m ³ /h)	H _B (m)	η _B (%)	NPSH (m)
0	38,5		
2	38	24	
4	37	39	2
6	34,5	49	2,2
8	32	55	2,5
10	27,5	55	3
12	22,5	51	4,4

Bomba RUDC RF-6



◆ Rendimento fabricante ■ CCB fabricante ▲ NPSH fabricante

A black and white cartoon illustration of a lecture hall. A man with a beard and a white shirt stands at the front, looking thoughtful. He has his hands on his hips. In the audience, several people are seated at desks. One man on the left is wearing glasses and holding a pen. Another man in the center is looking towards the speaker. A man on the right is sitting at a desk with a laptop, looking at the speaker. There are three blue speech bubbles overlaid on the image. The first is on the left, containing a calculation. The second is in the center, containing a question. The third is on the right, containing a question.

A vazão máxima
será $12,83 \text{ m}^3/\text{h}$
 $= 3,56 \text{ L/s}$


Será?!



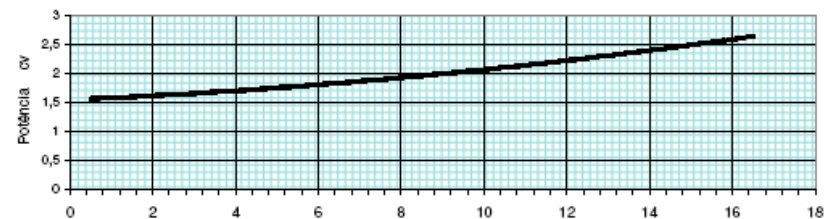
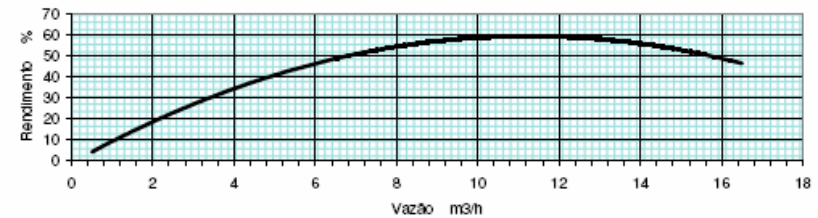
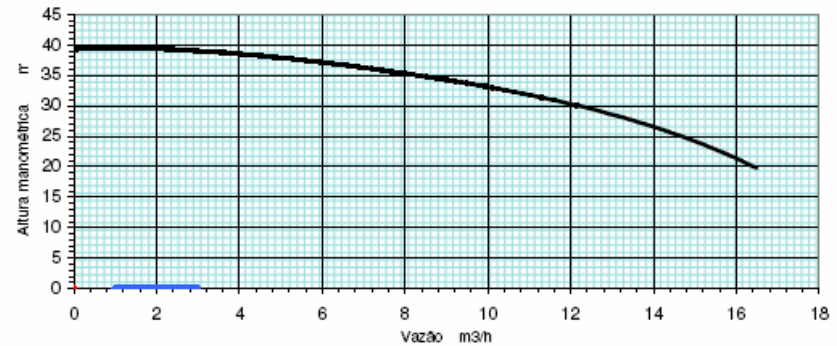
Na bancada 7 nós temos a
utilização da bomba MARK
GRUNDFOS



