Aula 4 de ME5330

Segundo semestre de 2012


Vamos evocar o conceito da CCI e escrevê-la para uma instalação hidráulica com apenas um diâmetro e que tenha carga cinética somente na seção final.
LIXO

$$H_S = (z_f - z_i) + \frac{(p_f - p_i)}{\gamma} + \frac{\alpha_f \times Q^2}{2g \times A^2} + f \times \frac{\left(L + \sum Leq\right)}{D_H} \times \frac{Q^2}{2g \times A^2}$$

$$H_S = (z_f - z_i) + \frac{(p_f - p_i)}{\gamma} + \left(\frac{\alpha_f}{2g \times A^2} + f \times \frac{\left(L + \sum Leq\right)}{D_H} \times \frac{1}{2g \times A^2} \right) \times Q^2$$

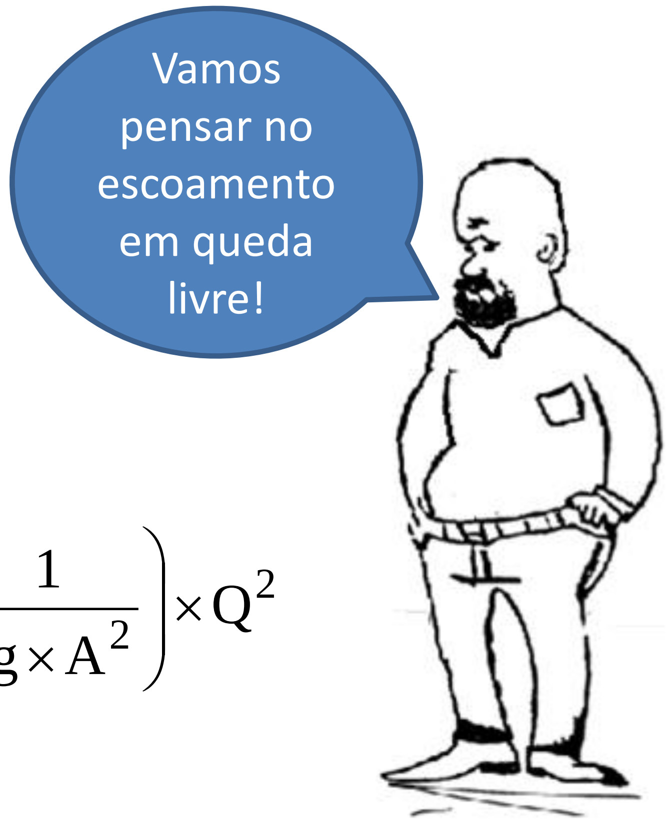
$$\text{Termo que não depende da vazão} = H_{\text{estática}}$$

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

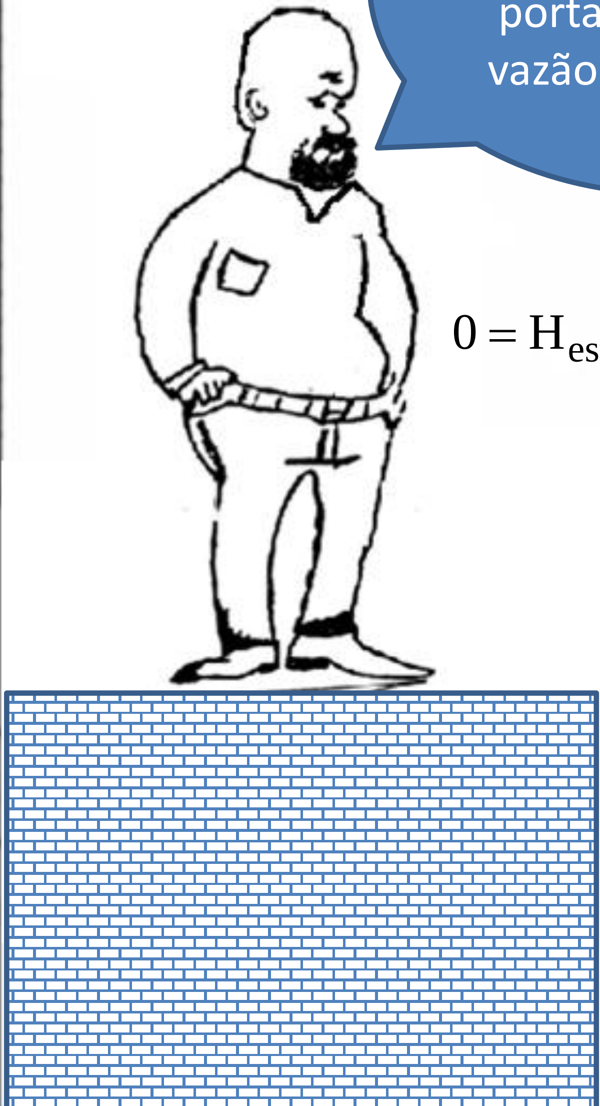
Termo que depende da vazão é positivo:

$$\frac{\alpha_f}{2g \times A^2} + f \times \frac{\left(L + \sum Leq\right)}{D_H} \times \frac{1}{2g \times A^2} > 0$$

$$H_S = H_{\text{estática}} + \left(\frac{\alpha_f}{2g \times A^2} + f \times \frac{\left(L + \sum Leq\right)}{D_H} \times \frac{1}{2g \times A^2} \right) \times Q^2$$



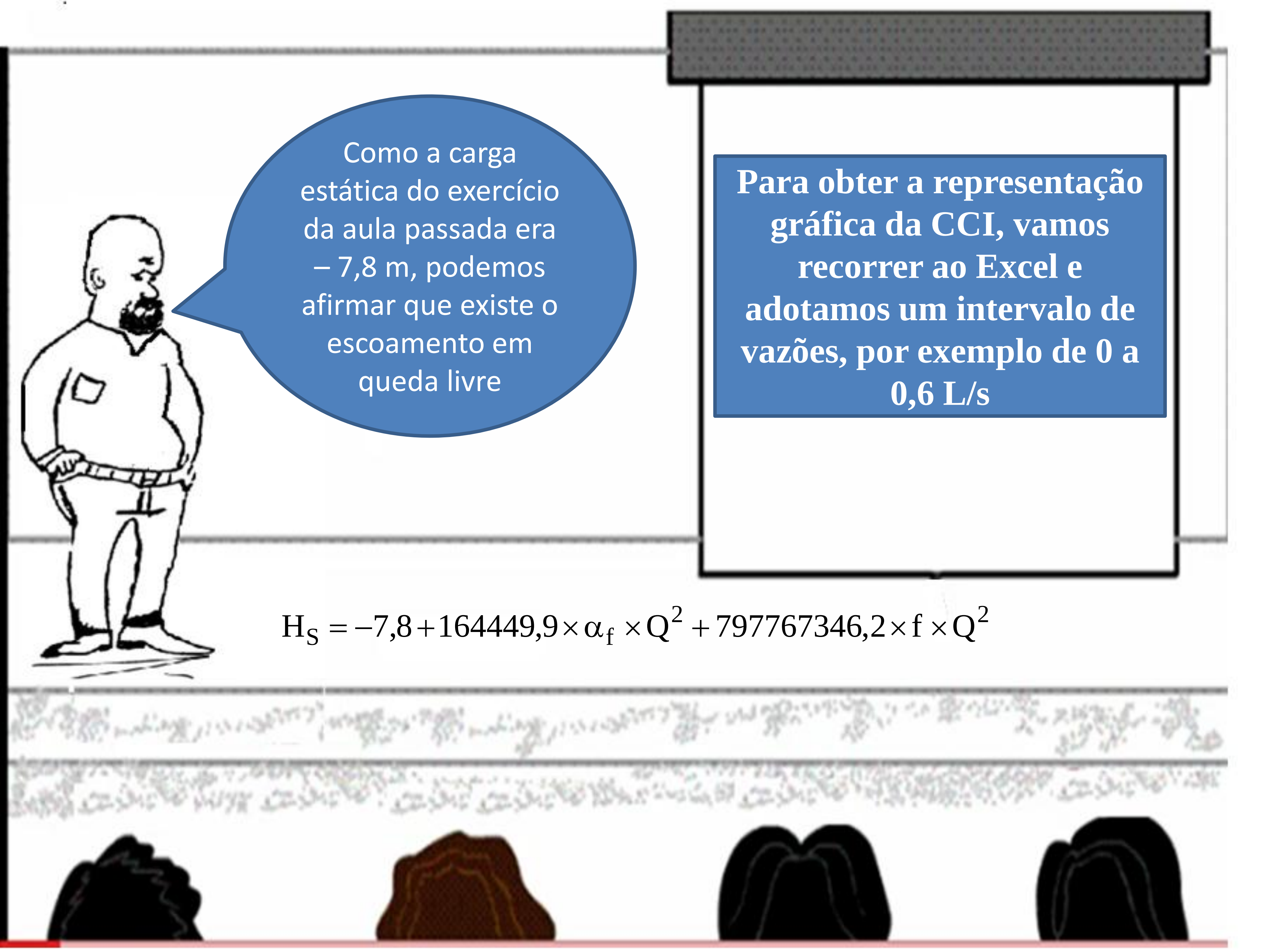
Queda livre não existe bomba, portanto para sua vazão temos $H_S = 0$



