

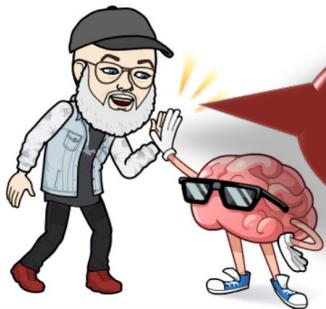


**Cerca de 70% da  
Terra é água!**

**Só que  
cerca de  
97,5% é  
água  
salgada!**



# SE NÃO CUIDARMOS VAI FALTAR

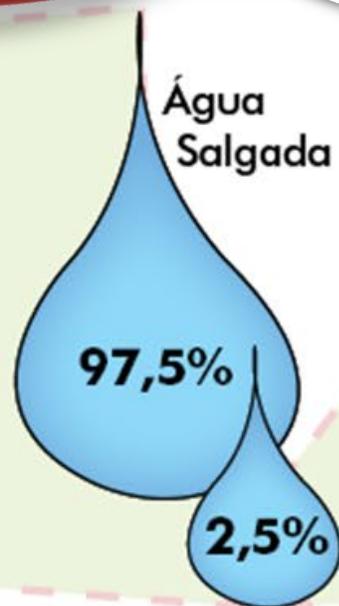


Vamos construir essa formação e exercitar nosso cérebro através de mais um problema.

Esse é um dos motivos para que tudo que for relacionado a água seja aprendido de forma eficiente e sustentável!



De toda água presente no planeta Terra,

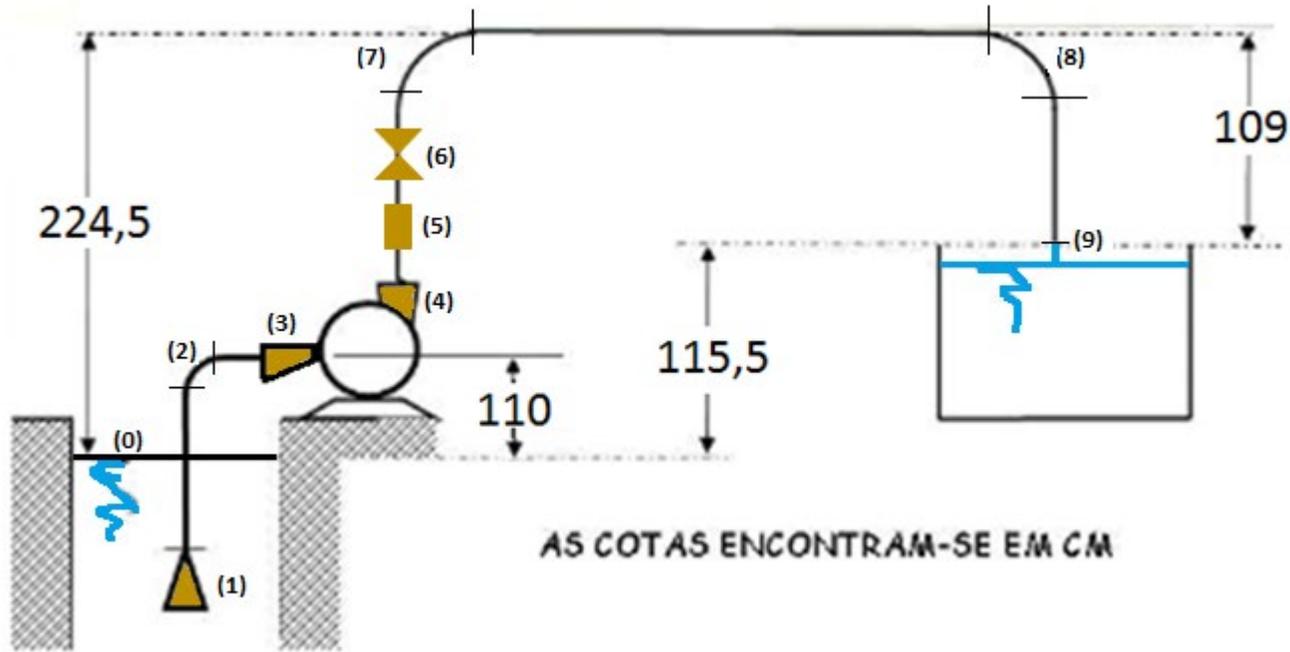


Água Doce (Gelo + Líquida)



Considerando a instalação hidráulica a seguir e as curvas da bomba (CCB) escolhida, sabendo que a vazão desejada é 3L/s, pede-se especificar a bomba e o seu ponto de trabalho.

Dados: água a ser bombeada a 28°C; diâmetro de sucção de aço 40 com  $D_N = 2''$ ; diâmetro de recalque de aço 40 com  $D_N = 1,5''$ ; comprimento equivalente da redução excêntrica de 2 x 1,5" igual a 0,38 m; leitura barométrica igual a 702 mmHg; comprimento da tubulação antes da bomba igual a 1,7 m; comprimento da tubulação de recalque igual a 138,1 m.