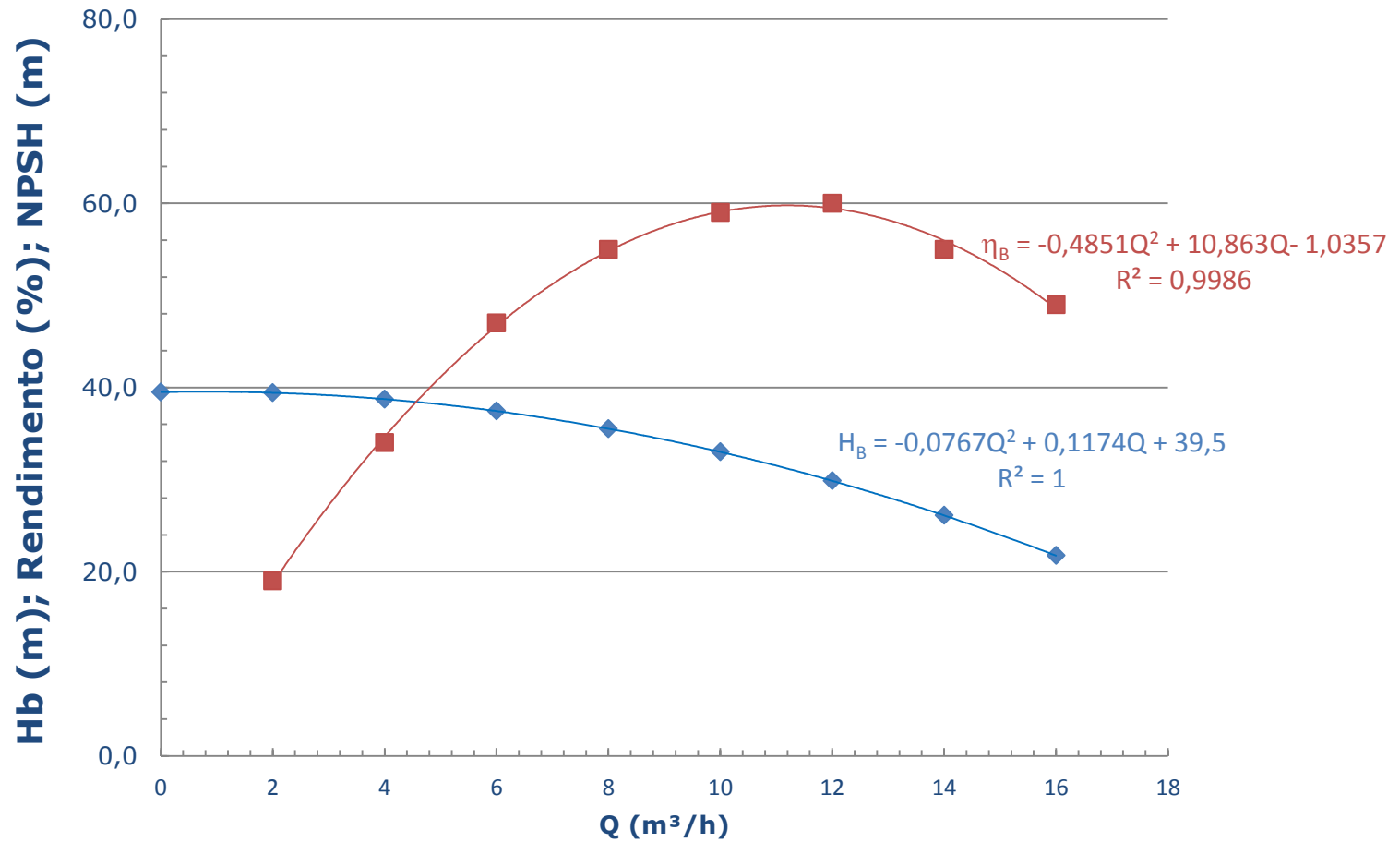
Q (m³/h)	Hb (m)	η_B (%)
0	39,5	
2	39,4	19
4	38,7	34
6	37,4	47
8	35,5	55
10	33,0	59
12	29,9	60
14	26,1	55
16	21,7	49

		MARK GRUNDFOS LTDA.				MODELO DF	
		Bomba Centrífuga Monoestágio					
Rotor	146	mm	Número de estágios	1	Sucção	Recalque	RPM
Ponto de trabalho					1.1/2"		1"
Q	Hm				Vedação	Roscas	Válido para água limpa a
cv	%				Selo mecânico	BSP	20 C.

