

“O saber se  
aprende com os  
mestres. A  
sabedoria só com o  
corriqueiro da  
vida.”

Reflitam sobre  
isto!



Cora Coralina



Já que o estudo de bombeamento é importante, devemos aprendê-lo e neste intuito vou recorrer a pedagogia da pergunta: o que devemos saber?

$$H_{\text{inicial}} + H_m = H_{\text{final}} + H_{\text{pi-f}}$$

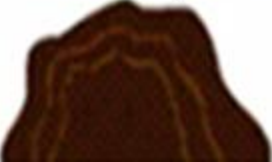
Equação da energia para um escoamento incompressível e em regime permanente



Regime permanente o tempo não entra no estudo!

Incompressível tem massa específica constante

Peso específico também!



**IMPORTANTE:**



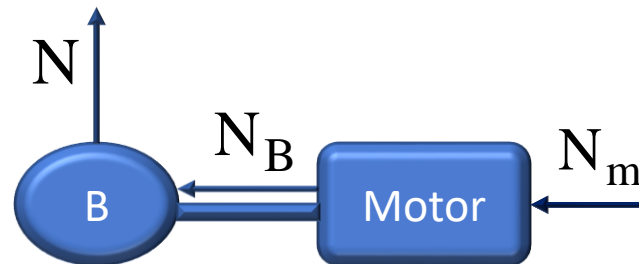
1. Em um trecho sem máquina o fluido sempre escoa da maior carga para a menor carga

Em relação a bomba hidráulica



2. É um dispositivo que transforma potência mecânica em potência hidráulica, isto é observado na carga manométrica que ela fornece ao fluido

3. Motor transforma potência elétrica ( $N_m$ ) em potência mecânica ( $N_B$ )



$$N = \gamma \times Q \times H_B$$

$$\eta_m = \frac{N_B}{N_m}$$



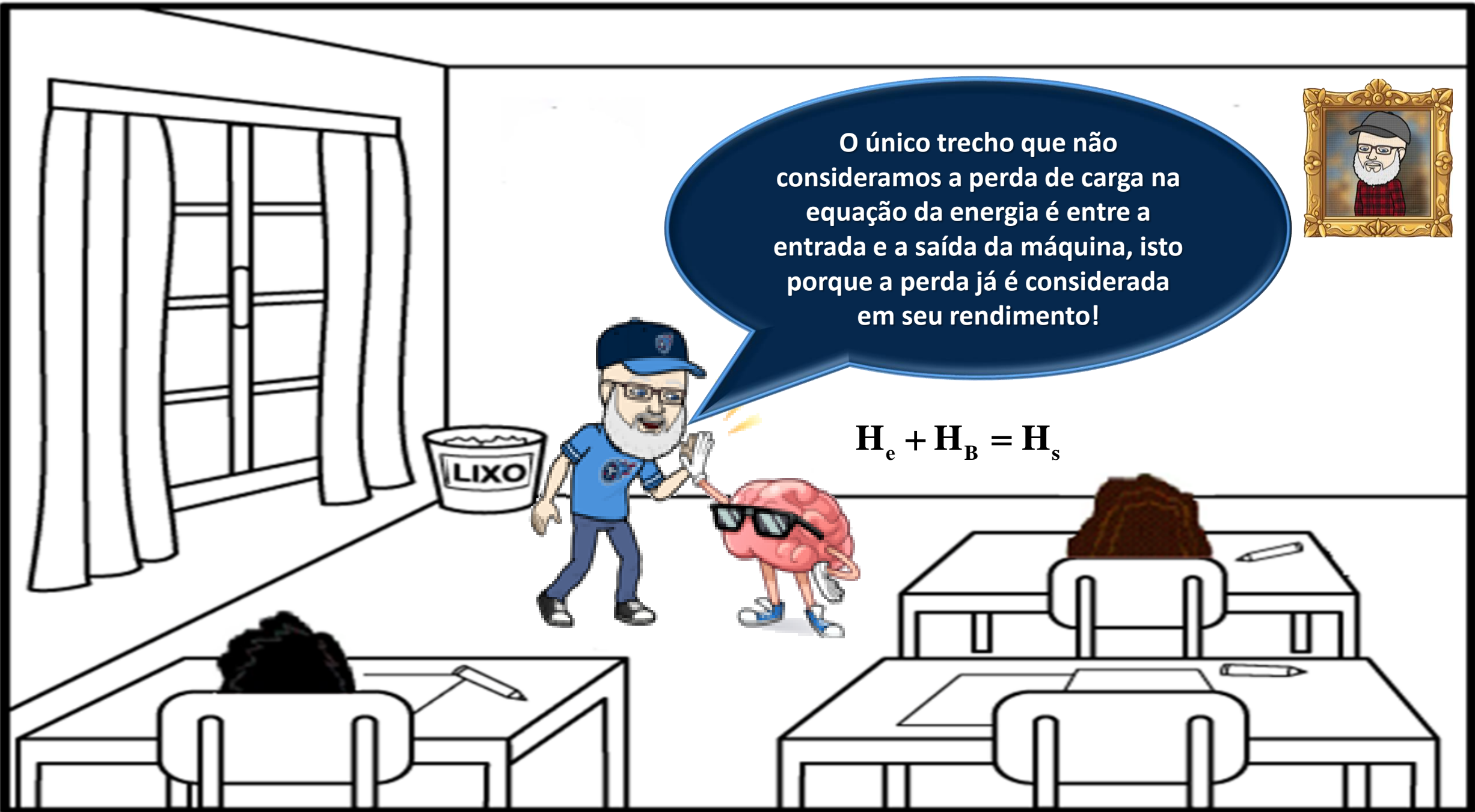
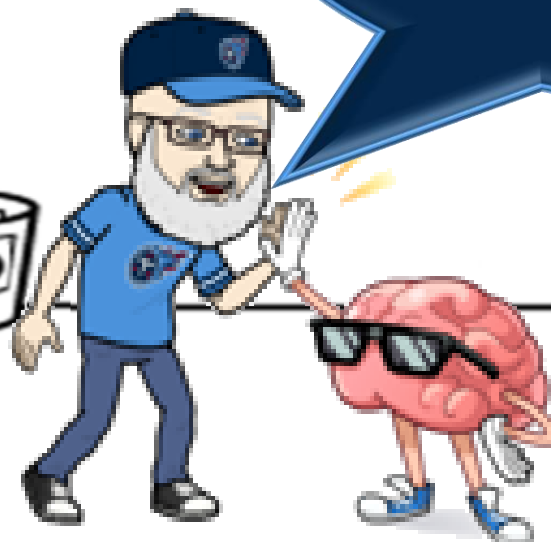
$$\eta_B = \frac{N}{N_B}$$

$$\eta_{\text{global}} = \eta_m \times \eta_B = \frac{N}{N_m}$$

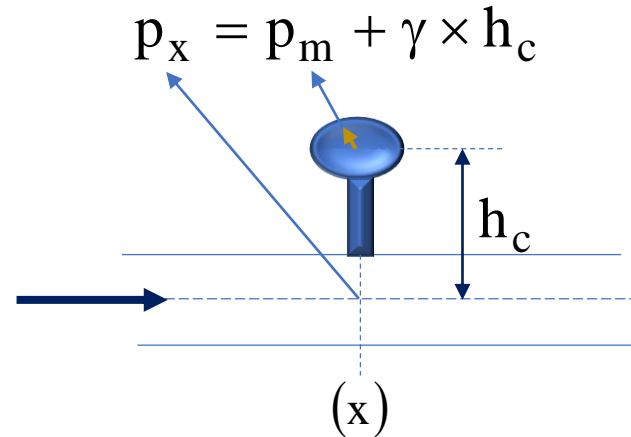


O único trecho que não consideramos a perda de carga na equação da energia é entre a entrada e a saída da máquina, isto porque a perda já é considerada em seu rendimento!

$$H_e + H_B = H_s$$



Muitas vezes temos que corrigir a pressão lida no manômetro metálico para determinarmos a pressão em uma seção do escoamento



Caso a altura para correção ( $h_c$ ) não seja dada, devemos considerá-la desprezível.

$$p_x = p_m$$




A carga total em uma seção (x) do conduto no escoamento Incompressível e em regime permanente que é considerada na equação da energia é:

$$H_x = z_x + \frac{p_x}{\gamma} + \frac{\alpha_x \times v_x^2}{2g} \rightarrow \alpha_x = 2,0 \Rightarrow Re \leq 2000 \Rightarrow \text{laminar}; \alpha_x \cong 1,0 \Rightarrow Re \geq 4000 \Rightarrow \text{turbulento}$$




E se a seção (x) for  
nível de reservatório?