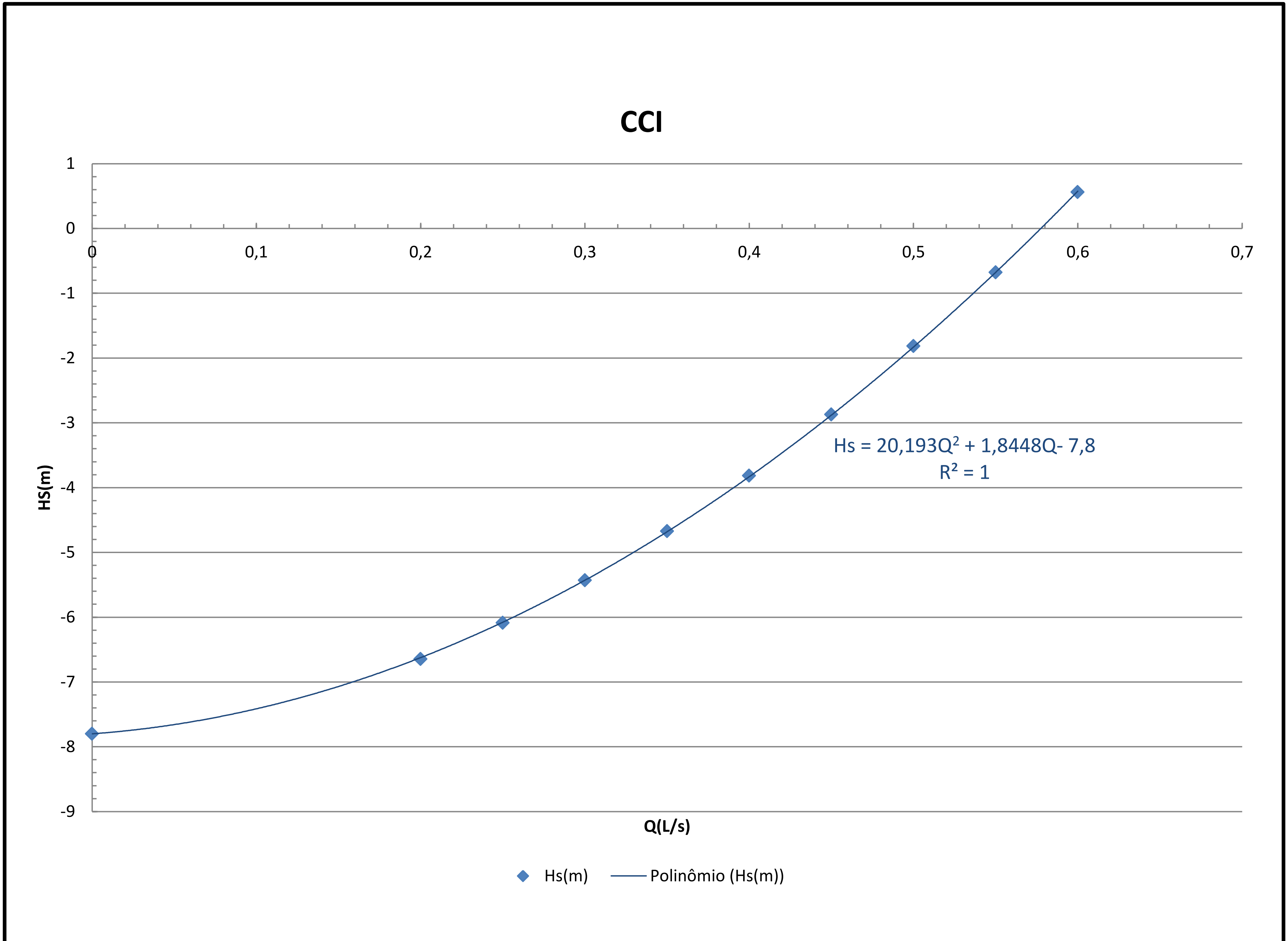
$$0 = H_{estática} + \left(\frac{\alpha_f}{2g \times A^2} + f \times \frac{\left(L + \sum Leq\right)}{D_H} \times \frac{1}{2g \times A^2} \right) \times Q^2_{queda\_livre}$$

A CARGA ESTÁTICA TEM QUE SER NEGATIVA PARA EXISTIR O ESCOAMENTO EM QUEDA LIVRE!

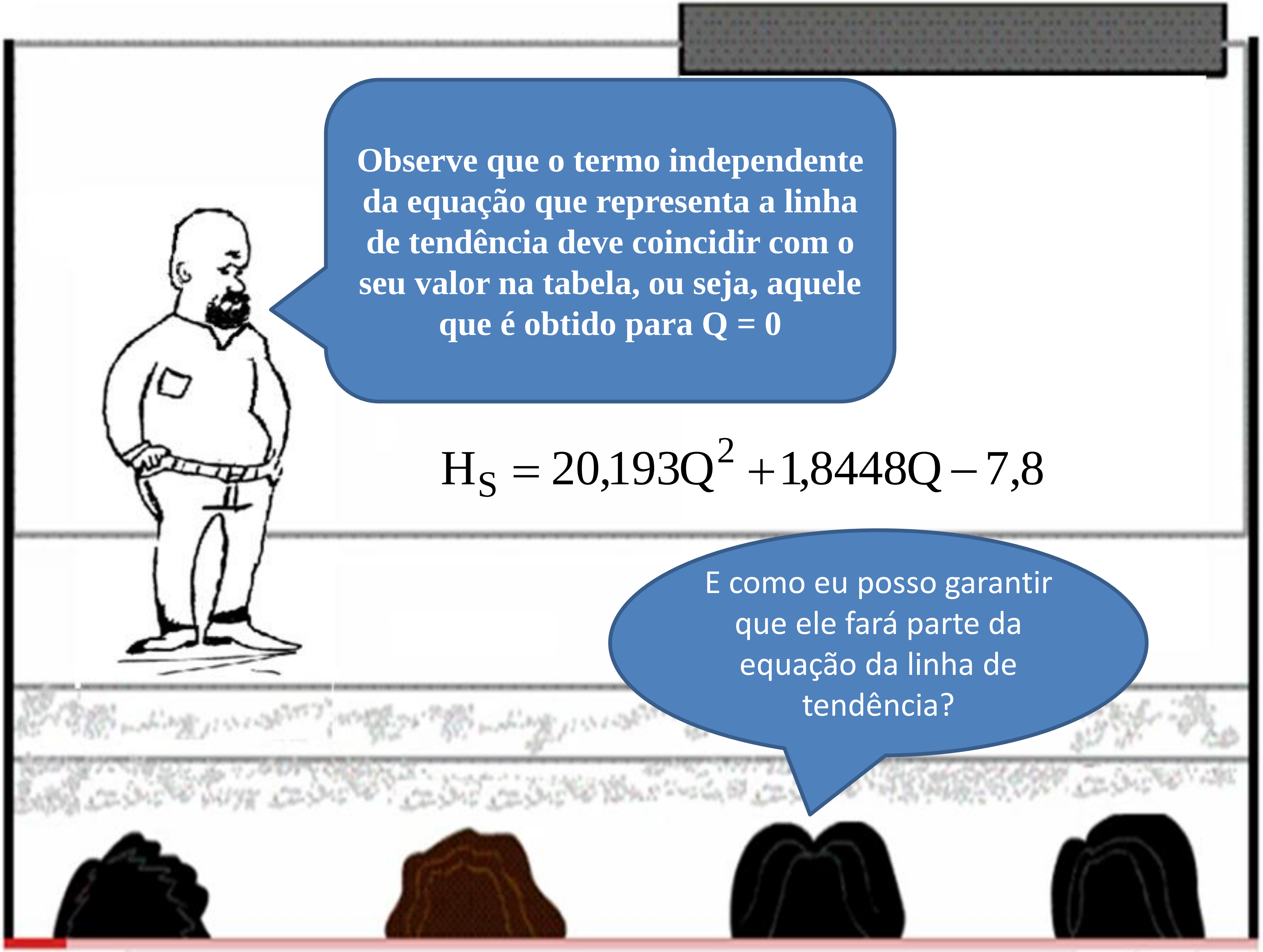
$$Q_{qL} = \sqrt{\frac{-H_{estatica}}{\left[\alpha_f + f \times \frac{\left(L + \sum Leq\right)}{D_H}\right] \times \frac{1}{2g \times A^2}}}$$