Testes e Aceleração conforme Norma ISO 9906:1999 Anexo A



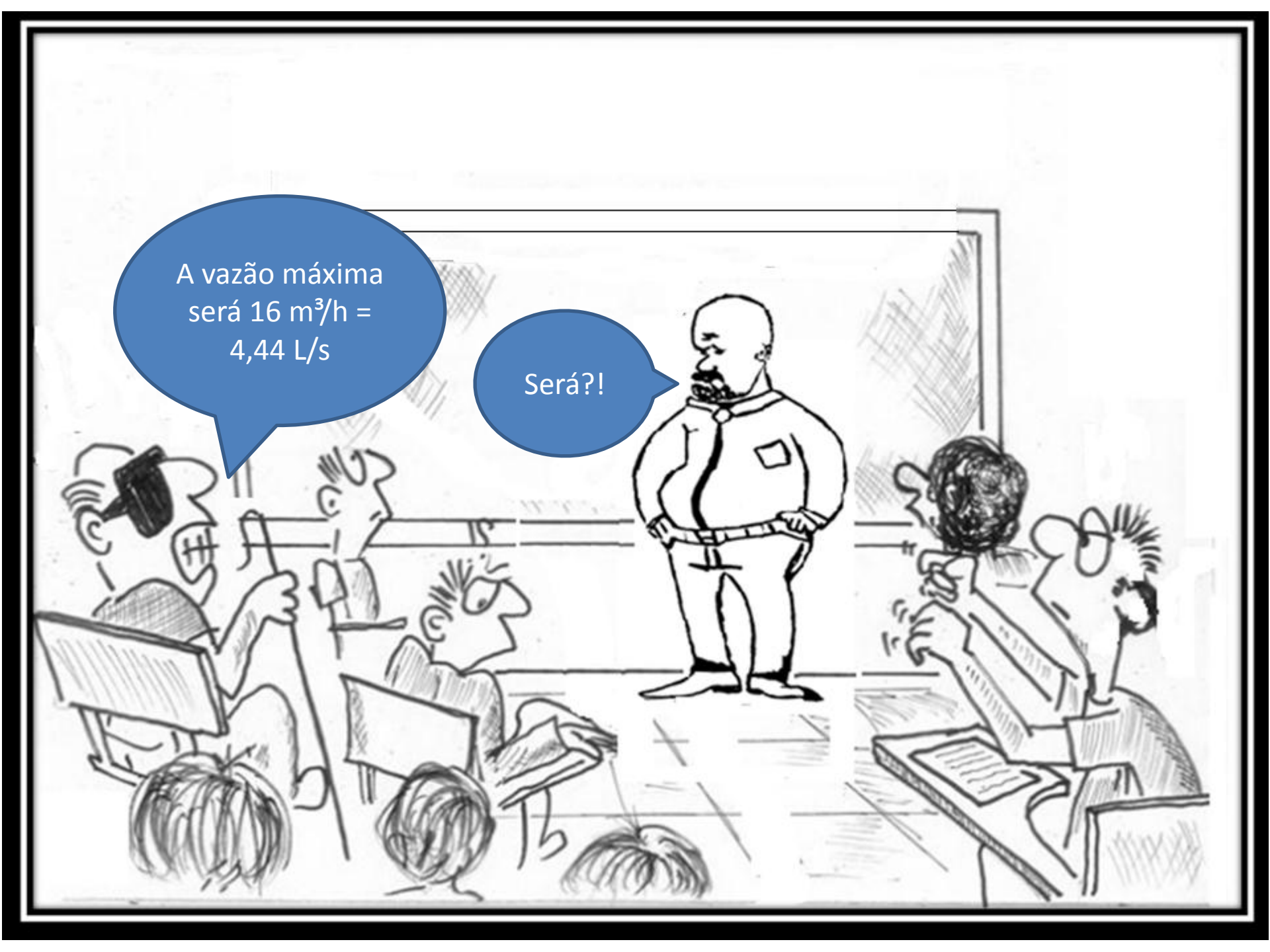
Bomba Mark NDF-6



◆ CCB fabricante

■ Rendimento fabricante

— Polinômio (Rendimento fabricante)



A vazão máxima
será $16 \text{ m}^3/\text{h} =$
 $4,44 \text{ L/s}$

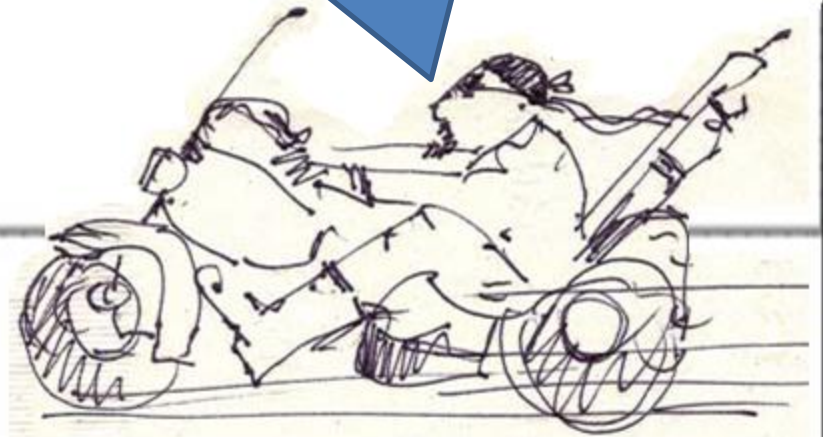
Será?!