Nesse caso pela condição de  
escoamento em regime permanente,  
resulta:

$$H_x = z_x + \frac{p_x}{\gamma} \rightarrow \text{já que } v_x = 0$$



Vamos aplicar estes conceitos  
em um problema que tem como  
objetivo a escolha de uma  
bomba hidráulica!



Era isso que eu queria!

Exercício extraído da Proposta de Mangá para Bibliografia Básica página 88 e que pode ser acessado pela internet no endereço acima!

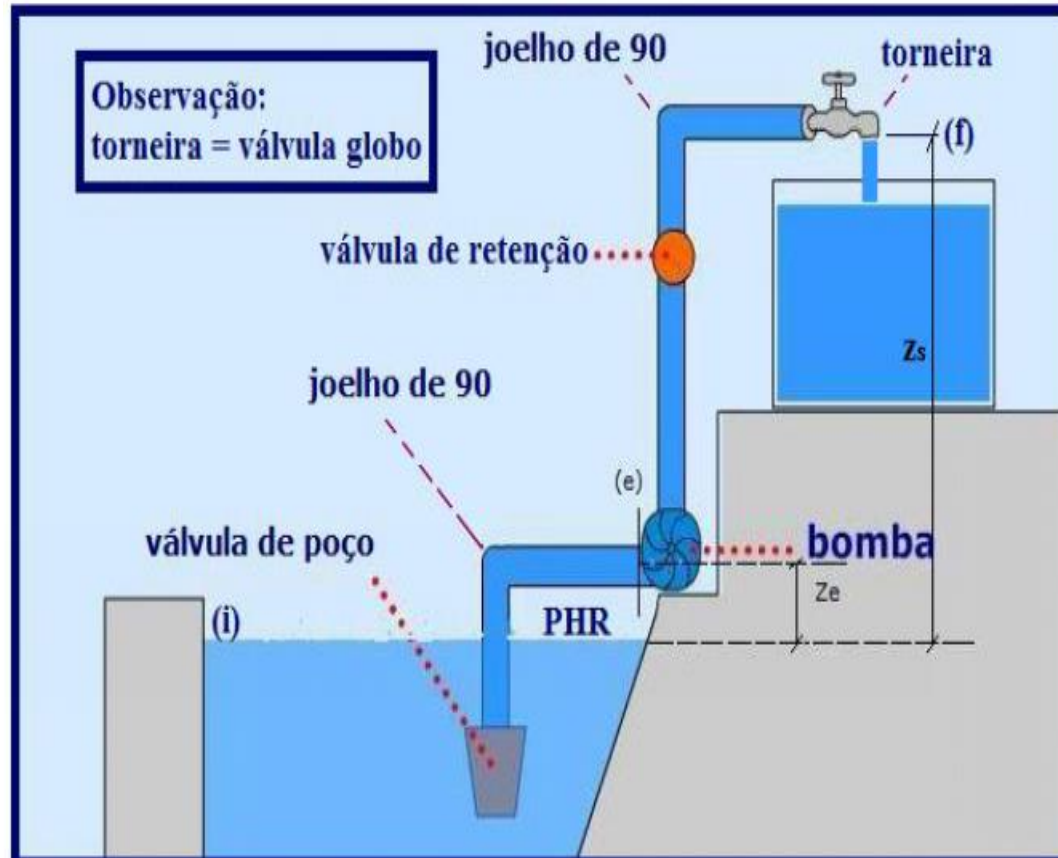


Deixa eu ver as curvas!



[http://www.escoladavida.eng.br/mecanica\\_dos\\_fluidos\\_para\\_eng\\_quimica.htm](http://www.escoladavida.eng.br/mecanica_dos_fluidos_para_eng_quimica.htm)

21º - A instalação de recalque representada a seguir foi projetada para transportar água a 20°C, sendo selecionada a bomba da RUDC de 3500 rpm a RF-5 que apresenta o diâmetro do rotor 132 mm, pede-se especificar a vazão máxima do escoamento conhecendo-se as curvas da bomba.

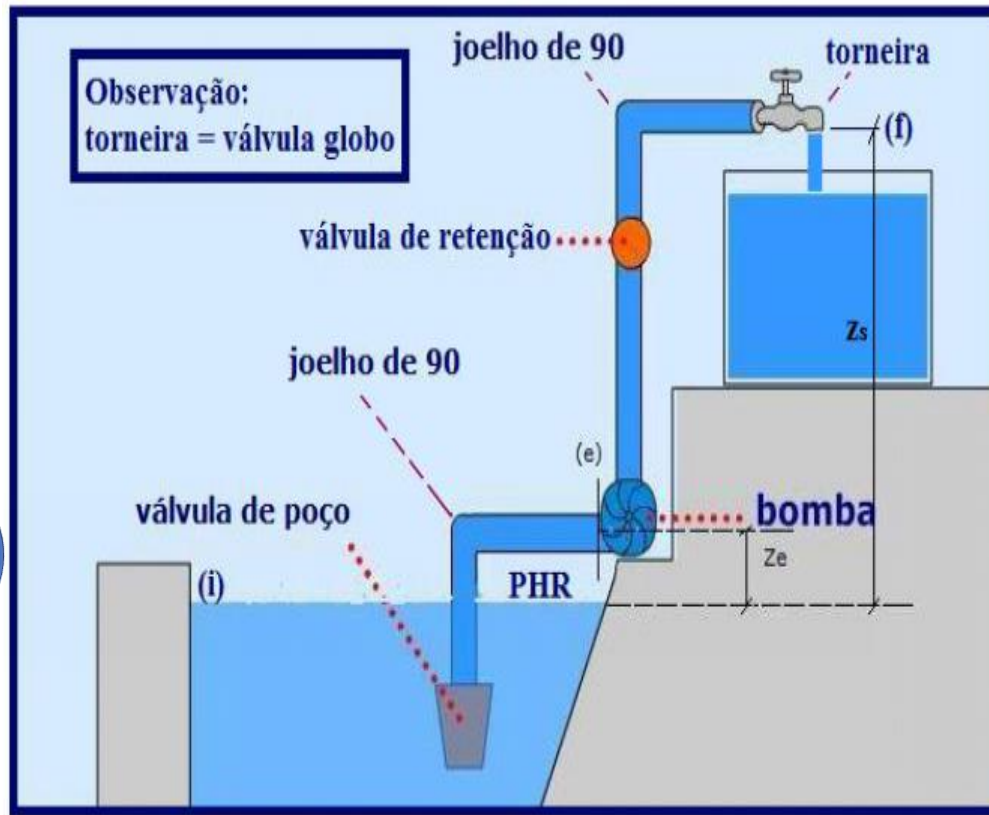


Dados:  $A_f = A_2$   
 $Z_s = 24 \text{ m}$  e  $Z_e = 2,8 \text{ m}$



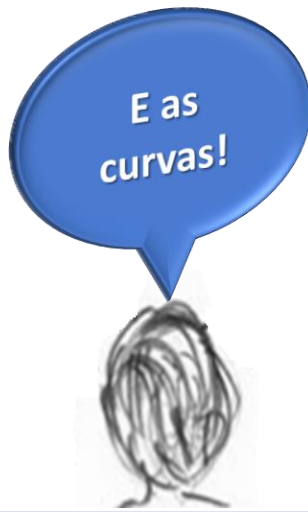
Analisando o projeto desta instalação, obtemos as seguintes informações:

<b>sução</b> →	Diâmetro de 2" aço 40	D <sub>int</sub> = 52,5 mm	A = 21,7 cm <sup>2</sup>	K = 4,6 x 10 <sup>5</sup> mm	L <sub>sução</sub> = 3,2 m
<b>recalque</b> →	Diâmetro de 1,5" aço 40	D <sub>int</sub> = 40,8 mm	A = 13,1 cm <sup>2</sup>	K = 4,6 x 10 <sup>5</sup> mm	L <sub>recalque</sub> = 28,2 m