Como a carga estática do exercício da aula passada era – 7,8 m, podemos afirmar que existe o escoamento em queda livre
Para obter a representação gráfica da CCI, vamos recorrer ao Excel e adotamos um intervalo de vazões, por exemplo de 0 a 0,6 L/s
$$H_S = -7{,}8 + 164449{,}9 \times \alpha_f \times Q^2 + 797767346{,}2 \times f \times Q^2$$

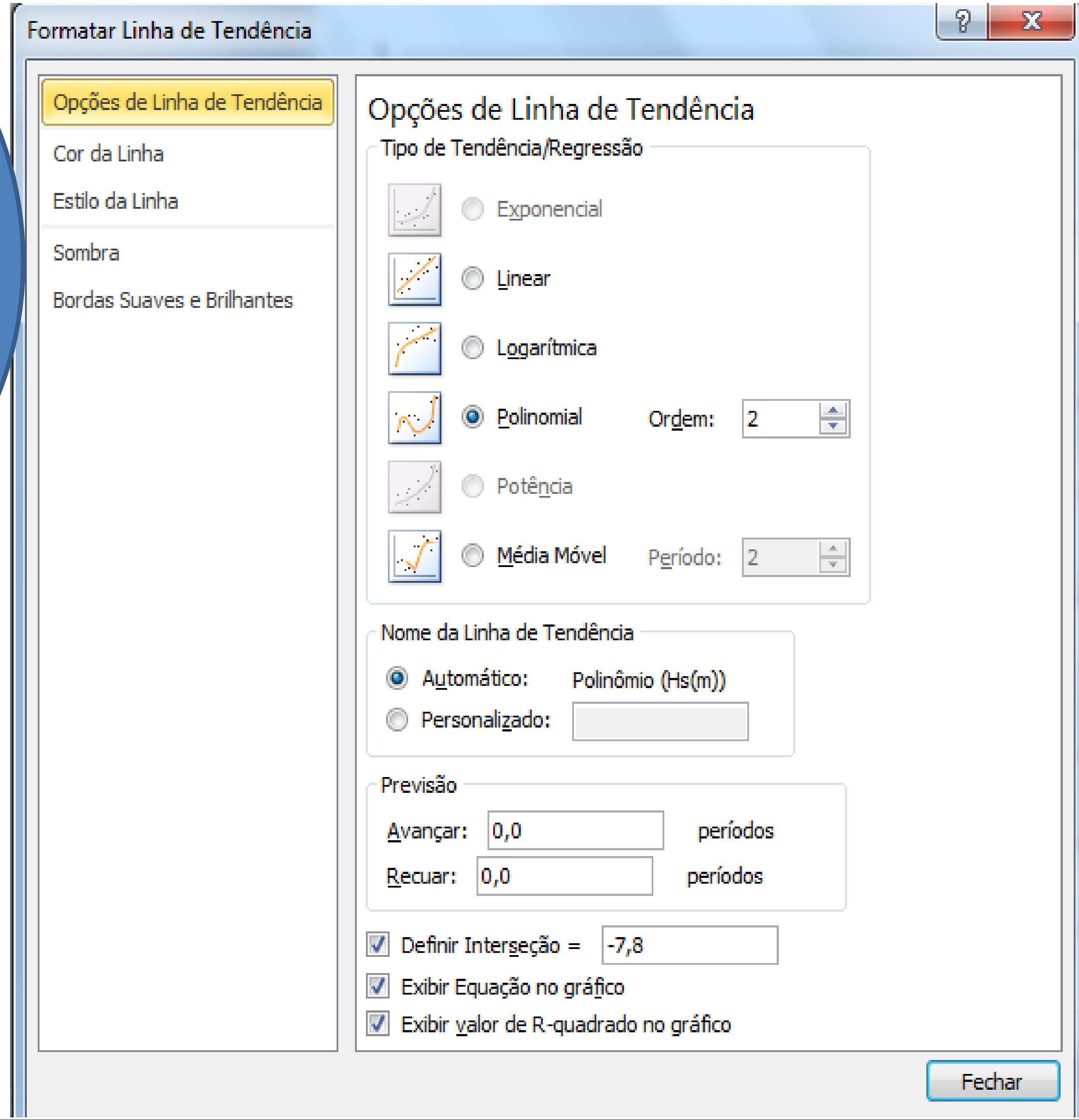
Q (L/s)	f	Re	α	Hs(m)
0				-7,8
0,2	0,0359	7727	1	-6,6
0,25	0,0341	9659	1	-6,1
0,3	0,0328	11591	1	-5,4
0,35	0,0318	13523	1	-4,7
0,4	0,031	15455	1	-3,8
0,45	0,0303	17387	1	-2,9
0,5	0,0298	19319	1	-1,8
0,55	0,0293	21251	1	-0,679
0,6	0,0289	23182	1	0,559

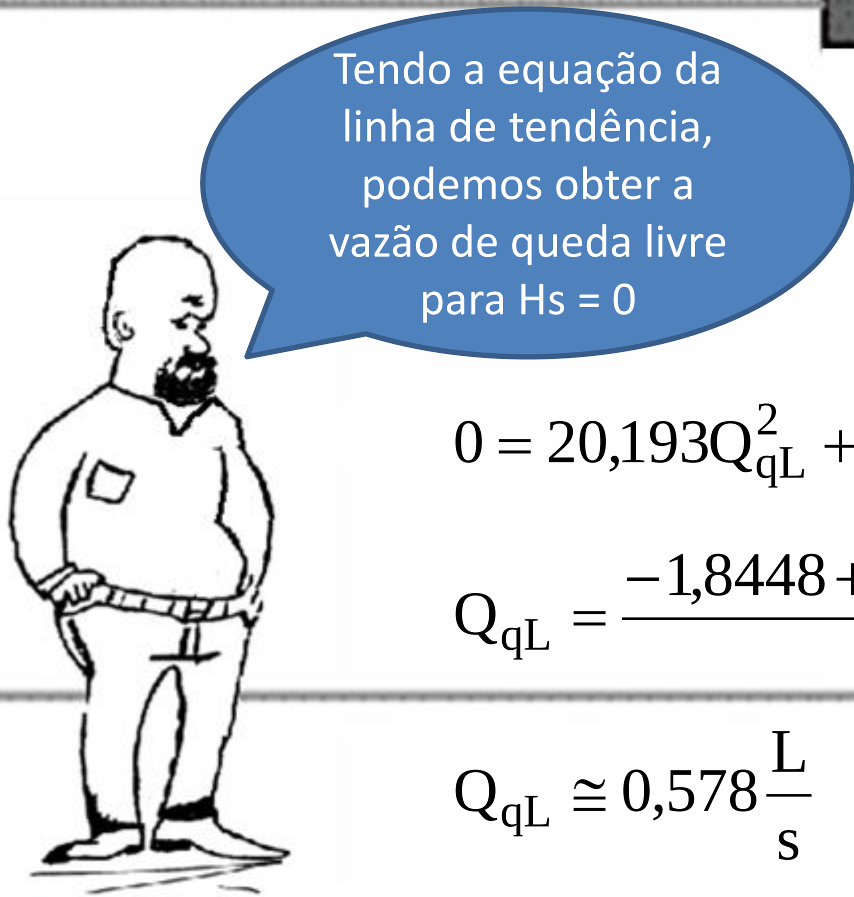


CCI
1
0
-1
-2
-3
-4
-5
-6
-7
-8
-9
0
0,1
0,2
0,3
0,4
0,5
0,6
0,7
HS(m)
Q(L/s)
Hs = 20,193Q2 + 1,8448Q- 7,8
R2 = 1
Hs(m)
Polinômio (Hs(m))


Observe que o termo independente da equação que representa a linha de tendência deve coincidir com o seu valor na tabela, ou seja, aquele que é obtido para Q = 0
$H_S = 20{,}193Q^2 + 1{,}8448Q - 7{,}8$
E como eu posso garantir que ele fará parte da equação da linha de tendência?

Para que o termo independente da equação da linha de tendência esteja correta nós devemos definir a sua interseção, vide quadro do Excel ao lado.