Sintetizando:

Bancada	Q_{\max_CCB} (L/s)	Q_{\max_exp} (L/s)
1	3	2,57
2	3,89	2,38
3	3	2,72
4	3	2,56
5	3	2,61
6	3,56	3,56
7	4,44	3,06

Para que possamos entender as diferenças, evocamos a equação da CCI para uma instalação com apenas dois diâmetros diferentes, antes e depois da bomba.



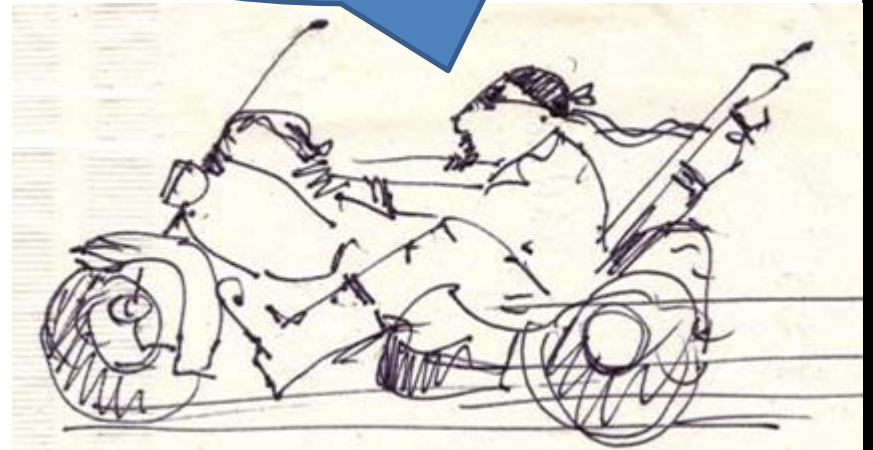
$$H_S = (z_f - z_i) + \frac{(p_f - p_i)}{\gamma} + \left(\frac{y_f \times \alpha_f}{2g \times A_f^2} - \frac{y_i \times \alpha_i}{2g \times A_i^2} \right) \times Q^2 + H_{P_{total}}$$

$$H_{P_{total}} = \left(f_{dB} \times \frac{(L + \sum Leq)_{dB}}{D_{H_{dB}}} \times \frac{1}{2g \times A_{dB}^2} + f_{aB} \times \frac{(L + \sum Leq)_{aB}}{D_{H_{aB}}} \times \frac{1}{2g \times A_{aB}^2} \right) \times Q^2$$

$$f_{dB} \times \frac{(L + \sum Leq)_{dB}}{D_{H_{dB}}} \times \frac{1}{2g \times A_{dB}^2} + f_{aB} \times \frac{(L + \sum Leq)_{aB}}{D_{H_{aB}}} \times \frac{1}{2g \times A_{aB}^2} > 0$$

$$H_{estática} = (z_f - z_i) + \frac{(p_f - p_i)}{\gamma}$$

Para traçar a CCI, basta atribuir valores para a Q e temos três possibilidades:

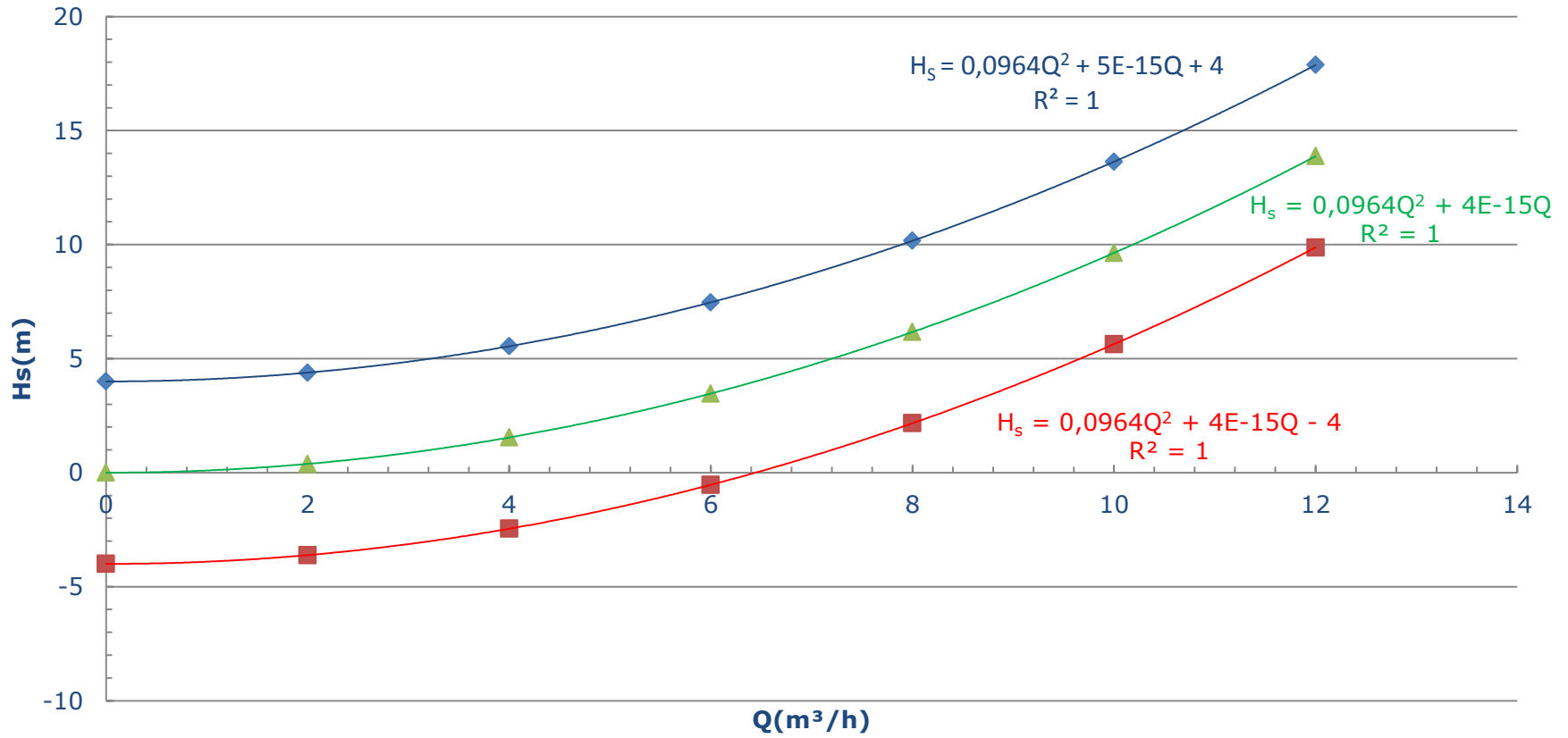


Q (m ³ /h)	Hs (m)	Hs (m)	Hs (m)
0	4	-4	0
2	4,4	-3,6	0,385
4	5,5	-2,5	1,5
6	7,5	-0,531	3,5
8	10,2	2,2	6,2
10	13,6	5,6	9,6
12	17,9	9,9	13,9

Vamos considerar as três possibilidades de CCI:



Possibilidades para a CCI



- ◆ Hs (m)
- CCI_queda
- ▲ CCI_cest_nula
- Polinômio (Hs (m))
- Polinômio (CCI_queda)
- Polinômio (CCI_cest_nula)

Observando as CCI anteriores,
qual delas pode operar sem
bomba? Justifique



Q (m ³ /h)	Hs (m)	Hs (m)	Hs (m)
0	4	-4	0
2	4,4	-3,6	0,385
4	5,5	-2,5	1,5
6	7,5	-0,531	3,5
8	10,2	2,2	6,2
10	13,6	5,6	9,6
12	17,9	9,9	13,9

Somente a que tem a carga estática negativa.



Operar sem bomba é considerar $H_{estática} = H_B = 0$ e neste exemplo $Q_{queda_livre} = 6,4 \text{ m}^3/\text{h}$

Vamos imaginar agora o funcionamento de uma mesma bomba hidráulica para as possibilidades anteriores

Teremos ponto de trabalho diferentes!