- (0) – nível de captação
- (1) – válvula de poço da Mipel de 2"
- (2) - curva fêmea de 90° da Tupy de 2"
- (3) - redução excêntrica de 2 x 1,5"
- (4) - ampliação concêntrica de 1 x 1,5" da Tupy
- (5) - válvula de retenção vertical da Mipel de 1,5"
- (6) válvula globo reta sem guia da Mipel de 1,5"
- (7) - curva fêmea de 90° da Tupy de 1,5"
- (8) - curva fêmea de 90° da Tupy de 1,5"
- (9) - saída de tubulação de 1,5" da Tupy

Curvas da bomba centrífuga selecionada.

Vamos obter agora os Leq das singularidades

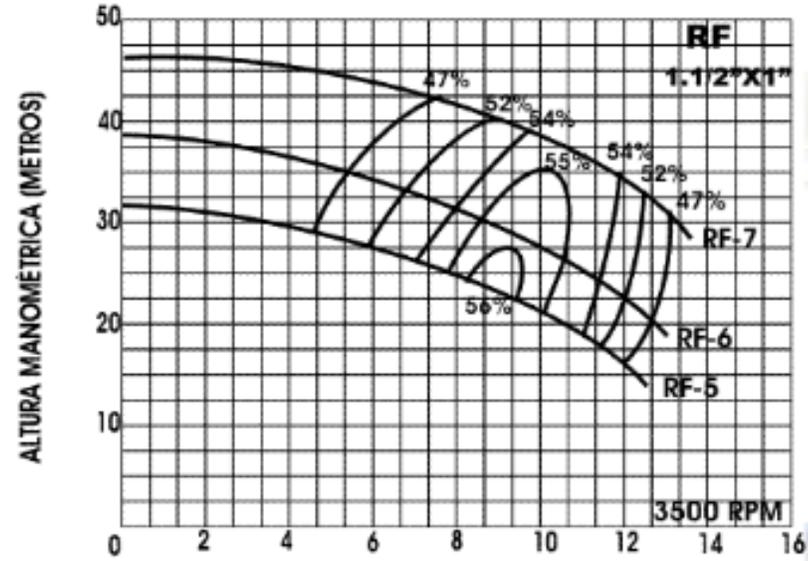


INSTALAÇÃO DE BOMBEAMENTO

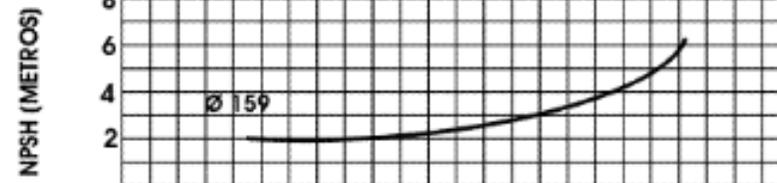
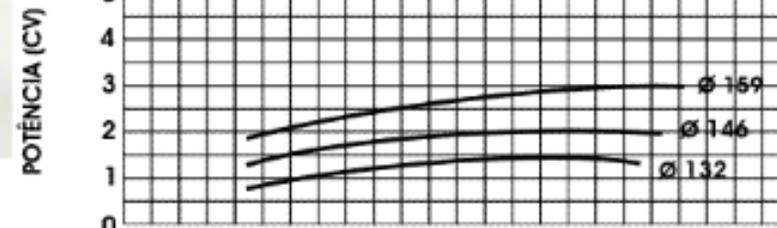


RUDC INDUSTRIA E COMERCIO LTDA

CURVA RF



VAZÃO EM METROS CÚBICOS POR HORA



# Equivalência da Perda de Carga das Conexões TUPY BSP em Metros de Tubos de Aço Galvanizados



DIÂMETRO NOMINAL	1/4	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4	5	6
	0,23	0,35	0,47	0,70	0,94	1,17	1,41	1,88	2,35	2,82	3,76	4,70	5,64
	0,22	0,33	0,44	0,67	0,89	1,11	1,33	1,78	2,23	2,68			
		0,16	0,22	0,32	0,43	0,54	0,65	0,86	1,08	1,30	1,73	2,16	2,59
	<b>2,7 e 8</b>	0,61	0,81	1,22	1,63	2,03	2,44	3,25					
			0,27	0,41	0,55	0,68	0,82	1,04	1,37	1,64	2,18		
	0,16	0,24	0,32	0,48	0,64	0,79	0,95	1,27	1,59	1,91	2,54		
		0,25	0,34	0,50	0,67	0,84	1,01	1,35	1,68	2,02	2,69		4,04