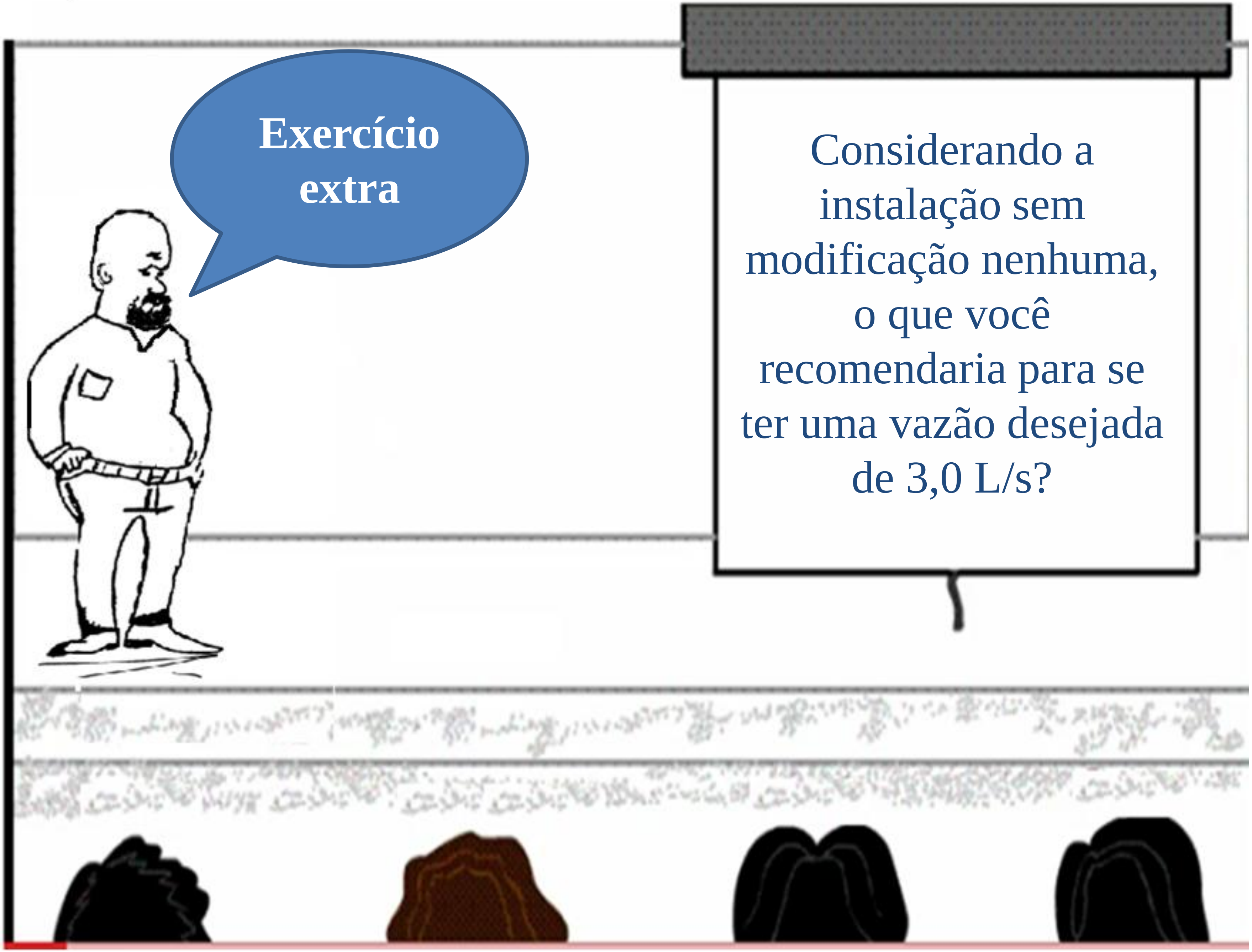
$$0 = 20{,}193Q_{qL}^2 + 1{,}8448Q_{qL} - 7{,}8$$

$$Q_{qL} = \frac{-1{,}8448 + \sqrt{1{,}8448^2 + 4 \times 20{,}193 \times 7{,}8}}{2 \times 20{,}193}$$

$$Q_{qL} \cong 0{,}578\frac{L}{s}$$

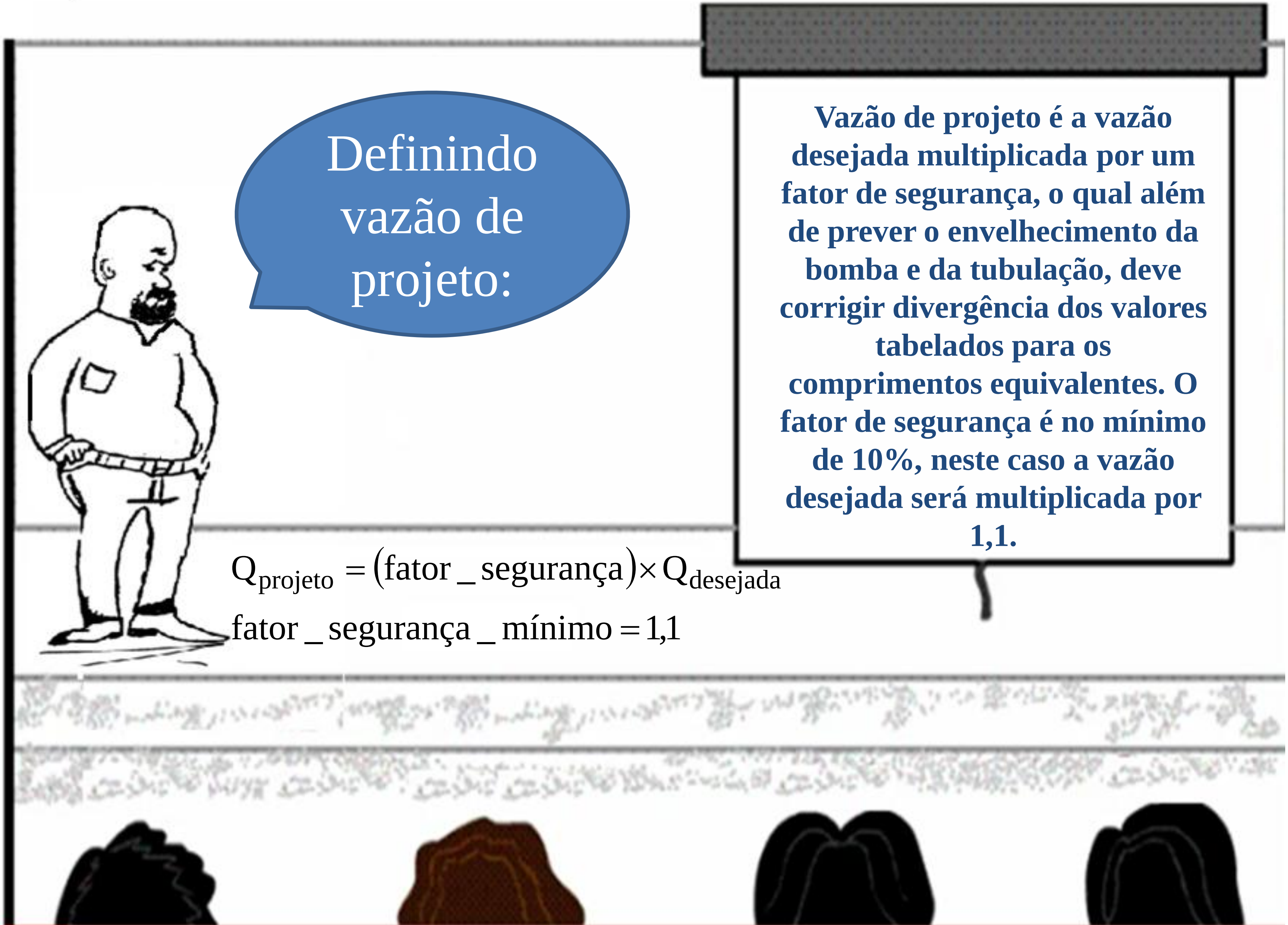
Outra maneira para determinação da vazão de queda livre: método interativo

Q (L/s)	f	Re	α	Hs(m)
0				-7,8
0,2	0,0359	7727	1	-6,6
0,4	0,0310	15455	1	-3,8
0,5	0,0298	19319	1	-1,8
0,57	0,0291	22023	1	-0,204
0,577604	0,0291	22317	1	0,000
0,5778	0,0291	22325	1	0,00531


Exercício extra
Considerando a instalação sem modificação nenhuma, o que você recomendaria para se ter uma vazão desejada de 3,0 L/s?

Desejando a vazão de 3,0 L/s, isto só será possível com a instalação de uma bomba.

E para a sua escolha devemos definir o que denominamos de vazão de projeto.