Singularidade e diâmetro	Leq (m)
Válvula de poço de 2"	19,81
Joelho de 90° de 2"	1,88
Válvula de retenção de 1,5"	17,07
Joelho de 90° de 1,5"	1,41
Torneira de 1,5"	13,72
Saída da torneira	1

Tubo de aço e D <sub>N</sub> em "	f <sub>médio</sub>
2,0	0,0247
1,5	0,0245

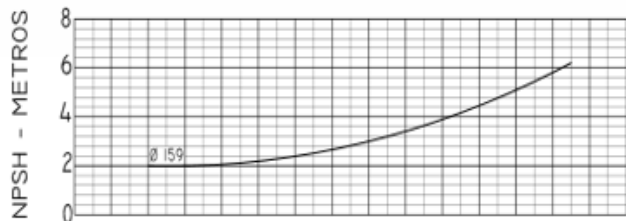
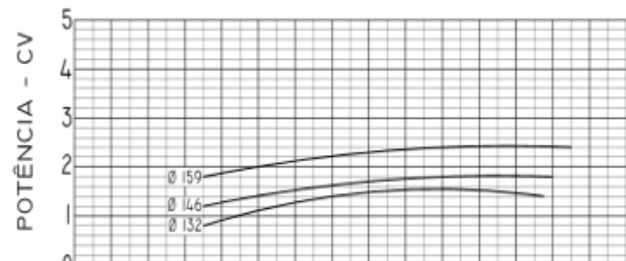
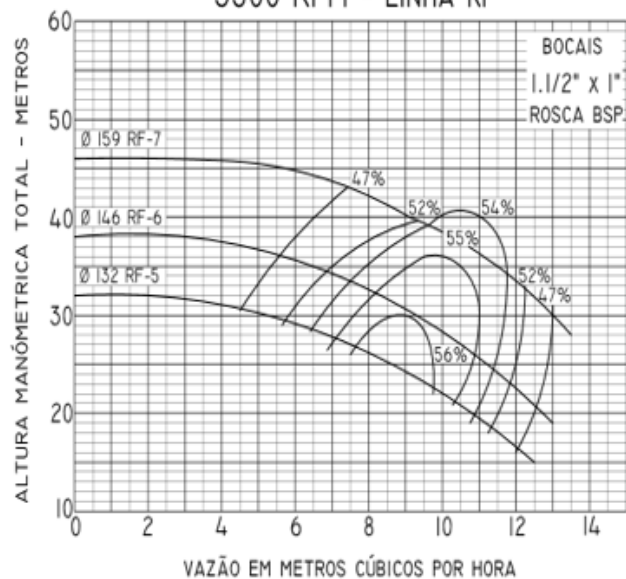






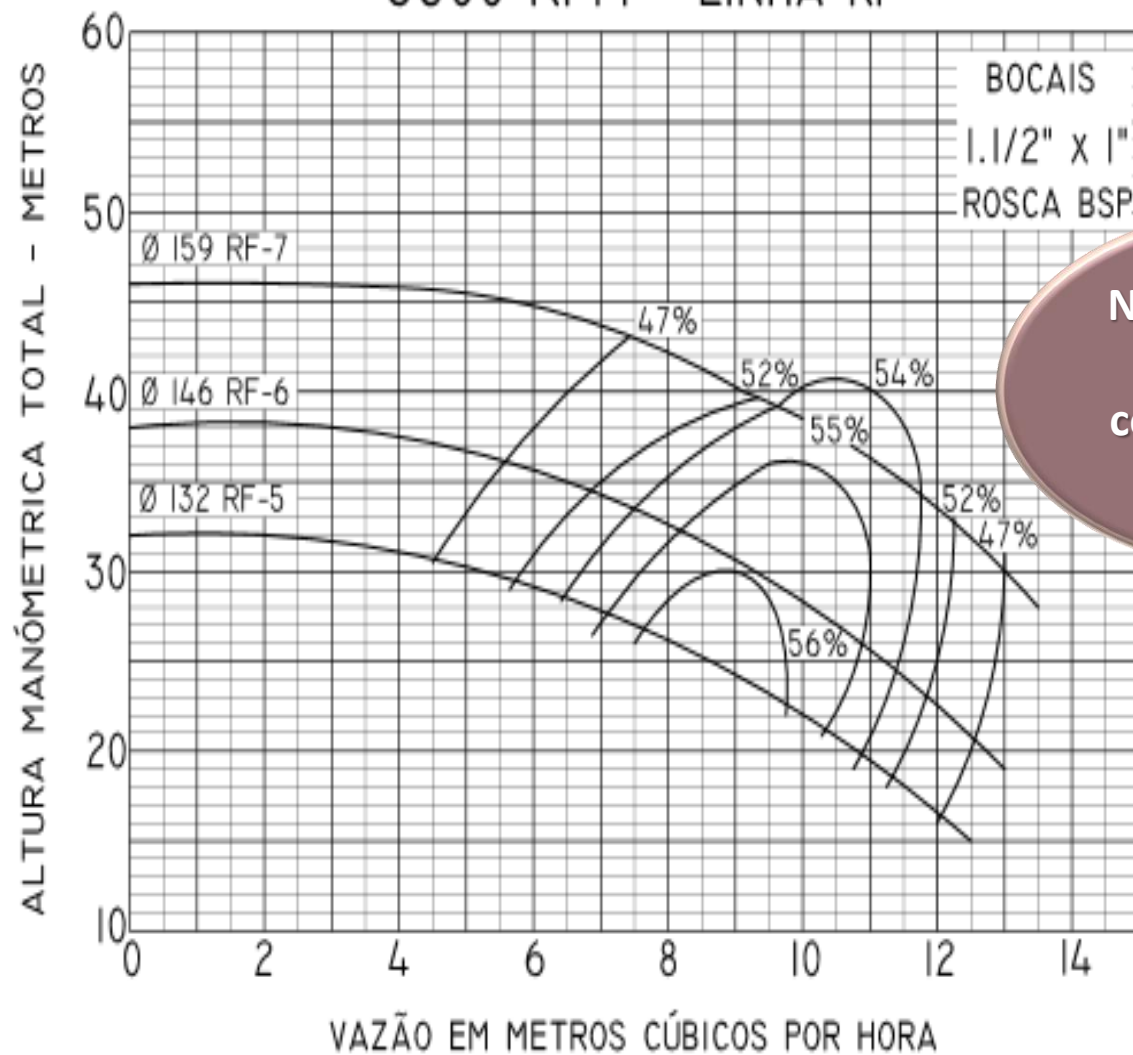
RUDC INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA

3500 RPM - LINHA RF



RUDC INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA

3500 RPM - LINHA RF



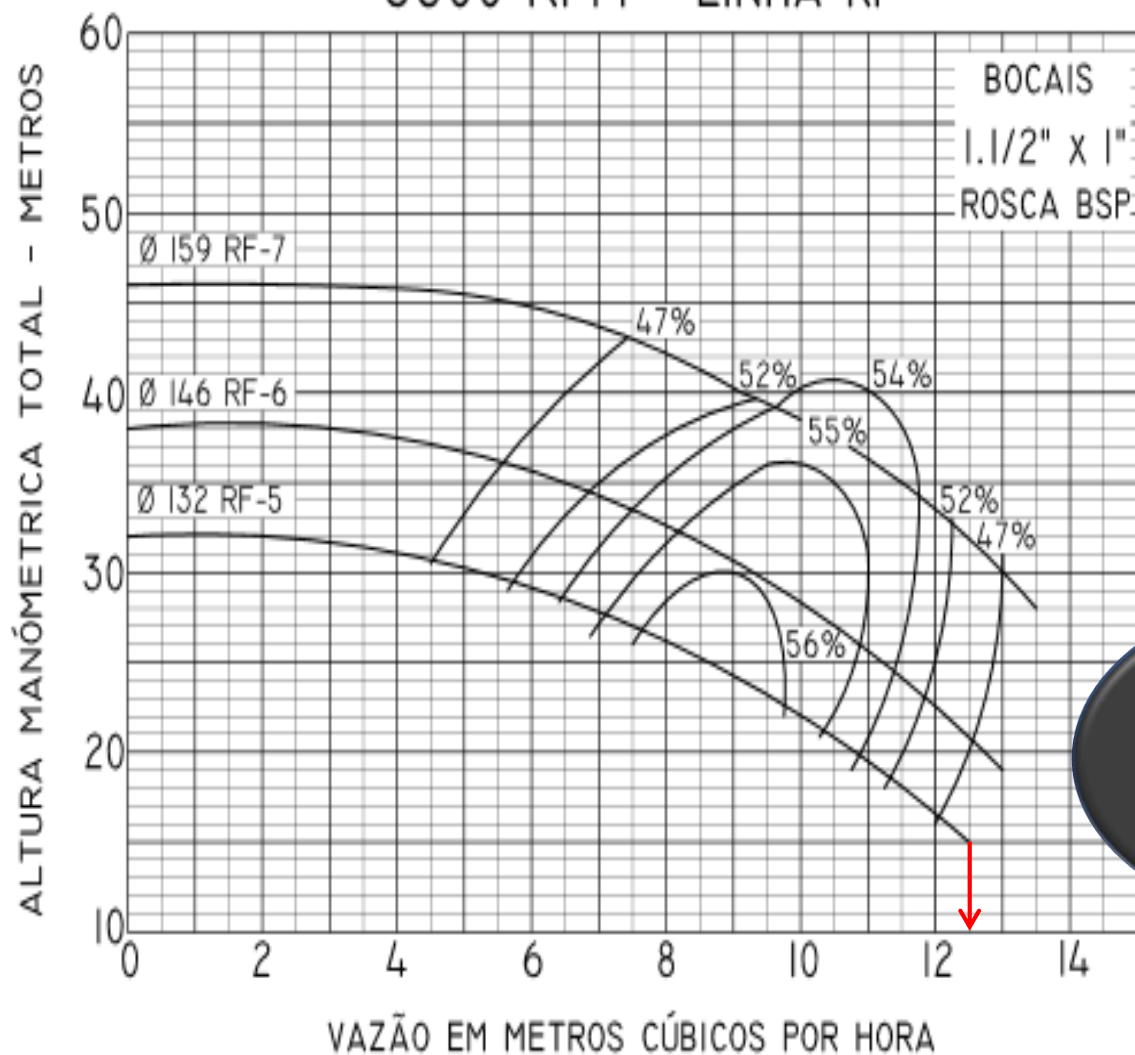
Neste problema,  
vamos  
considerar parte  
delas!



**RUDC**  
**BOMBAS**

RUDC INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA

3500 RPM - LINHA RF



Infelizmente não e para demonstrar esta minha resposta, após escrever a equação da CCI, mostrarei a determinação do ponto de trabalho!

Acredito que a vazão máxima seria 12,5 m³/h.



$$H_i + H_B = H_f + H_{p_{\text{sucção}}} + H_{p_{\text{recalque}}}$$

A equação da CCI para as instalações com uma entrada e uma saída é obtida aplicando-se a equação da energia da seção inicial a seção final, deixando a mesma em função do(s) coeficiente(s) de perda de carga distribuída(s) e da vazão, já o ponto de trabalho da bomba é obtido no cruzamento da CCI com a CCB!

Dados:  $A_f = A_{2''}$ ;  $z_s = 24 \text{ m}$  e  $Z_e = 2,8 \text{ m}$

$$H_i = z_i + \frac{p_i}{\gamma} + \frac{v_i^2}{2g} = 0$$

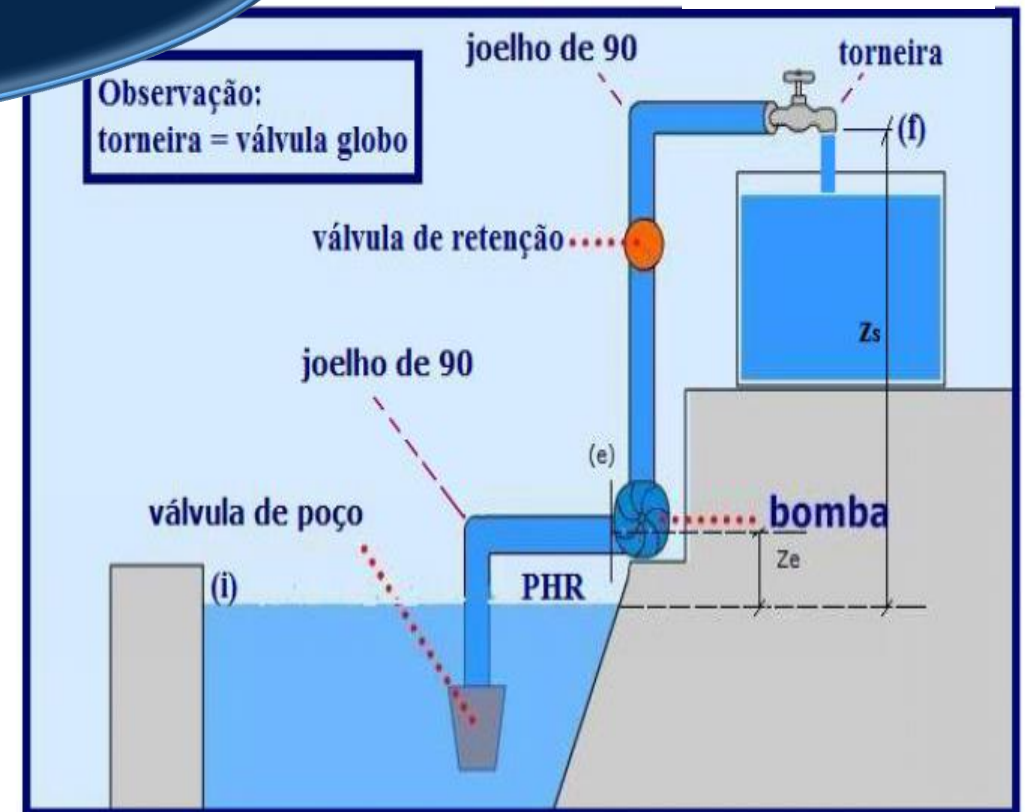
$$H_f = z_f + \frac{p_f}{\gamma} + \frac{\alpha_f v_f^2}{2g} = 24 + \frac{\alpha_f \times Q^2}{19,6 \times (13,1 \times 10^{-4})^2}$$

$$H_f = 24 + 29730,5 \times \alpha_f \times Q^2$$

Trabalhando na escala efetiva, temos a  $p_{\text{atm}} = 0$

$$H_{p_{\text{sucção}}} = H_{p_{2''}}$$

$$H_{p_{\text{recalque}}} = H_{p_{1,5''}}$$



$$0 + H_B = 24 + 29730,5 \times \alpha_f \times Q^2 + H_{p_{2''}} + H_{p_{1,5''}} \Rightarrow H_{pD} = f_D \times \frac{(L + \sum Leq)_D}{D_{H_D}} \times \frac{Q^2}{2g \times A_D^2}$$

$$H_B = 24 + 29730,5 \times \alpha_f \times Q^2 + f_{2''} \times \frac{(3,2 + 21,69)}{0,0525} \times \frac{Q^2}{19,6 \times (21,7 \times 10^{-4})^2} + f_{1,5''} \times \frac{(28,2 + 33,2)}{0,0408} \times \frac{Q^2}{19,6 \times (13,1 \times 10^{-4})^2}$$

$$H_B = 24 + 29730,5 \times \alpha_f \times Q^2 + 0,0247 \times 5136769,3 \times Q^2 + 0,0245 \times 44741397,6 \times Q^2$$