**LUA DE REDUÇÃO,  
OU AMPLIAÇÃO,  
CONCÊNTRICA**

DIAMETRO NOMINAL	3/8 x 1/4	1/2 x 1/4	1/2 x 3/8	3/4 x 1/4	3/4 x 3/8	3/4 x 1/2	1 x 3/8	1 x 1/2	1 x 3/4	1 1/4 x 1/2	1 1/4 x 3/4	1 1/4 x 1	1 1/2 x 1/2	1 1/2 x 3/4	1 1/2 x 1	1 1/2 x 1 1/4
	2 x 1/2	2 x 3/4	2 x 1	2 x 1 1/4	2 x 1 1/2	2 1/2 x 1	2 1/2 x 1 1/4	2 1/2 x 1 1/2	2 1/2 x 2	3 x 1	3 x 1 1/4	3 x 1 1/2	3 x 2	3 x 2 1/2	4 x 2	4 x 3

	0,05	0,06	0,07		0,09	0,10		0,11	0,14	0,13	0,14	0,17		0,15	0,17	0,21
	0,31	0,30	0,49		0,49	0,59	0,44	0,68	0,95	0,40	0,56	0,71	0,31	0,53	0,79	1,22
	0,10	0,16	0,14	0,22	0,23	0,24		0,24	0,24	0,24	0,22	0,19	0,29	0,26	0,24	0,20
	0,24		0,45		0,45	0,59		0,49	0,84		0,50	0,55		0,65	0,73	0,86
	0,32	0,20	0,21		0,20	0,27		0,23	0,19		0,32	0,34			0,36	0,29
	0,11	0,18	0,18		0,26	0,32	0,30	0,32	0,29	0,33	0,43	0,16		0,53	0,27	0,12
			0,30	0,35	0,38		0,44	0,48	0,64		0,71	0,70	0,71			



**CURVA FÊMEEA DE 90°**



↓  
**VÁLVULA DE  
RETENÇÃO  
VERTICAL DA MIPEL**



→ **VÁLVULA GLOBO RETA SEM GUIA**

Comprimentos Equivalentes em metros para Bocais e Válvulas

Diâmetro Nominal	Saída da Tubulação	Entrada Normal	Entrada de borda	Válvulas de Gaveta	Válvulas de Globo Aberto	Válvulas de Ângulo Aberto	Válvula de Pé e Crivo Aberto	Válvula de Retenção Horizontal	Válvula de Retenção Vertical
1/2	0,4	0,2	0,4	0,1	4,9	2,6	3,6	1,1	1,1
3/4	0,5	0,2	0,5	0,1	6,7	3,6	5,6	1,6	2,2
1	0,7	0,3	0,7	0,2	8,2	4,6	7,3	2,1	3,0
1 1/4	0,9	0,4	0,9	0,2	11,3	5,6	10,0	2,7	4,0
1 1/2	1,0	0,5	1,0	0,3	13,4	6,7	11,6	3,2	4,5
2	1,5	0,7	1,5	0,4	17,4	8,5	14,0	4,2	6,0
2 1/2	1,9	0,9	1,9	0,4	21,0	10,0	17,0	5,2	8,0
3	2,2	1,1	2,2	0,5	26,0	13,0	20,0	6,3	9,0
4	3,2	1,6	3,2	0,7	34,0	17,0	23,0	8,4	12,0
5	4,0	2,0	4,0	0,9	43,0	21,0	30,0	10,4	16,0
6	5,0	2,5	5,0	1,1	51,0	26,0	39,0	12,5	19,0



↓  
**VÁLVULA DE PÉ COM  
CRIVO ou VÁLVULA  
DE POÇO**

↑  
**REDUÇÃO  
EXCÊNTRICA**



[http://www.escoladavida.eng.br/hidraulica\\_I/consultas.htm](http://www.escoladavida.eng.br/hidraulica_I/consultas.htm)

Tabela 16: Comprimento equivalente de tubulação - Máximos valores previstos para válvulas de bronze (m)

DN	Esfera		Retenção			Gaveta	Macho	Globo				
	Pass. plena	Pass. reduzida	Portinhola	Horizontal	Vertical e poço			Reta c/ guia	Reta s/ guia	Angular c/ guia	Angular s/ guia	Oblíqua
6	0,16	0,16	-	5,80	-	0,16	0,55	5,80	4,27	2,44	1,77	1,77
10	0,43	0,16	-	5,80	-	0,16	0,55	5,80	4,27	2,44	1,77	1,77
15	0,20	0,29	0,76	7,62	6,75	0,21	0,70	7,62	5,10	3,05	2,22	2,22
20	0,27	1,18	1,03	9,75	8,73	0,28	0,91	9,75	7,31	4,30	2,74	2,74
25	0,33	0,83	1,28	12,19	10,97	0,33	1,16	12,19	8,54	5,18	3,66	3,66
32	0,46	1,83	1,77	15,85	14,62	0,46	1,53	15,85	11,88	7,00	4,88	4,88
40	0,55	1,41	2,04	19,20	17,07	0,55	1,83	19,20	13,72	7,92	5,79	5,79
50	0,70	4,52	2,68	25,00	19,81	0,70	2,13	25,00	17,68	10,36	7,26	7,26
65	0,85	3,62	3,10	28,95	26,80	0,85	2,75	28,95	21,38	-	-	-
80	1,03	3,09	3,95	36,60	32,00	1,03	3,50	36,60	25,90	-	-	-
100	-	-	5,18	45,70	42,65	1,30	4,50	45,70	-	-	-	-
125	-	-	-	-	54,80	1,70	-	-	-	-	-	-
150	-	-	-	-	64,00	2,00	-	-	-	-	-	-
200	-	-	-	-	-	2,75	-	-	-	-	-	-