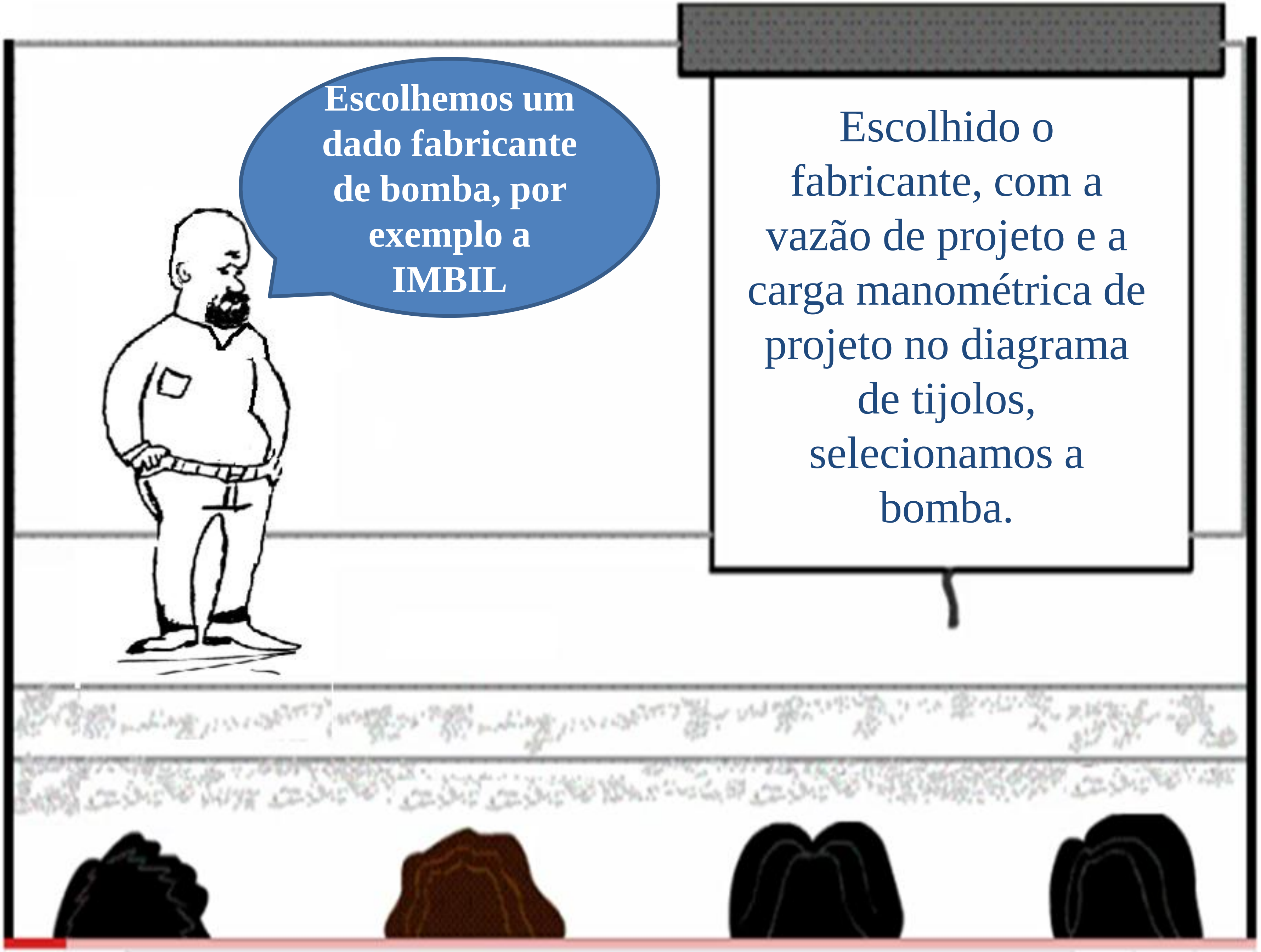
$$Q_{projeto} = (fator\_segurança) \times Q_{desejada}$$

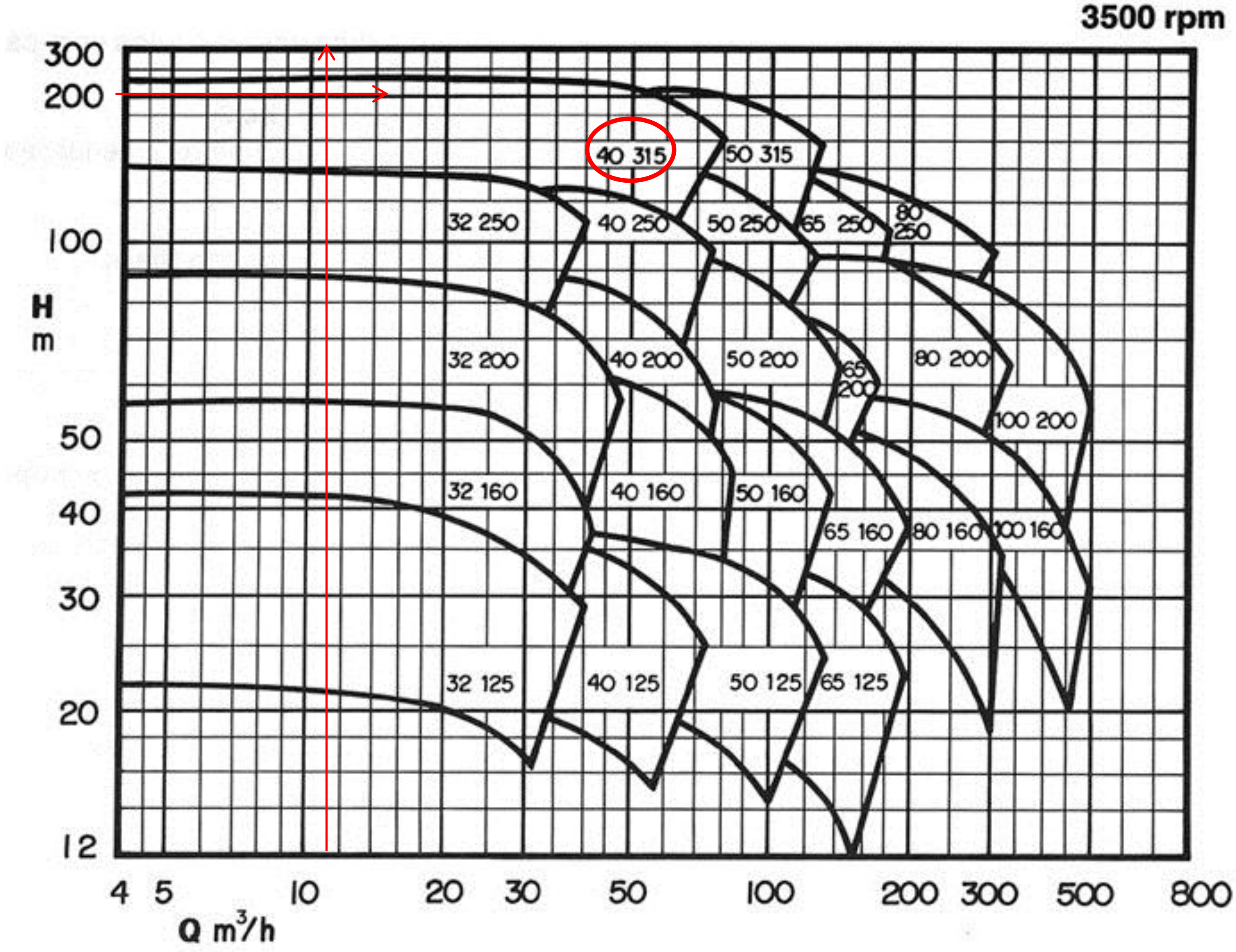
$$fator\_segurança\_mínimo = 1{,}1$$

Definida a vazão de projeto, determinamos o coeficiente de perda de carga distribuída e a carga manométrica de projeto.