$$H_B = 24 + 29730,5 \times \alpha_f \times Q^2 + 1223042,5 \times Q^2$$

$$L_{\text{sucção}} = 3,2 \text{ m}$$

$$L_{\text{recalque}} = 28,2 \text{ m}$$

Singularidade e diâmetro	Leq (m)
--------------------------	---------

Válvula de poço de 2"	19,81
-----------------------	-------

Joelho de 90° de 2"	1,88
---------------------	------

Válvula de retenção de 1,5"	17,07
-----------------------------	-------

Joelho de 90° de 1,5"	1,41
-----------------------	------

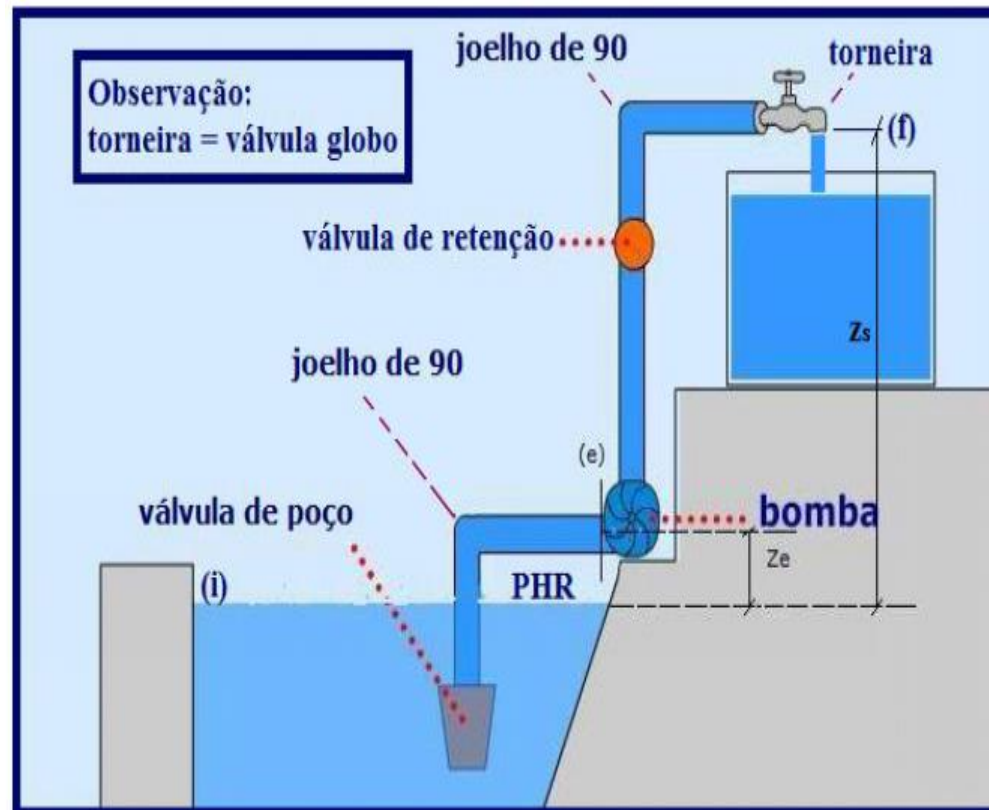
Torneira de 1,5"	13,72
------------------	-------

Saída da torneira	1
-------------------	---

Tubo de aço e D <sub>N</sub> em "	f <sub>médio</sub>
-----------------------------------	--------------------

2,0	0,0247
-----	--------

1,5	0,0245
-----	--------

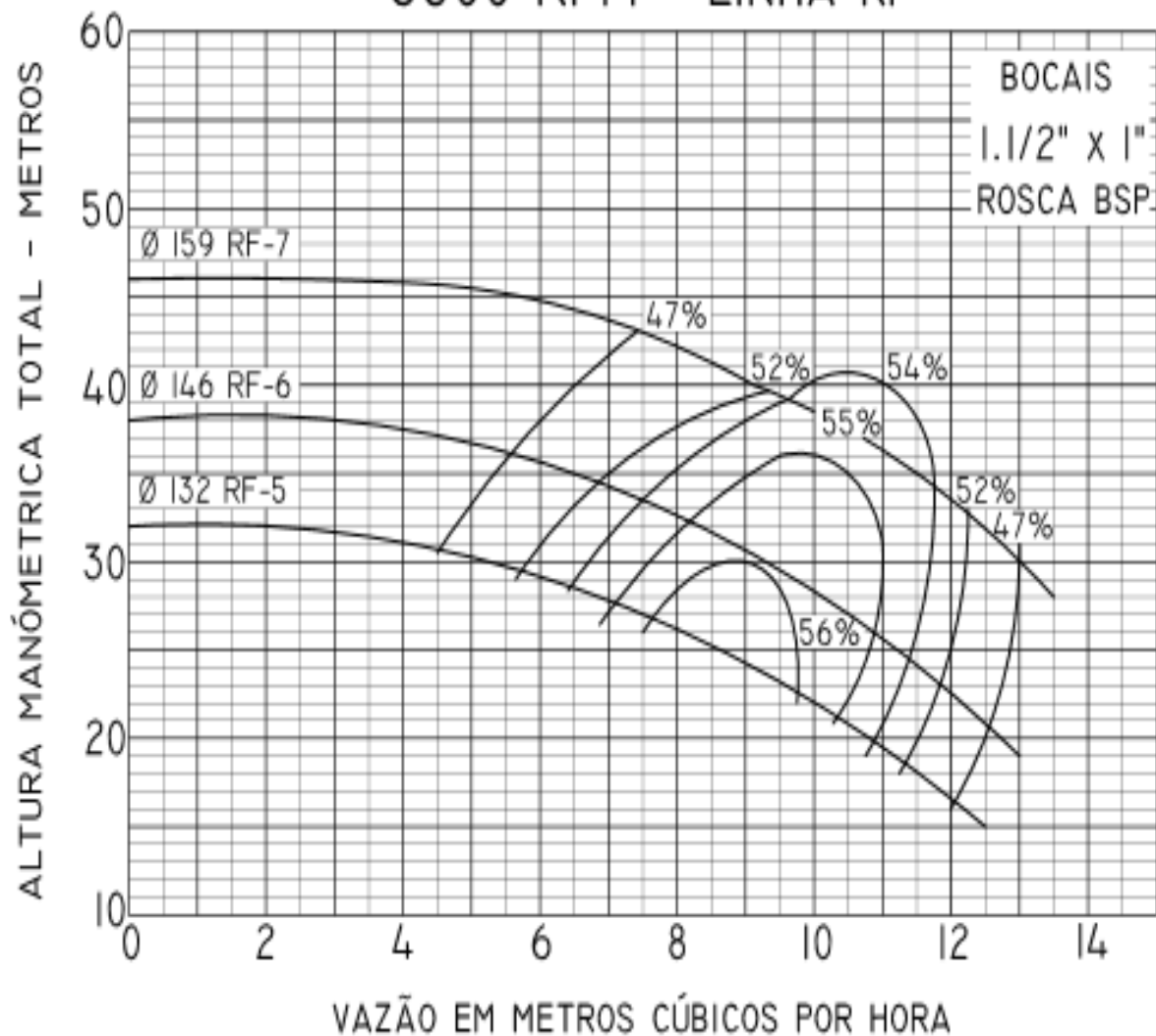




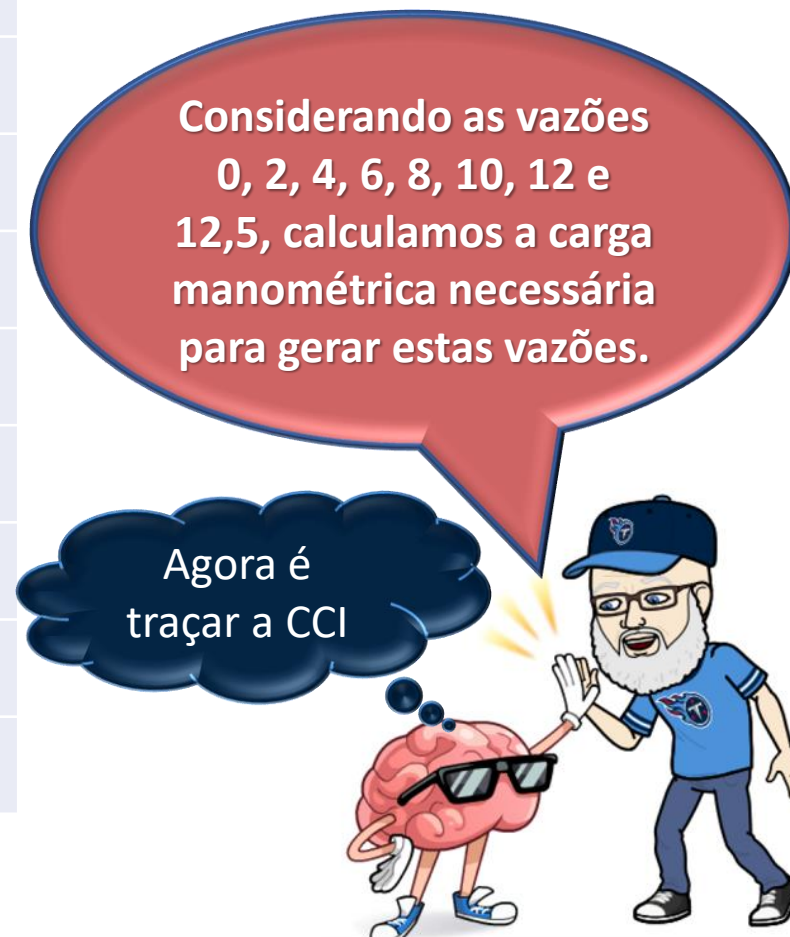
RUDC INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA

3500 RPM - LINHA RF

$$H_B = 24 + 29730,5 \times \alpha_f \times Q^2 + 1223042,5 \times Q^2$$



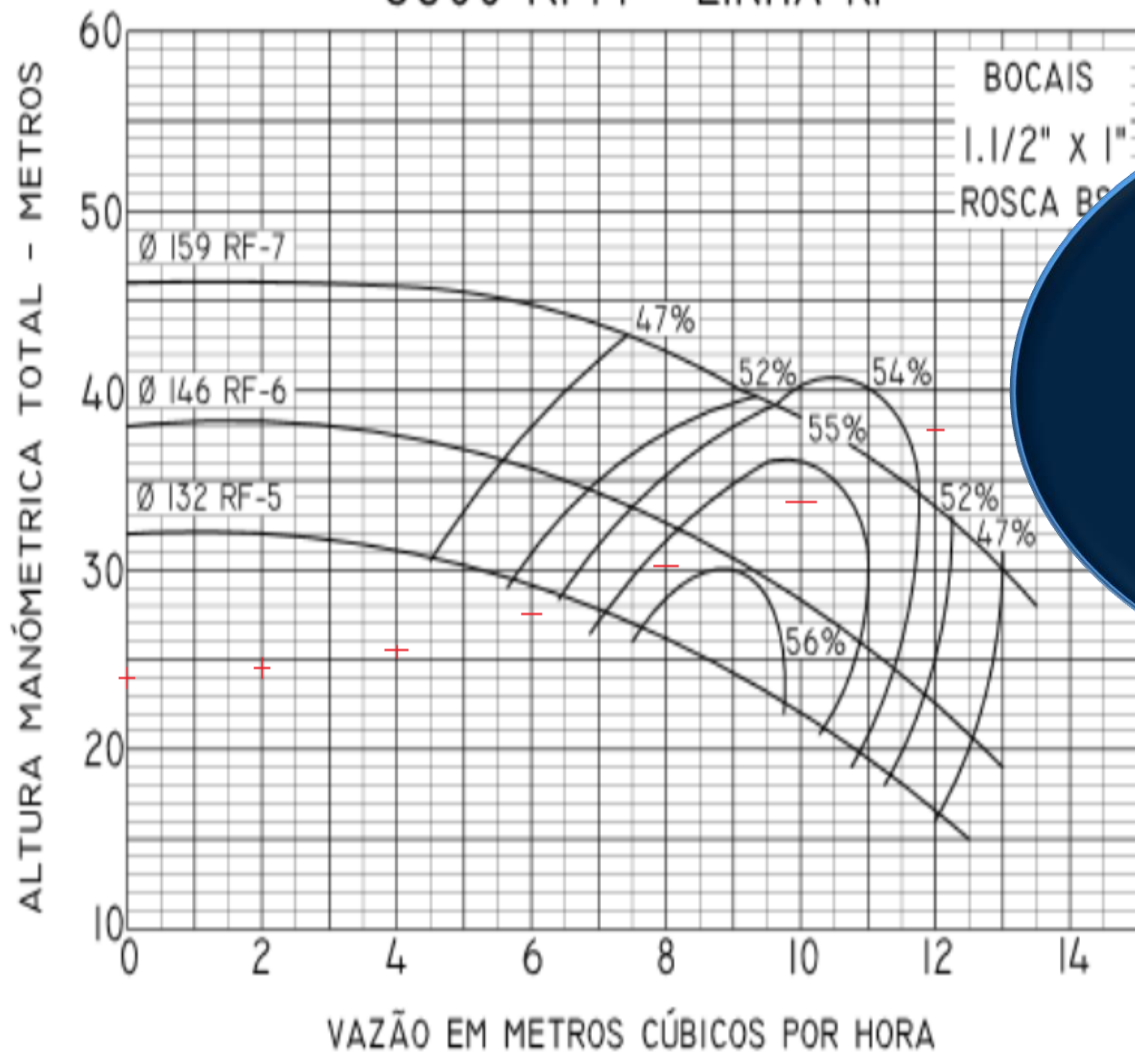
Q(m <sup>3</sup> /h)	H <sub>B</sub> (m)
0	24
2	24,4
4	25,5
6	27,5
8	30,2
10	33,7
12	37,9
12,5	39,1





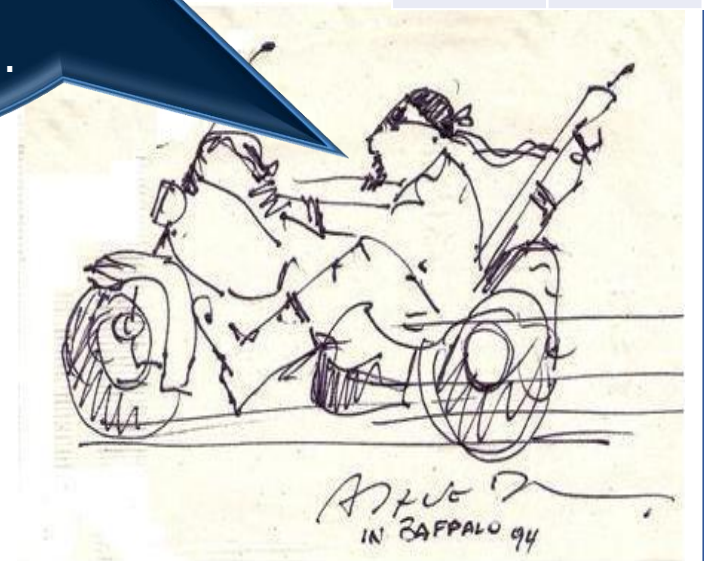
RUDC INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA

3500 RPM - LINHA RF



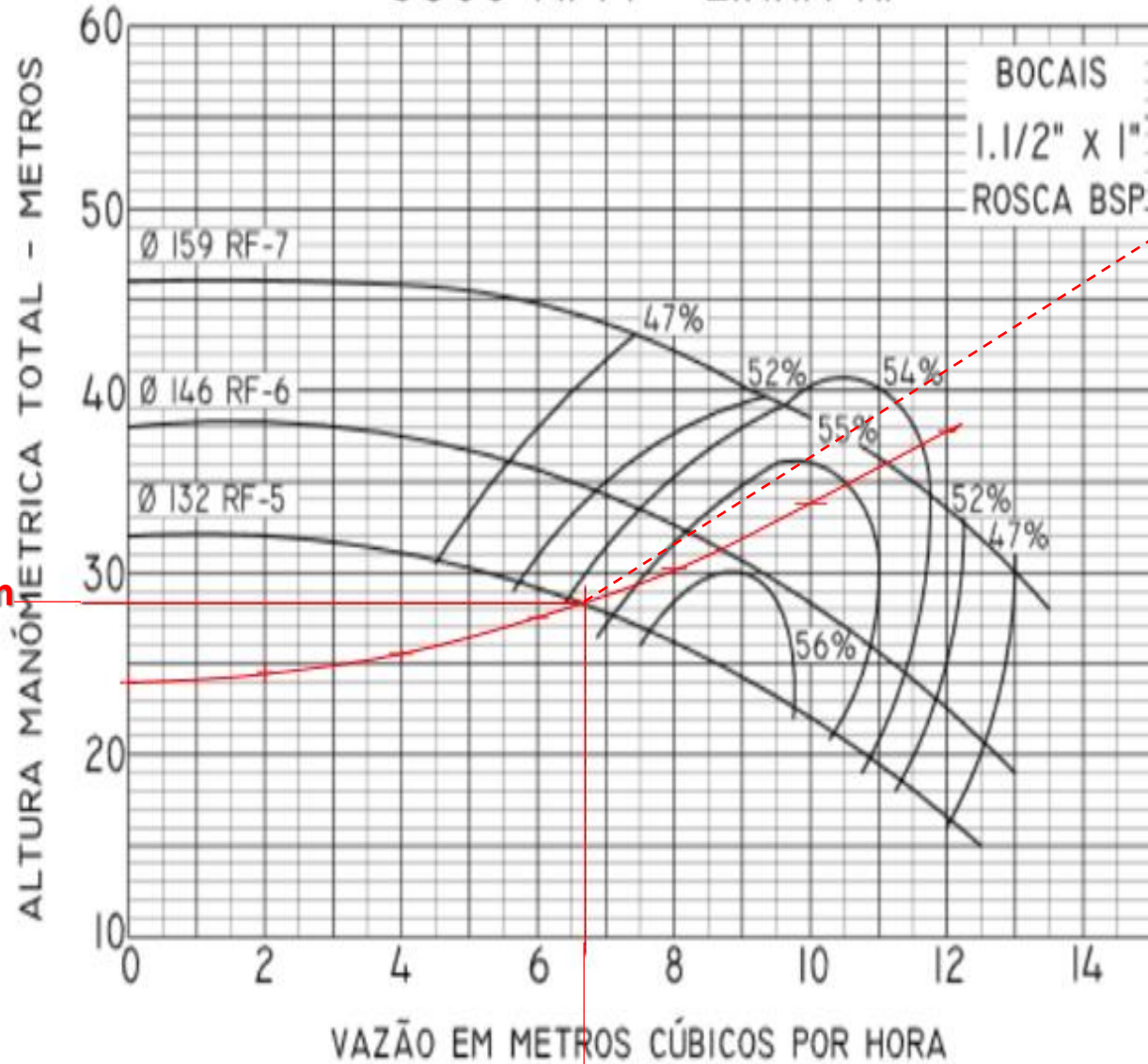
Traçando a CCI, no cruzamento dela com a CCB da RF-5, obtemos para o ponto de trabalho: a vazão máxima de escoamento; a carga manométrica correspondente e o rendimento da bomba.

Q(m <sup>3</sup> /h)	H <sub>B</sub> (m)
0	24
2	24,4
4	25,5
6	27,5
8	30,2
10	33,7
12	37,9
12,5	39,1



# BOMBAS

3500 RPM - LINHA RF



$H_B = 28,2 \text{ m}$

$Q = 6,7 \text{ m}^3/\text{h}$

$\eta_B = 54,3\%$

A vazão no ponto de trabalho é bem diferente dos  $12,5 \text{ m}^3/\text{h}$

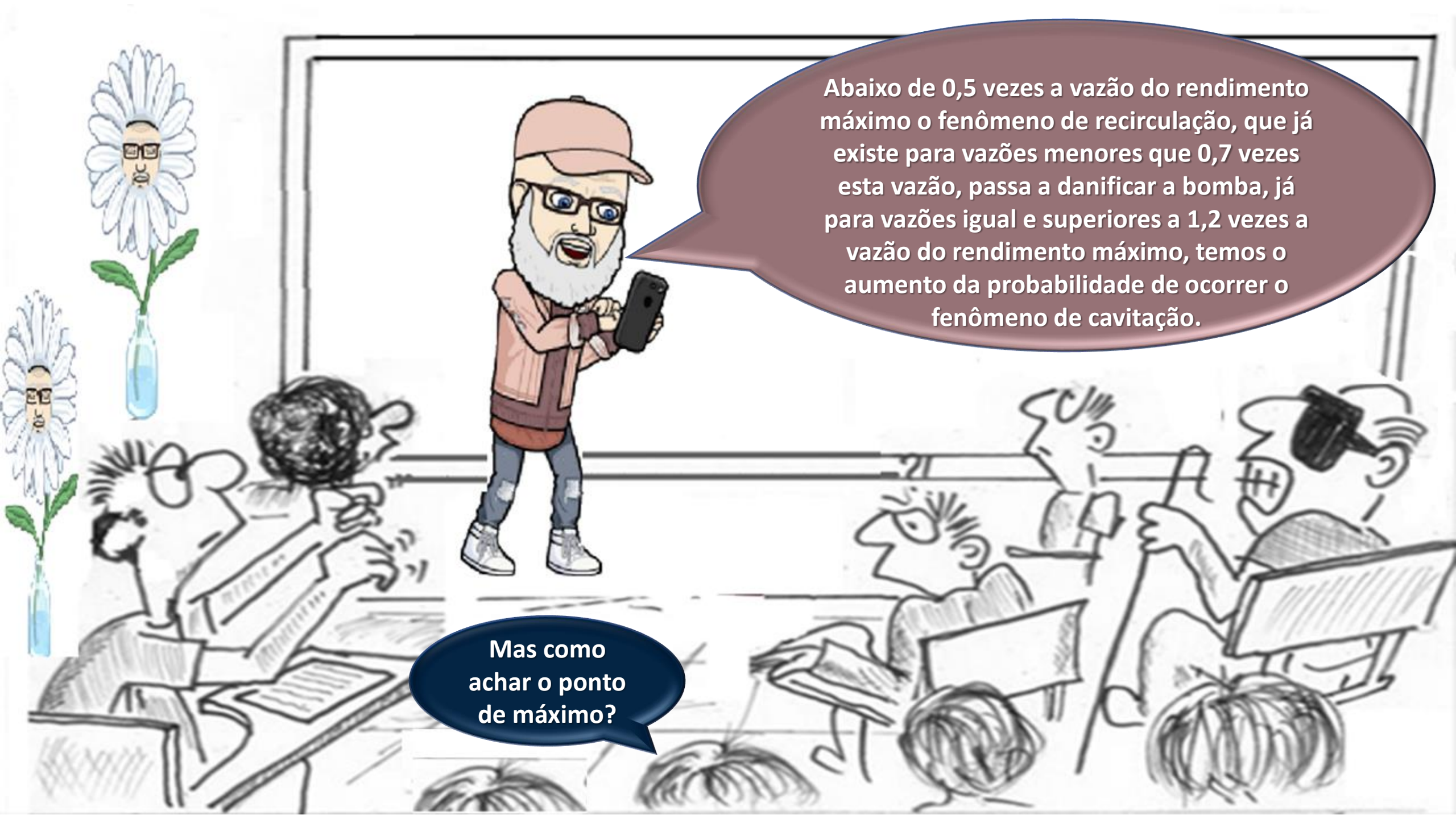




Importante aqui mencionar que existe uma região ideal para o funcionamento da bomba selecionada para isto devemos ler a sua vazão para o rendimento máximo e aí estabelecer que deve operar de 0,5 vezes esta vazão e 1,2 vezes a mesma.

Por que?





Abaixo de 0,5 vezes a vazão do rendimento máximo o fenômeno de recirculação, que já existe para vazões menores que 0,7 vezes esta vazão, passa a danificar a bomba, já para vazões igual e superiores a 1,2 vezes a vazão do rendimento máximo, temos o aumento da probabilidade de ocorrer o fenômeno de cavitação.

Mas como achar o ponto de máximo?