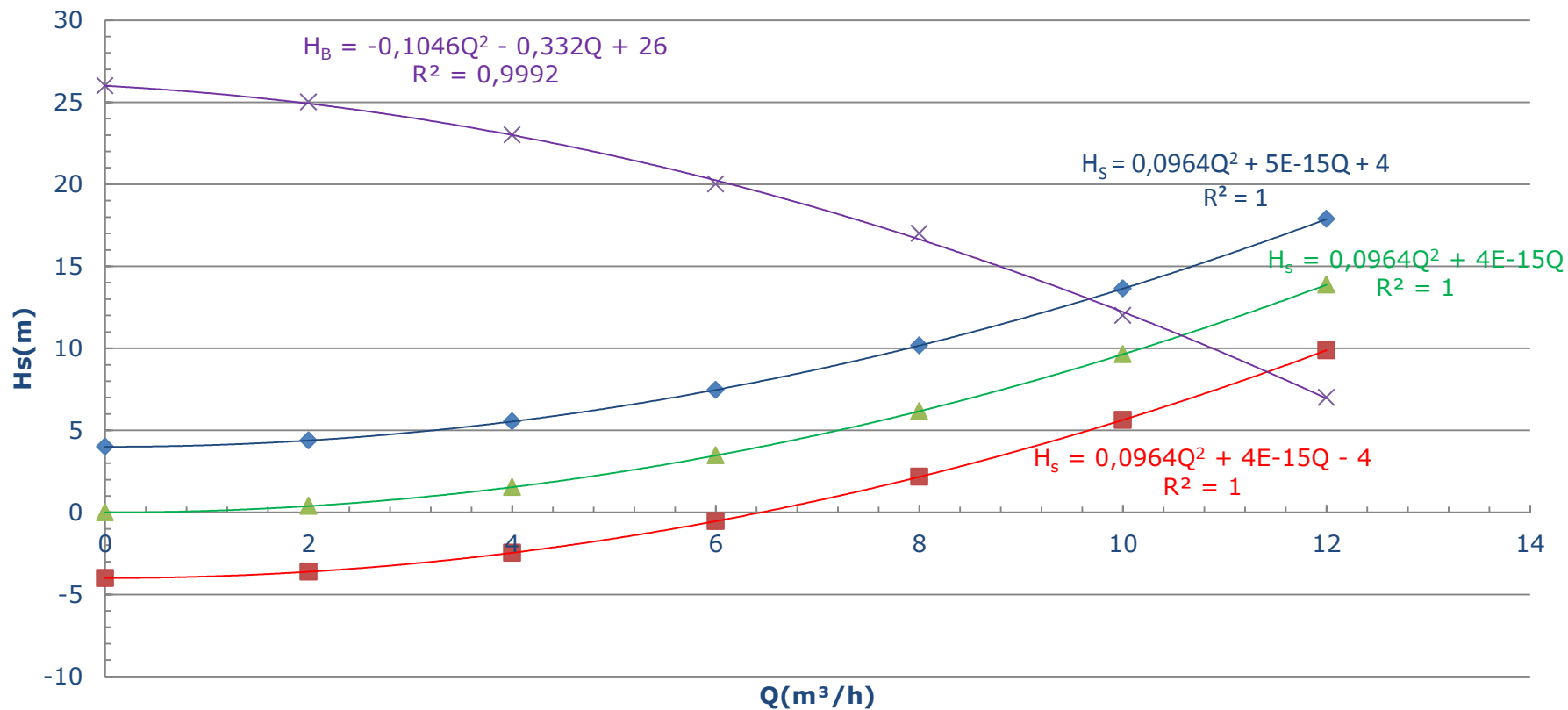




Fica demonstrado que a instalação influencia no ponto de trabalho da bomba!

Q (m ³ /h)	Hs (m)	Hs (m)	Hs (m)	H _B (m)
0	4	-4	0	26
2	4,4	-3,6	0,385	25
4	5,5	-2,5	1,5	23
6	7,5	-0,531	3,5	20
8	10,2	2,2	6,2	17
10	13,6	5,6	9,6	12
12	17,9	9,9	13,9	7

Possibilidades para a CCI



- ◆ Hs (m)
- × CCB
- Polinômio (Hs (m))
- Polinômio (CCI_cest_nula)
- CCI_queda
- Polinômio (CCI_queda)
- ▲ CCI_cest_nula
- Polinômio (CCB)

Situação ideal: localizamos o rendimento máximo e a vazão deste rendimento máximo, o ideal é a bomba trabalhar entre $0,5 \times Q_{rend_m\acute{a}x}$ e $1,2 \times Q_{rend_m\acute{a}x}$

Bomba Tipo
Pump Type
Tipo de Bomba

KSB MEGANORM
KSB MEGABLOC

Tamanho
Size
Tamaño

25-150



Oferta n°

Project - No.