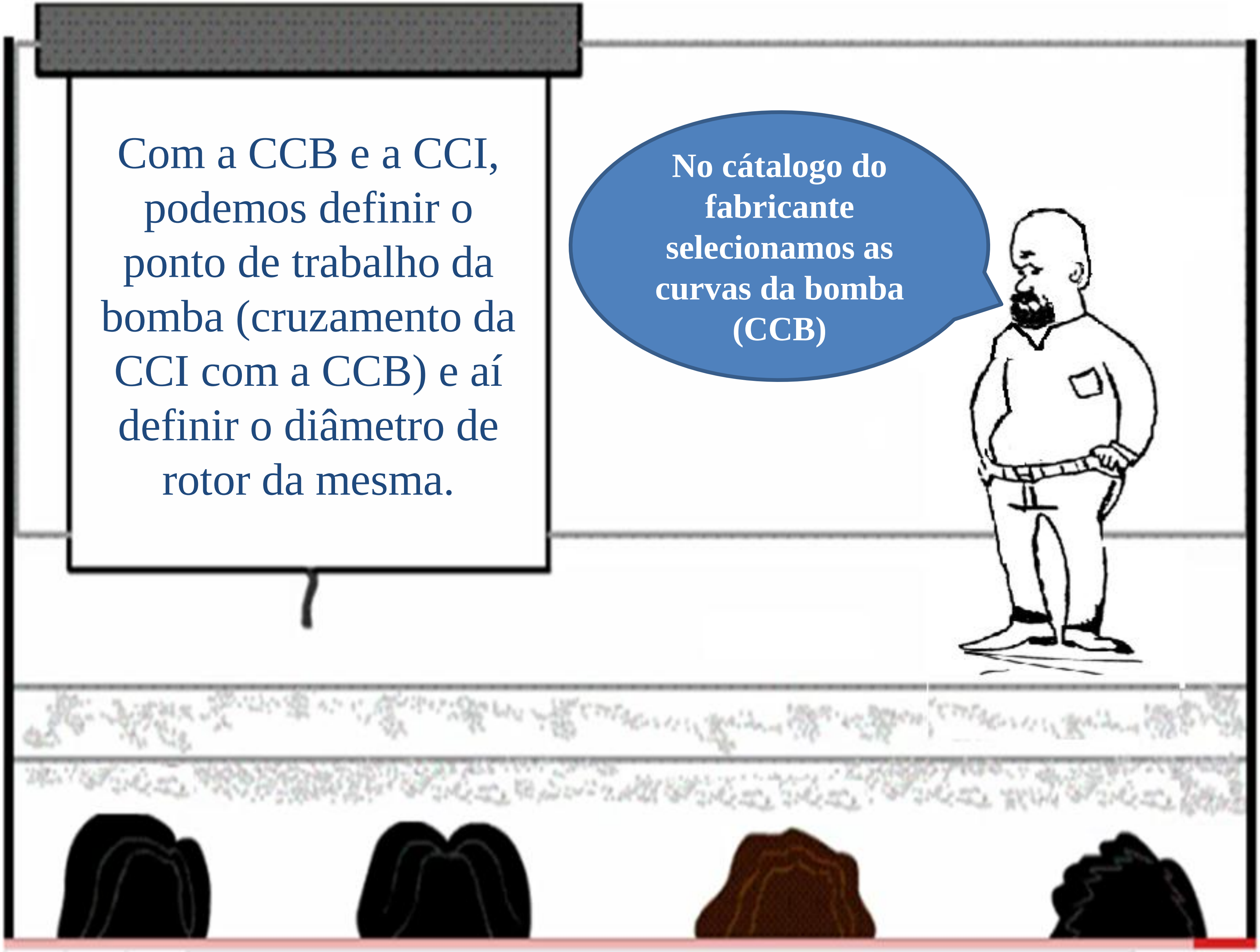
$$Q_{projeto} = 1{,}1 \times 3 = 3{,}3\,\frac{L}{s} \approx 12\,\frac{m^3}{h}$$

Q (m^3/h)	f	Re	α	Hs(m)
12	0,0242	127503	`1	204,2

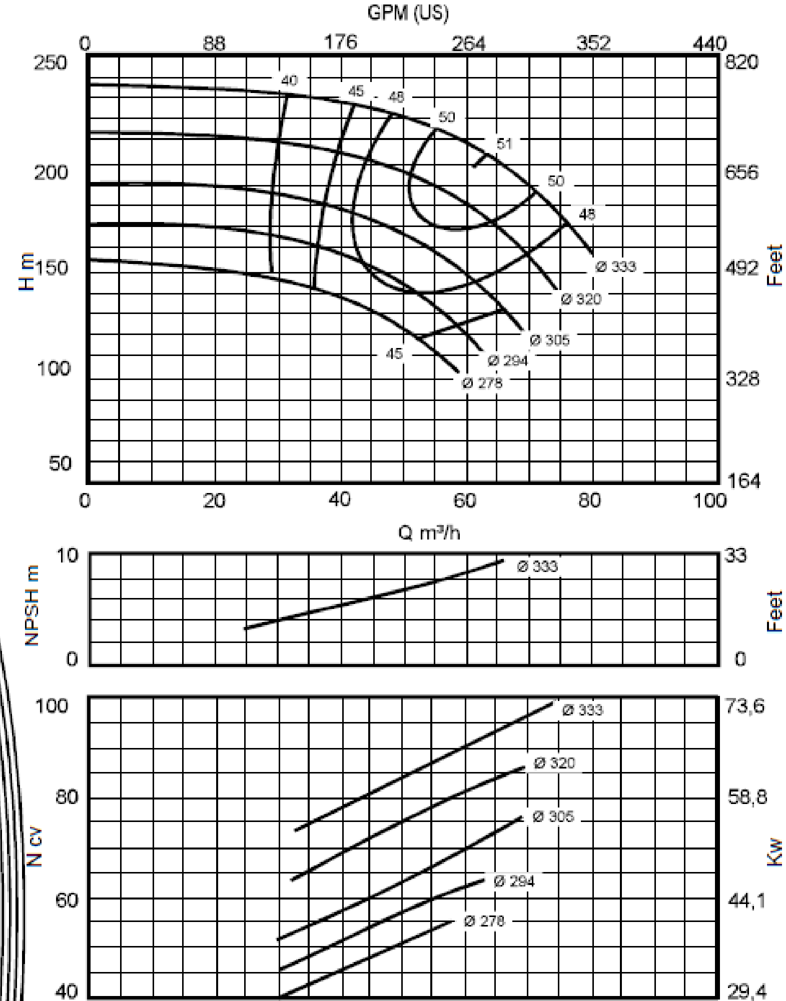

Escolhemos um dado fabricante de bomba, por exemplo a IMBIL
Escolhido o fabricante, com a vazão de projeto e a carga manométrica de projeto no diagrama de tijolos, selecionamos a bomba.



3500 rpm
H
m
300
200
100
50
40
30
20
12
Q m³/h
4
5
10
20
30
50
100
200
300
500
800
40 315
50 315
32 250
40 250
50 250
65 250
80 250
32 200
40 200
50 200
65 200
80 200
100 200
32 160
40 160
50 160
65 160
80 160
100 160
32 125
40 125
50 125
65 125