Primeiro obtendo a equação que representada a curva do rendimento da bomba em função da vazão e para isto através das curvas fornecidas pelo fabricante , temos:

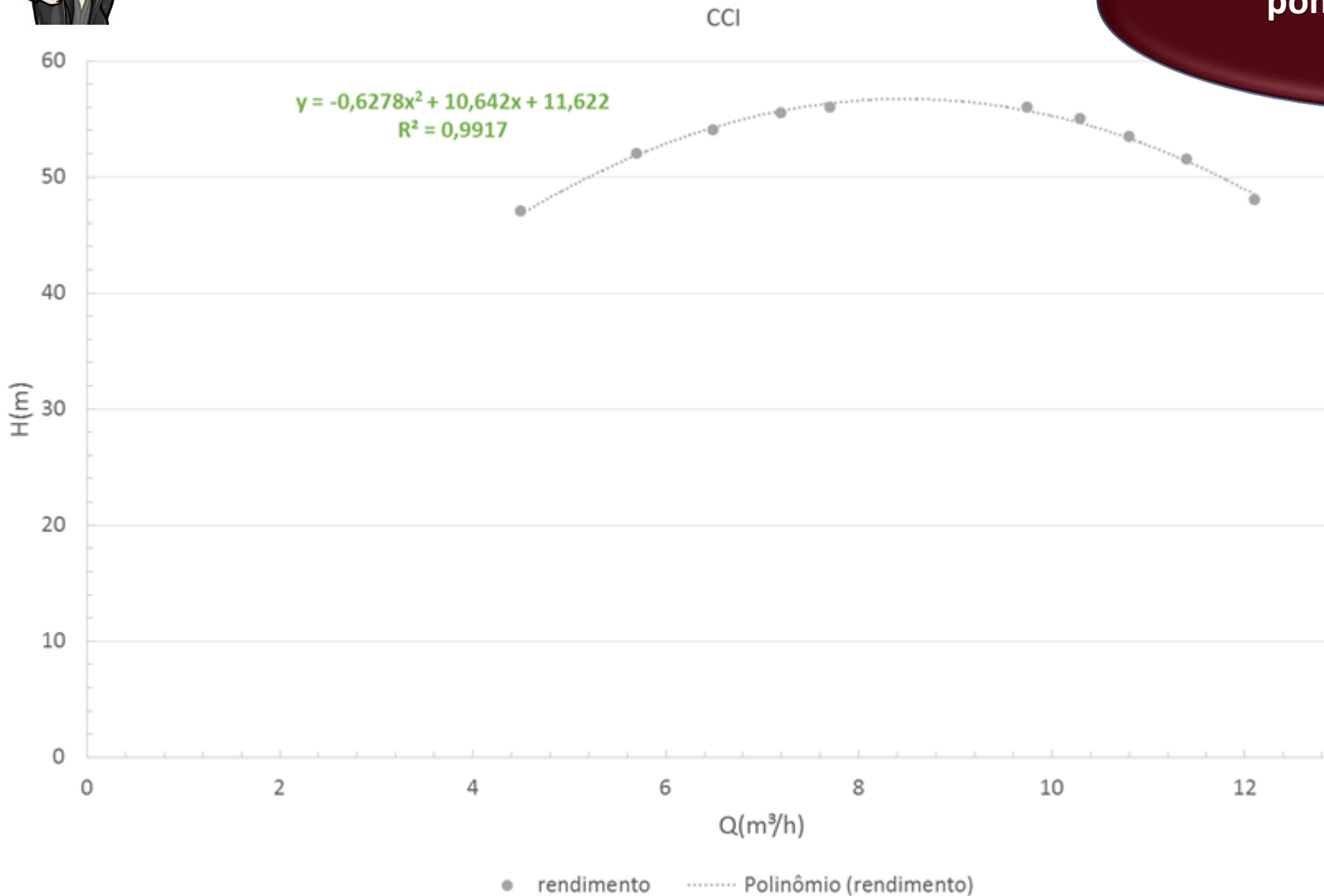


E com esta tabela e o Excel, obtemos a equação procurada.

Q(m <sup>3</sup> /h)	$\eta_B$ (%)
4,5	47
5,7	52
6,49	54
7,2	55,5
7,7	56
9,75	56
10,3	55
10,8	53,5
11,4	51,5
12,1	48

Ummmm...





Recorremos aos conceitos de ponto de máximo e isto resulta:



$$\eta_B = -0,6278 \times Q^2 + 10,642 \times Q + 11,622$$

$$\frac{d\eta_B}{dQ} = 0 \Rightarrow Q_{\eta_{Bmax}}$$

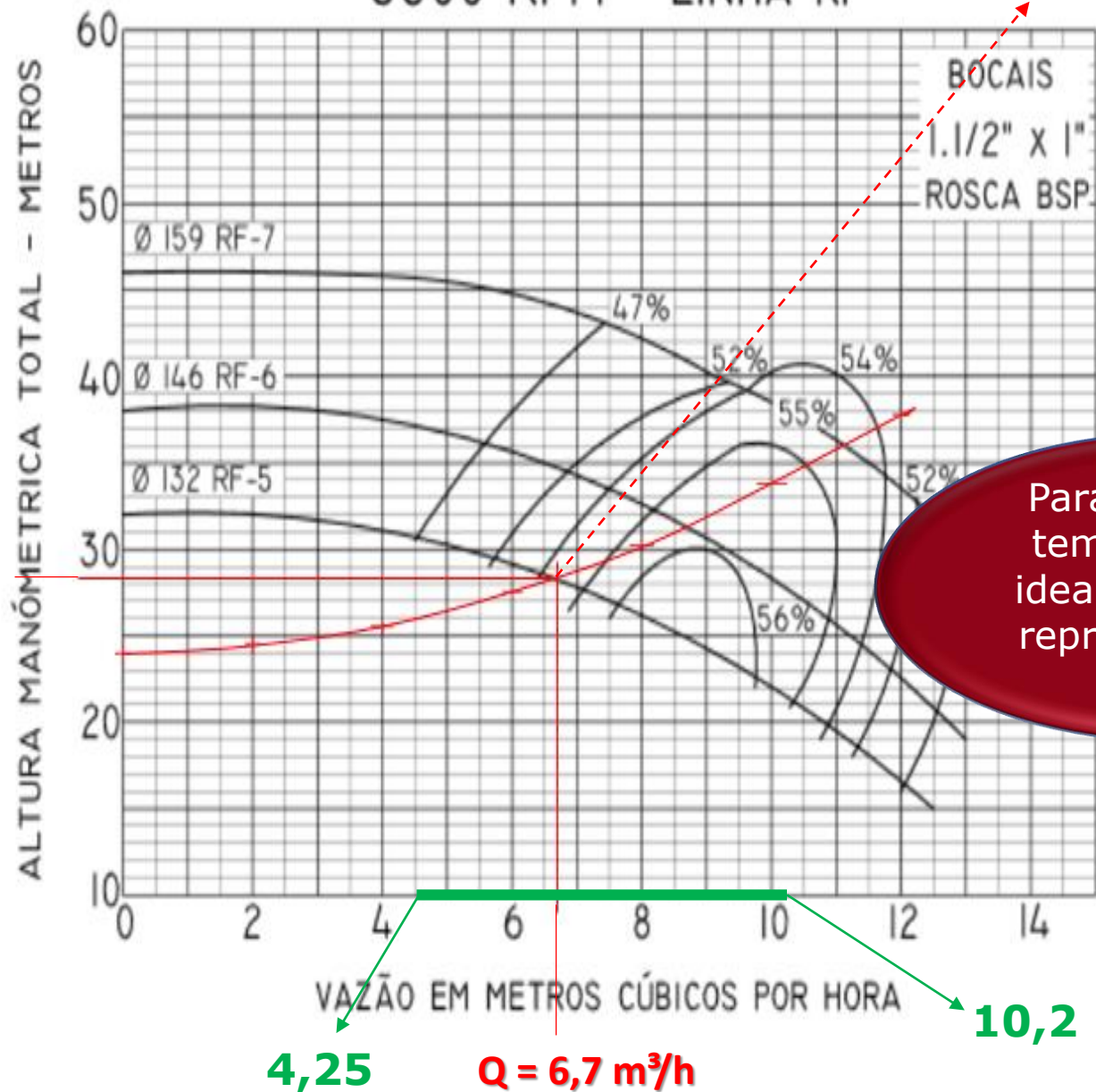
$$-0,6278 \times 2 \times Q_{\eta_{Bmax}} + 10,642 = 0$$

$$\therefore Q_{\eta_{Bmax}} \cong 8,5 \frac{m^3}{h}$$

# BOMBAS

3500 RPM - LINHA RF

$\eta_B = 54,3\%$



$$Q_{\eta_{Bmax}} \cong 8,5 \frac{m^3}{h}$$

$$0,5 \times Q_{\eta_{Bmax}} = 4,25 \frac{m^3}{h}$$

$$1,2 \times Q_{\eta_{Bmax}} = 10,2 \frac{m^3}{h}$$

$HB = 28,2 \text{ m}$

Para o exemplo temos a região ideal de trabalho representada na figura



**Cerca de 80% da água consumida nas cidades  
vira esgoto**



No Brasil, as políticas e os investimentos em recursos hídricos precisam ser eficientes para defender as bacias, preservar as florestas, os rios, os mananciais e, ainda, promover o tratamento do esgoto em todas as cidades.

Juntos podemos  
mudar esta  
realidade, então  
não ignore sua  
responsabilidade!