1,5"  
2"



# Valores dos comprimentos equivalentes obtidos nos manuais Da Tupy e da Mipel ambos obtidos na WEB

[http://www.escoladavida.eng.br/hidraulica\\_1/consultas.htm](http://www.escoladavida.eng.br/hidraulica_1/consultas.htm)



Vamos obter os dados dos tubos

Índice	Singularidade	DN (")	Leq (m)
1	Válvula de poço da Mipel	2	19,81
2	curva fêmea de 90° da Tupy	2	1,04
3	redução excêntrica de 2 x 1,5"	2 x 1,5	0,38
4	ampliação concêntrica de 1 x 1,5" da Tupy	1 x 1,5	0,27
5	válvula de retenção vertical da Mipel	1,5	17,07
6	válvula globo reta sem guia da Mipel	1,5	13,72
7	curva fêmea de 90° da Tupy	1,5	0,82
8	curva fêmea de 90° da Tupy	1,5	0,82
9	saída de tubulação da Tupy	1,5	1,0

# Tubulações de aço 40, portanto recorreremos a norma ANSI B3610 e os valores foram obtidos na WEB

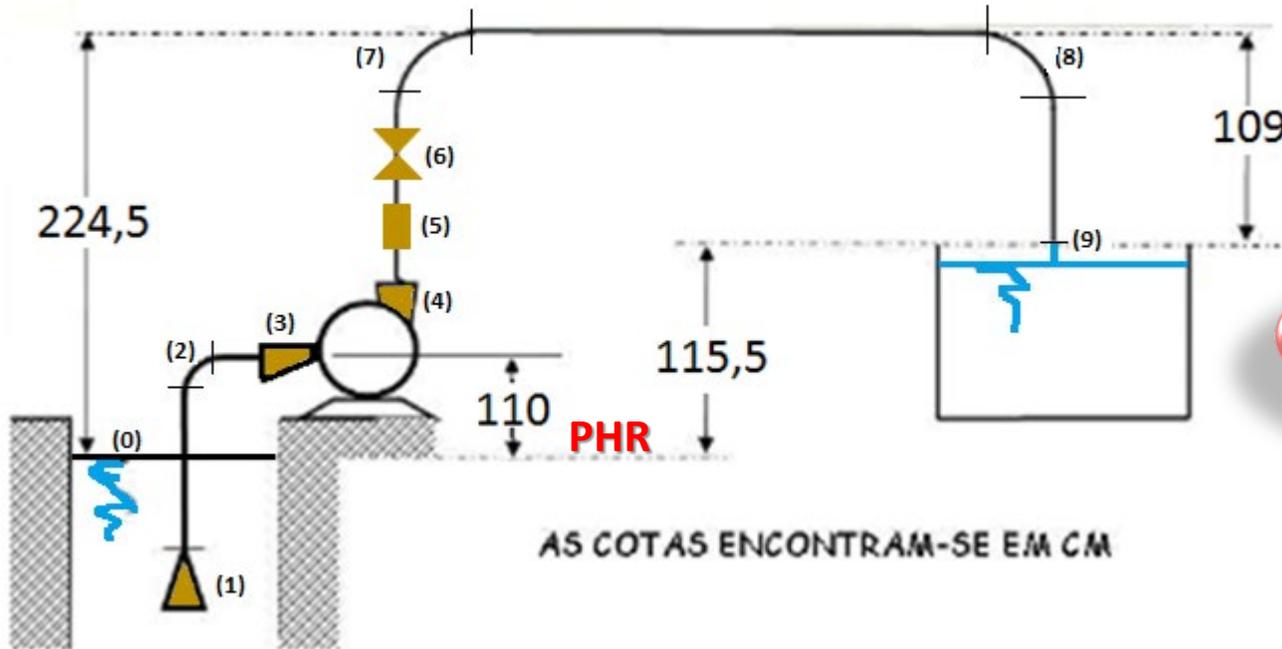
<http://www.escoladavida.eng.br/hidraulica I/consultas.htm>