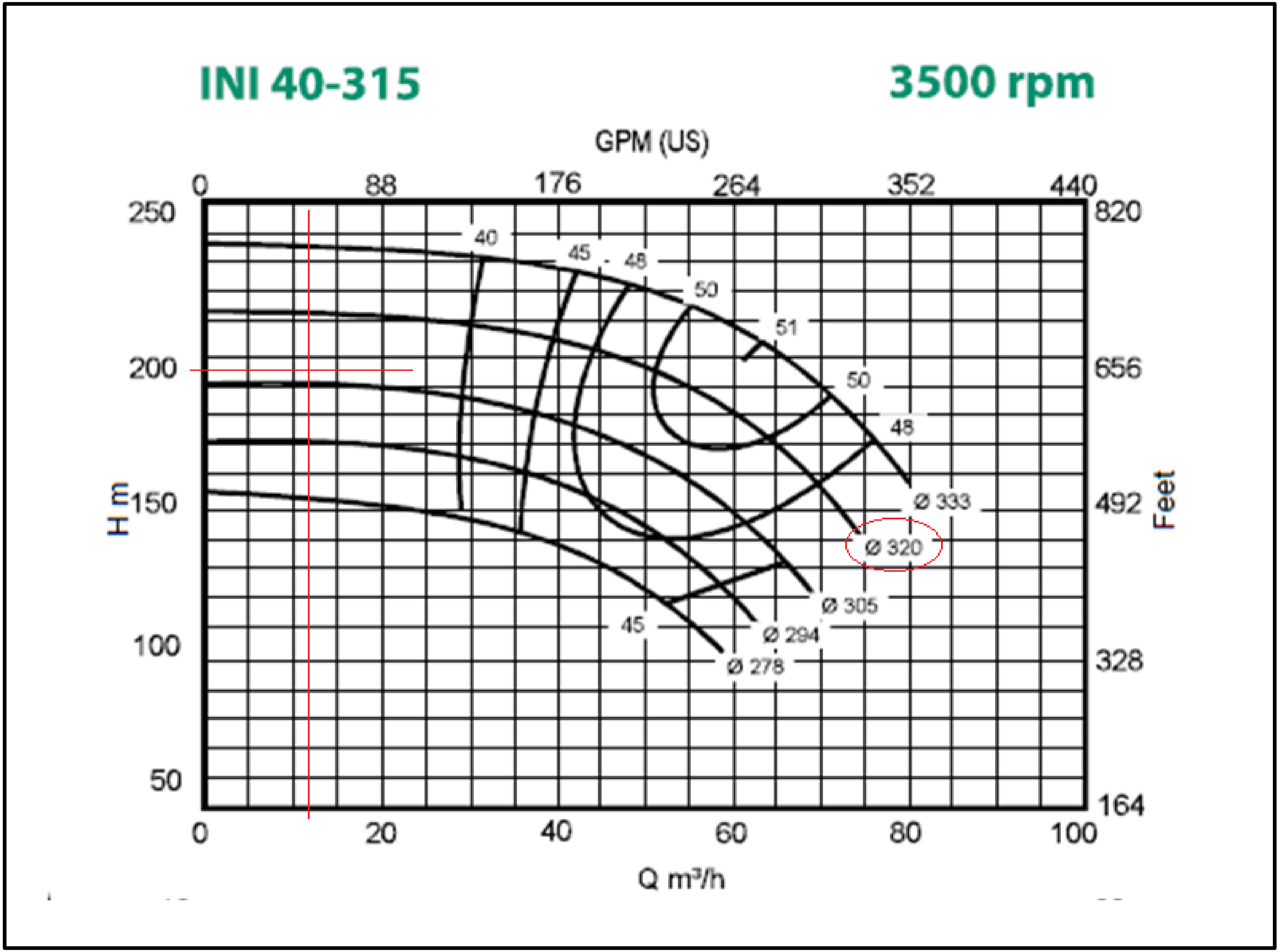

Com a CCB e a CCI, podemos definir o ponto de trabalho da bomba (cruzamento da CCI com a CCB) e aí definir o diâmetro de rotor da mesma.
No cátalogo do fabricante selecionamos as curvas da bomba (CCB)

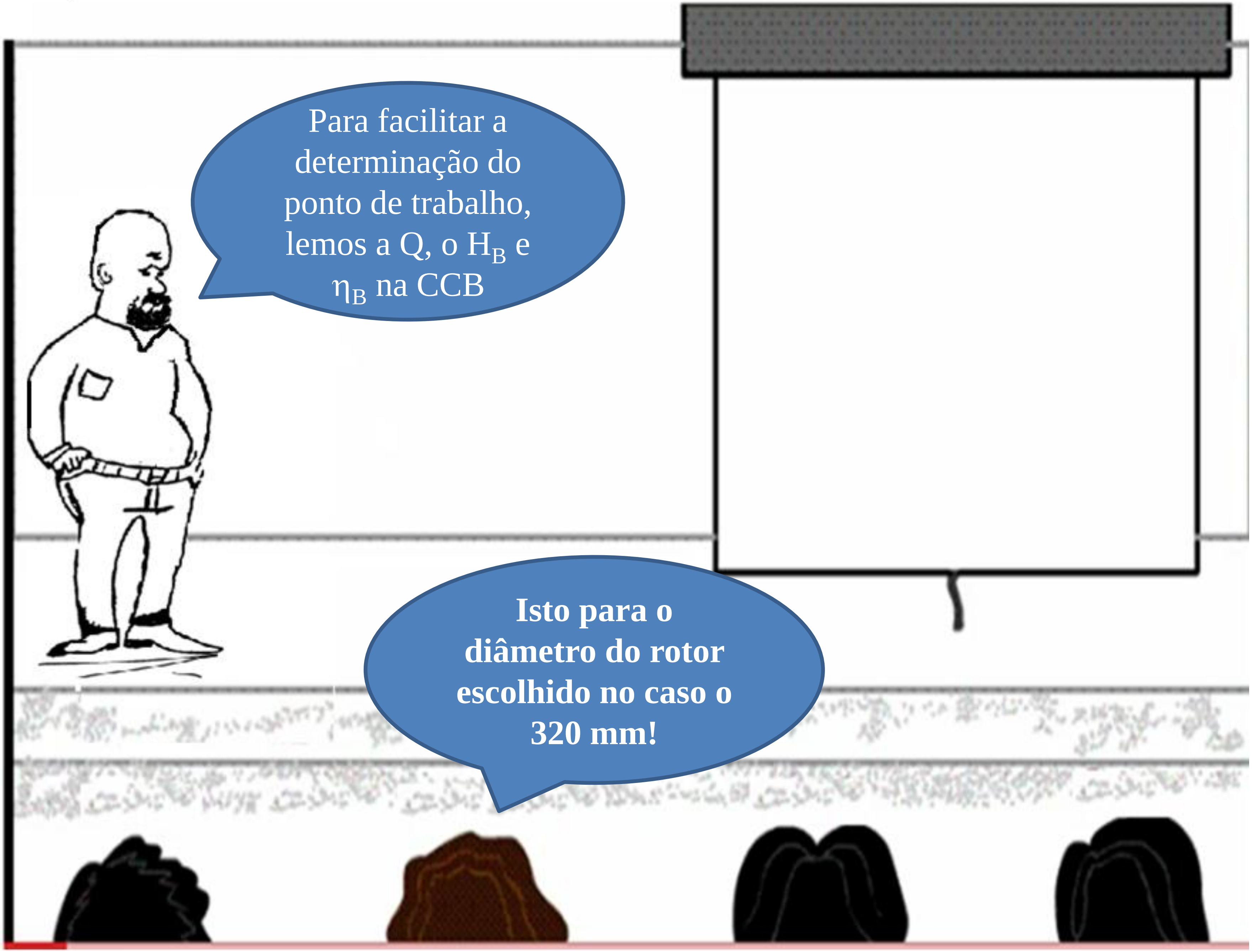
INI 40-315 3500 rpm

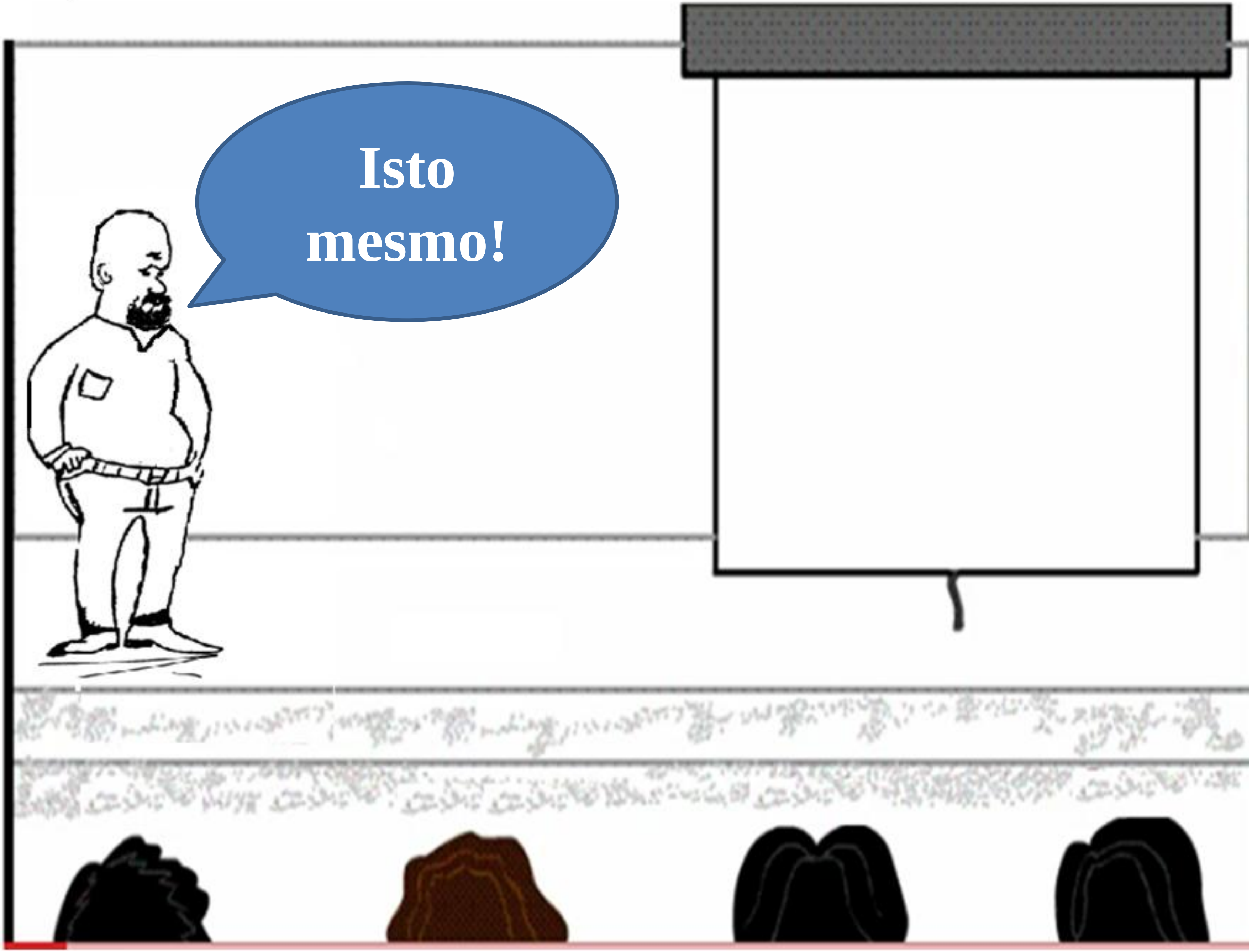


Rotor Ø Máximo 333 mm
Rotor Ø Mínimo 278 mm
Largura do Rotor 9 mm
Viscosidade μ = 1cP