Oferta - n°

Item n°

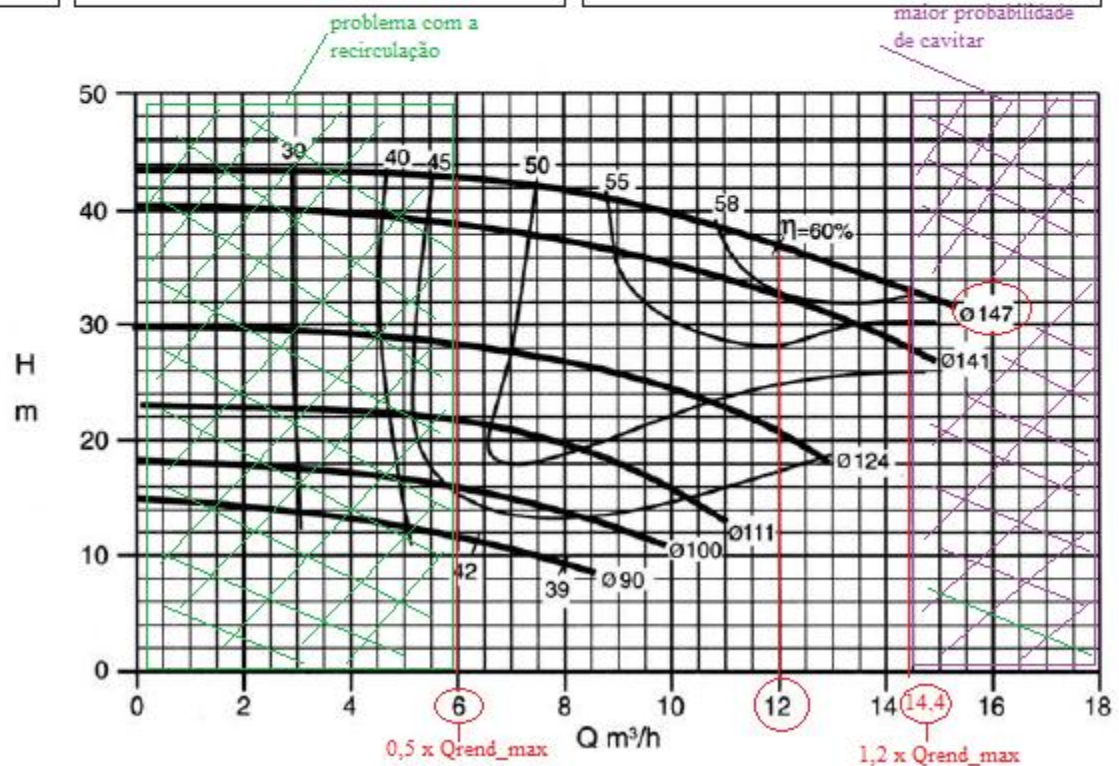
Item - No.