Diâmetro nominal (pol) -- Diâmetro externo (mm)	Designação de espessura.  (v. Nota 2)	Espessura de parede (mm)  (v. Nota 3)	Diâmetro interno (mm)	Área da seção livre (cm <sup>2</sup> )	Área da seção de metal (cm <sup>2</sup> )	Superfície externa (m <sup>2</sup> /m)	Peso aproximado (kg/m)		Momento de inércia (cm <sup>4</sup> )	Momento resistente (cm <sup>3</sup> )	Raio de giração (cm)
							Tubo vazio (Nota 5)	Conteúdo de água			
1 -- 33	Std 40, 40S	3,37	26,6	5,57	3,19	0,105	2,50	0,56	2,64	2,18	1,07
	XS, 80, 80S	4,55	24,3	4,64	4,12		3,23	0,46	4,40	2,63	1,03
	160	6,35	20,7	3,37	5,39		4,23	0,34	5,21	3,12	0,98
	XXS	9,09	15,2	1,82	6,94		5,44	0,18	5,85	3,50	0,92
1½ -- 48	Std 40, 40S	3,68	40,8	13,1	5,15	0,151	4,04	1,31	12,90	5,34	1,58
	XS, 80, 80S	5,08	38,1	11,4	6,89		5,40	1,14	16,27	6,75	1,54
	160	7,14	33,9	9,07	9,22		7,23	0,91	20,10	8,33	1,48
	XXS	10,16	27,9	6,13	12,2		9,53	0,61	23,64	9,80	1,39
2 -- 60	Std 40, 40S	3,91	52,5	21,7	6,93	0,196	5,44	2,17	27,72	9,20	2,00
	XS, 80, 80S	5,54	49,2	19,0	9,53		7,47	1,90	36,13	11,98	1,95
	160	8,71	42,9	14,4	14,1		11,08	1,44	48,41	16,05	1,85
	XXS	11,07	38,2	11,4	17,1		13,44	1,14	54,61	18,10	1,79

# Vamos obter a equação da CCI

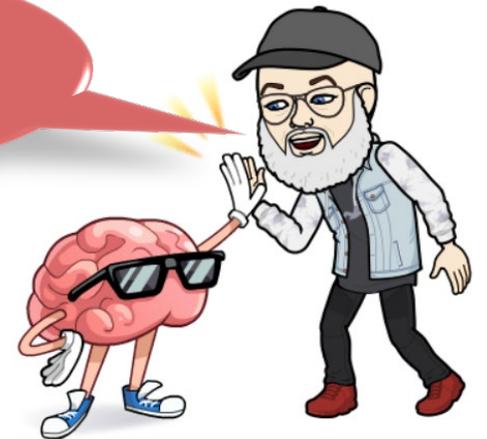
$$H_i + H_S = H_f + H_{P_{\text{totais}}}$$

Ficará em função da Q e dos f



Neste problema, temos que analisar duas situações.

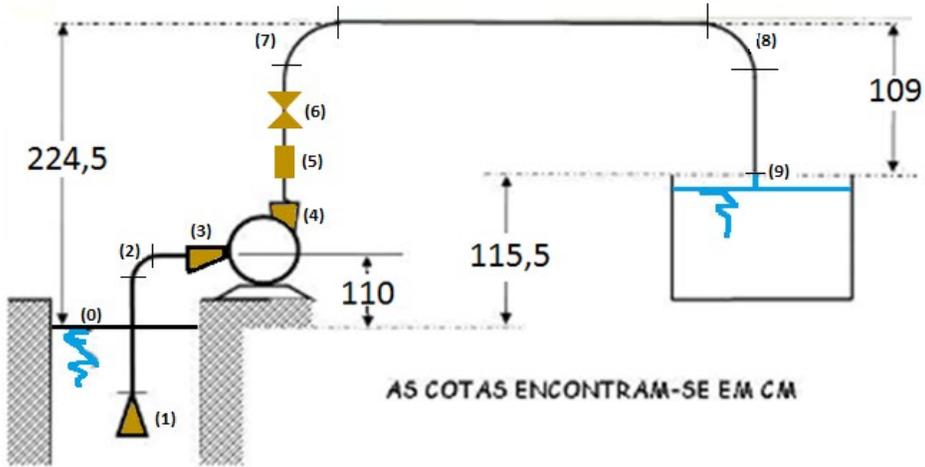
$$H_S = \left[ (z_f - z_i) + \left( \frac{(p_f - p_i)}{\gamma} \right) \right] + \frac{Q^2}{2g \times A_f^2} + H_{P_{2''}} + H_{P_{1,5''}} + H_{P_{1''}}$$



PARA O INSTANTE INICIAL, TEMOS:



$$H_S = 2,245 + \frac{Q^2}{2g \times A_f^2} + H_{p_{2''}} + H_{p_{1,5''}} + H_{p_{1''}}$$