Flange de Sucção 65 mm
Flange de Pressão 40 mm
Peso Específico γ= 1kgf/dm³


INI 40-315
3500 rpm
GPM (US)
0
88
176
264
352
440
250
200
150
100
50
820
656
492
328
164
H m
Feet
40
45
48
50
51
50
48
45
Ø 333
Ø 320
Ø 305
Ø 294
Ø 278
0
20
40
60
80
100
Q m³/h

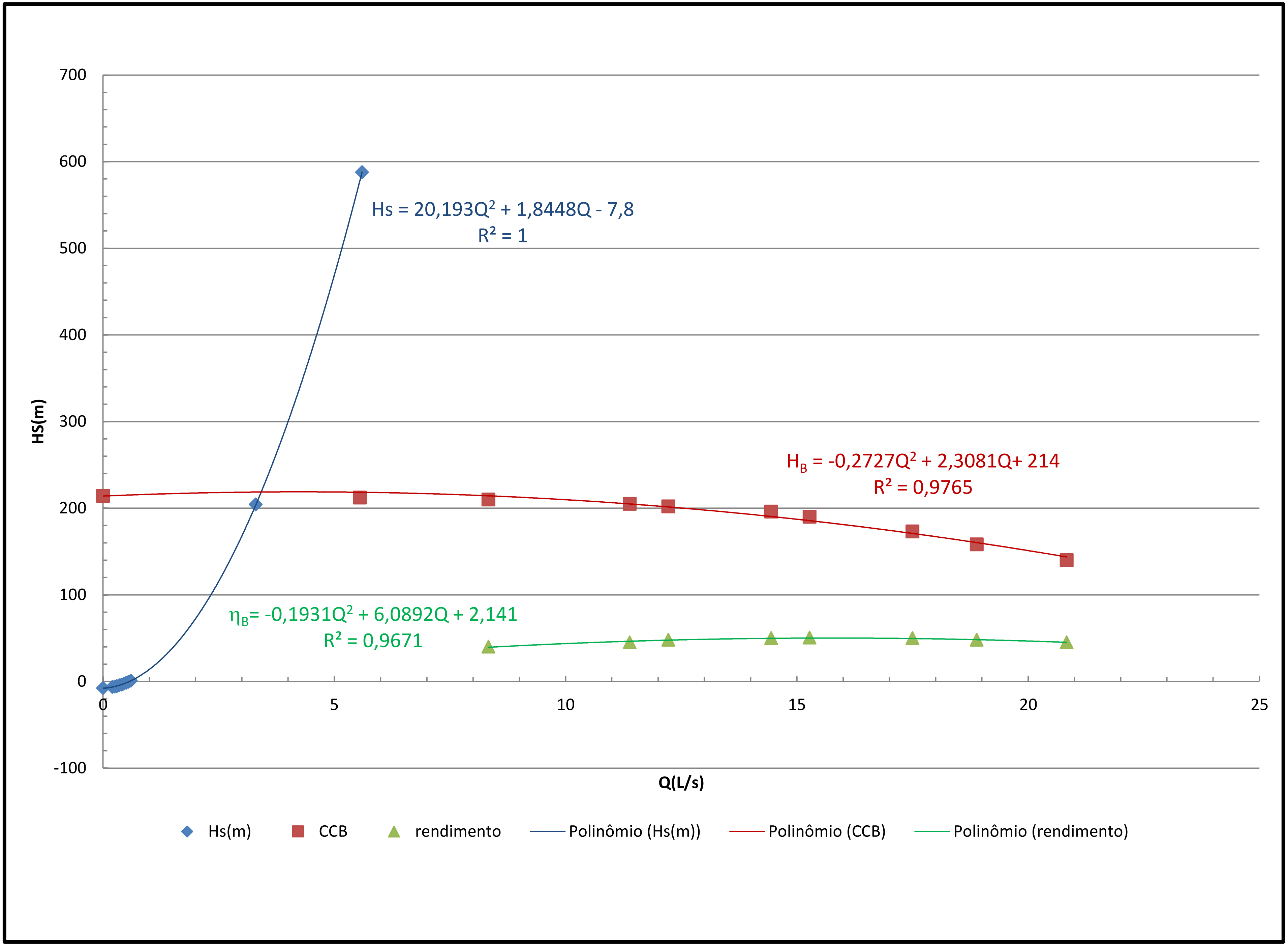

Para facilitar a determinação do ponto de trabalho, lemos a Q, o H_B e η_B na CCB
Isto para o diâmetro do rotor escolhido no caso o 320 mm!


Isto mesmo!

CCB			
$Q(m^3/h)$	$Q(L/s)$	$H_B(m)$	η_B (%)
0	0	214	
20	5,6	212	
30	8,3	210	40
41	11,4	205	45
44	12,2	202	48
52	14,4	196	50
55	15,3	190	50,5
63	17,5	173	50
68	18,9	158	48
75	20,8	140	45

CCI

Q (L/s)	f	Re	α	Hs(m)
0				-7,8
0,2	0,0359	7727	1	-6,6
0,25	0,0341	9659	1	-6,1
0,3	0,0328	11591	1	-5,4
0,35	0,0318	13523	1	-4,7
0,4	0,031	15455	1	-3,8
0,45	0,0303	17387	1	-2,9
0,5	0,0298	19319	1	-1,8
0,55	0,0293	21251	1	-0,679
0,6	0,0289	23182	1	0,559
3,3	0,0242	127503	`1	204,2
5,6	0,0236	216369	`1	587,8



700
600
500
400
300
200
100
0
-100
HS(m)
0
5
10
15
20
25
Q(L/s)
Hs = 20,193Q^2 + 1,8448Q - 7,8
R^2 = 1
H_B = -0,2727Q^2 + 2,3081Q+ 214
R^2 = 0,9765
η_B= -0,1931Q^2 + 6,0892Q + 2,141
R^2 = 0,9671
Hs(m)
CCB
rendimento
Polinômio (Hs(m))
Polinômio (CCB)
Polinômio (rendimento)

Determinando o ponto de trabalho

$$H_B = -0{,}2727Q^2 + 2{,}3081Q + 214$$

$$\eta_B = -0{,}1931Q^2 + 6{,}0892Q + 2{,}141$$

$$H_S = 20{,}193Q^2 + 1{,}8448Q - 7{,}8$$

$$H_B = H_S$$

$$-0{,}2727Q^2 + 2{,}3081Q + 214 = 20{,}193Q^2 + 1{,}8448Q - 7{,}8$$

$$20{,}4657Q^2 - 0{,}4633Q - 221{,}8 = 0$$

$$Q_\tau = \frac{0{,}4633 + \sqrt{0{,}4633^2 + 4 \times 20{,}4657 \times 221{,}8}}{2 \times 20{,}4657} \cong 3{,}30\,\frac{L}{s}$$

$$H_S = 20{,}193 \times (3{,}30)^2 + 1{,}8448 \times (3{,}30) - 7{,}8 \cong 218{,}2\,m$$

$$\eta_B = -0{,}1931 \times (3{,}3)^2 + 6{,}0892 \times (3{,}3) + 2{,}141 \cong 20{,}1\%$$

$$N_{B_\tau} = \frac{\gamma \times Q_\tau \times H_{B_\tau}}{\eta_{B_\tau}} = \frac{999{,}5 \times 9{,}8 \times (3{,}3/1000) \times 218{,}2}{0{,}201}$$

$$N_{B_\tau} = 35089{,}9\,W \cong 35{,}1\,kW$$