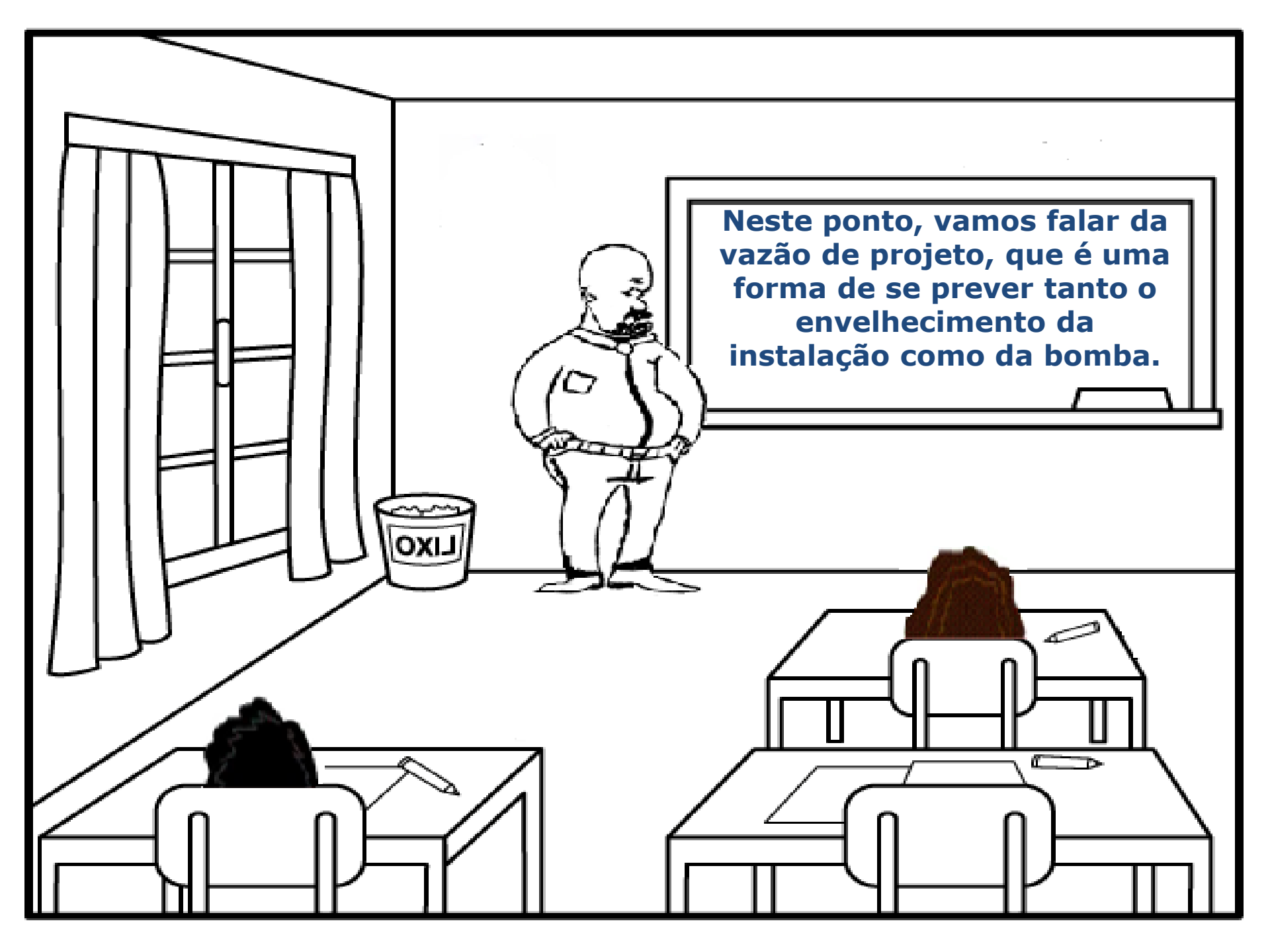
Pos - n°

Velocidade Nominal
Nom. Rotative Speed
Velocidad Nominal

3500 rpm

Altura Manométrica
Head
Altura Manométrica





Neste ponto, vamos falar da vazão de projeto, que é uma forma de se prever tanto o envelhecimento da instalação como da bomba.

LIXO



$Q_{\text{projeto}} = \text{fator_segurança} \times Q_{\text{desejada}}$

fator_segurança no mínimo 1,1 e se possível não superior a 1,2

1ª Questão: As instalações representadas a seguir são constituídas por um único diâmetro nominal de 3" de aço com espessura 80 e correspondem a duas situações de bombeamento com a mesma bomba hidráulica. Sabendo que para ambas situações as perdas em metro são obtidas pelas expressões:

$$H_{p_{0-1}} = H_{p_{0'-1'}} = 5 \times \frac{v_{\text{situação}}^2}{2g} \qquad H_{p_{S-1}} = H_{p_{S-1'}} = 3 \times \frac{v_{\text{situação}}^2}{2g}$$

e que a bomba utilizada tem a curva da carga manométrica em função da vazão representada pela equação:

$$H_B = 30 - 0,403213 \times Q^2 \rightarrow [H_B] = m \rightarrow [Q] = \frac{L}{s}$$

, pede-se calcular a vazão de escoamento para ambas situações sem utilizar o Excel e se elas forem diferentes justificar a diferença pelo Excel através das equações das linhas de tendências especificando o R^2 e a tabela utilizada para obtê-las.