DECORRIDO UM  $\Delta t$ , TEMOS:



$$H_S = 1,155 + \frac{Q^2}{2g \times A_f^2} + H_{p_{2''}} + H_{p_{1,5''}} + H_{p_{1''}}$$

CALCULANDO A CARGA CINÉTICA FINAL E AS PERDAS DE CARGA

$$\frac{Q^2}{2g \times A_f^2} = \frac{Q^2}{19,6 \times (13,1 \times 10^{-4})^2} \cong 29730,5 Q^2$$

$$H_{p_{1''}} = f_{1''} \times \frac{(0,27)}{0,0266} \times \frac{Q^2}{19,6 \times (5,57 \times 10^{-4})^2} \cong f_{1''} \times 1669228,1 \times Q^2$$

$$H_{p_{2''}} = f_{2''} \times \frac{(1,7 + 19,81 + 1,04)}{0,0525} \times \frac{Q^2}{19,6 \times (21,7 \times 10^{-4})^2} \cong f_{2''} \times 4653842,74 \times Q^2$$

$$H_{p_{1,5''}} = f_{1,5''} \times \frac{(138,1 + 0,38 + 17,07 + 13,72 + 2 \times 0,82 + 1)}{0,0408} \times \frac{Q^2}{19,6 \times (13,1 \times 10^{-4})^2} \cong f_{1,5''} \times 125268626,2 \times Q^2$$

PARA O INSTANTE INICIAL, TEMOS:



$$H_s = 2,245 + 29730,5Q^2 + f_{2''} \times 4653842,74Q^2 + f_{1,5''} \times 125268626,2Q^2 + f_{1''} \times 1669228,1Q^2$$

DECORRIDO UM  $\Delta t$ , TEMOS:



$$H_s = 1,155 + 29730,5Q^2 + f_{2''} \times 4653842,74Q^2 + f_{1,5''} \times 125268626,2Q^2 + f_{1''} \times 1669228,1Q^2$$



Atribuimos valores para a vazão e calculamos  $f$  e  $H_s$

## ROTEIRO PARA DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE PERDA DE CARGA DISTRIBUÍDA - f

1. Entramos com a temperatura d'água e obtemos as propriedades d'água

propriedades do fluido transportado					
temp (°C)		$\mu$ (kg/ms)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$p_v$ (Pa)	$v$ (m <sup>2</sup> /s)
28		8,32E-04	996,2		8,350E-07

2. Entramos com o diâmetro interno em mm e com a área da seção livre em cm<sup>2</sup>

mat. tubo aço			
	espessura	Dint (mm)	A (cm <sup>2</sup> )
	40	26,6	5,57

3. Entramos com a rugosidade equivalente, que no caso do aço é  $4,6 \cdot 10^{-5}$  m e a planilha calcula DH/K

K(m)	DH/k
4,60E-05	578

## ROTEIRO PARA DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE PERDA DE CARGA DISTRIBUÍDA – f (cont.)

4. Atribuimos valores para a vazão em m<sup>3</sup>/h

5. Clicamos na aba “comparação\_f”

Q	Q(m <sup>3</sup> /s)	Q(L/s)	Q(L/min)	Q(m <sup>3</sup> /h)	v(m/s)	Re	f <sub>Haaland</sub>	f <sub>Swamee e Jain</sub>	f <sub>Churchill</sub>	f <sub>planilha</sub>
2,0				2,0	1,00	31774	0,0270	0,0276	0,0276	0,0273
4,0				4,0	1,99	63547	0,0250	0,0255	0,0255	0,0253
6,0				6,0	2,99	95321	0,0243	0,0247	0,0247	0,0245
8,0				8,0	3,99	127095	0,0239	0,0242	0,0242	0,0240
10,0				10,0	4,99	158868	0,0236	0,0239	0,0239	0,0237
12,0				12,0	5,98	190642	0,0234	0,0237	0,0237	0,0236
14,0				14,0	6,98	222416	0,0233	0,0236	0,0236	0,0234

Q(m<sup>3</sup>/s)    Q(L/s)    Q(L/min)  
deve transformar para m<sup>3</sup>/h

Analogamente, determinamos os f para 1,5” e 2”, e isto resultará na planilha que nos fornece os valores de Hs em função da vazão para as duas situações.



# Dados para obtenção da CCI



Podemos representá-las pelo Excel

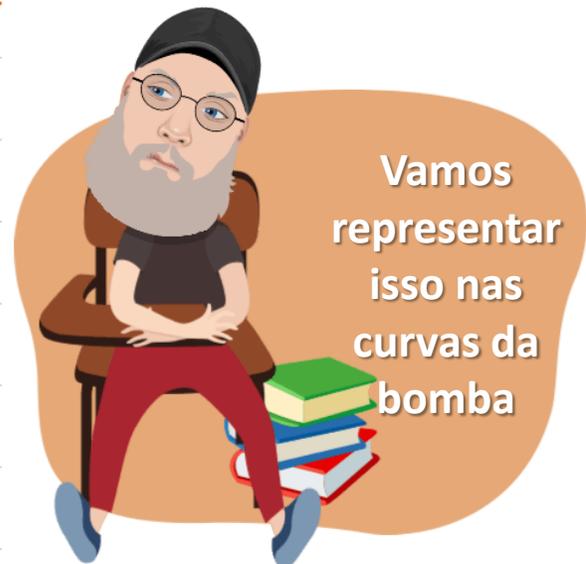
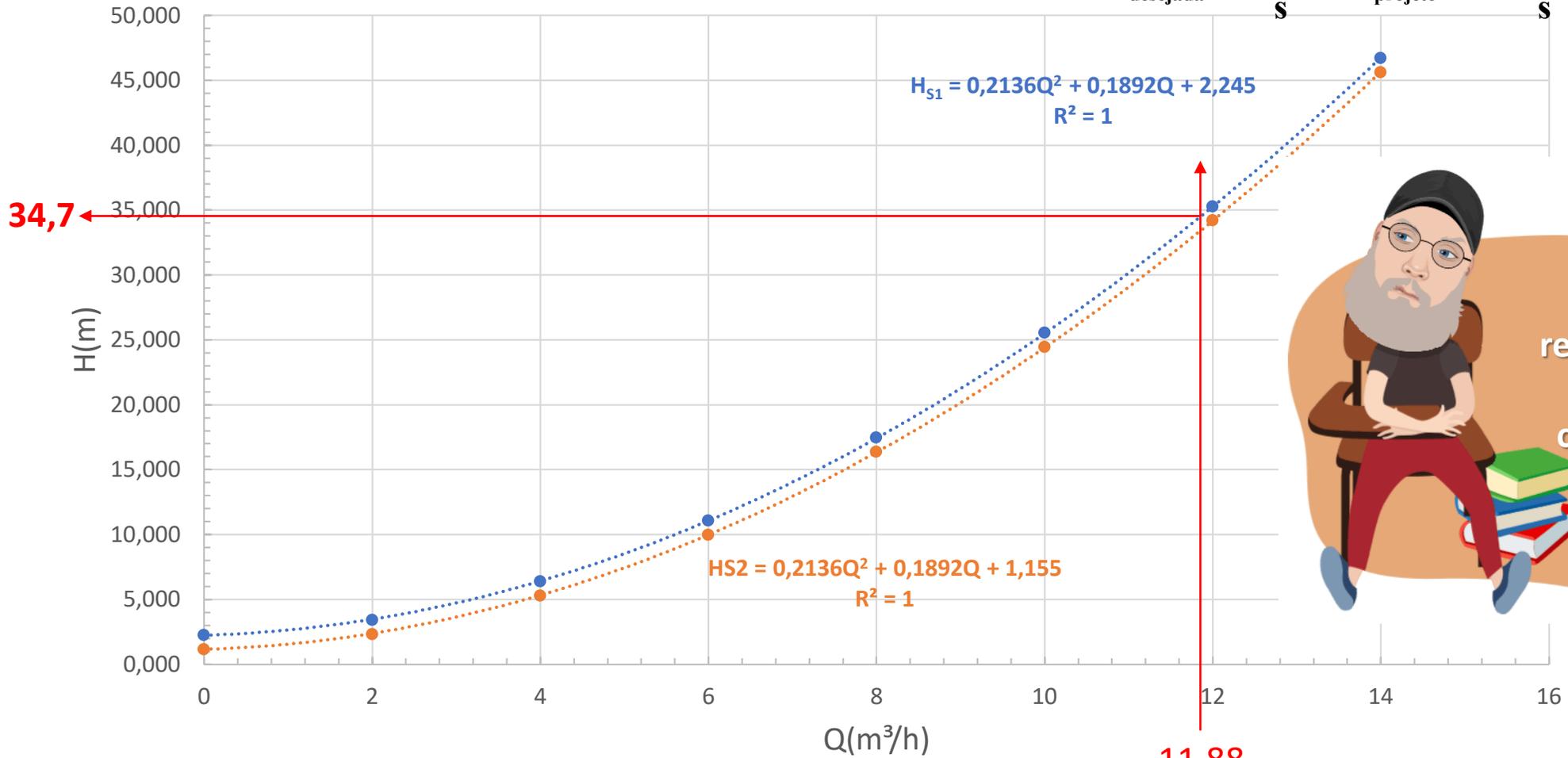
				Situação 1	Situação 2
Q(m³/h)	f <sub>1"</sub>	f <sub>1,5"</sub>	f <sub>2"</sub>	H <sub>s</sub> (m)	H <sub>s</sub> (m)
0	0	0	0	2,245	1,155
2	0,0276	0,0282	0,0291	3,4	2,3
4	0,0255	0,0252	0,0255	6,4	5,3
6	0,0247	0,0239	0,0239	11,1	10,0
8	0,0242	0,0232	0,0230	17,5	16,4
10	0,0239	0,0227	0,0224	25,5	24,4
12	0,0237	0,0224	0,0220	35,3	34,2
14	0,0236	0,0221	0,0217	46,7	45,6
11,88	0,0237	0,0224	0,0220	34,7	33,6

$$Q_{\text{projeto}} = 1,1 \times 3 = 3,3 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

$$Q_{\text{projeto}} = 3,3 \times 3,6 = 11,88 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

CCI

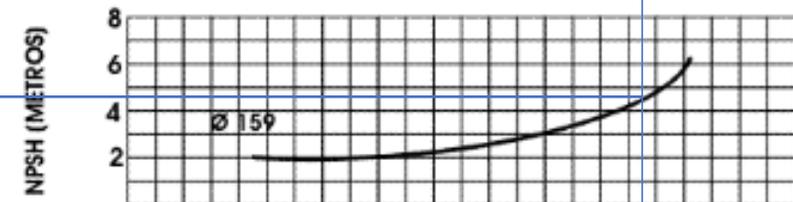
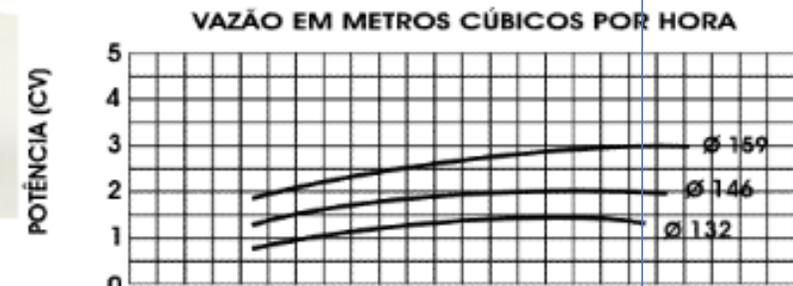
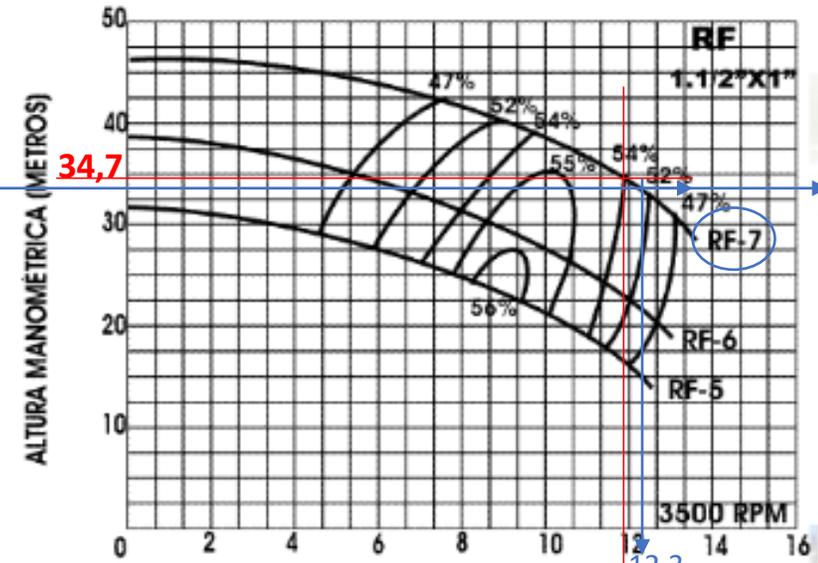
$$Q_{\text{desejada}} = 3 \frac{\text{L}}{\text{s}} \rightarrow Q_{\text{projeto}} = 3,3 \frac{\text{L}}{\text{s}} = 11,88 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$



- CCI situação 1
- CCI situação 2
- ⋯ Polinomial (CCI situação 1)
- ⋯ Polinomial (CCI situação 2)

# RUDC INDÚSTRIA E COMERCIO LTDA

## CURVA RF



Após  $\Delta t$ ,  
temos um  
novo  $H_B$



Marcando o  
ponto de  
trabalho para a  
situação 2

INSTALAÇÃO DE BOMBEAMENTO

				Situação 1	Situação 2
Q(m <sup>3</sup> /h)	f1"	f1,5"	f2"	HS(m)	HS(m)
11,88	0,0237	0,0224	0,0220	34,7	
12,3	0,0237	0,0223	0,0219		35,8

Caracterizamos os outros valores do ponto de trabalho para a bomba RF-7

35,8

34,7

53

11,88

12,3

4,6



Quer continuar exercitando seu cérebro, obtenha o ponto de trabalho pelo Excel e compare as respostas!

Escolhida a bomba RF-7, temos que:

a bomba inicia operando com 11,88 m<sup>3</sup>/h e em seguida passa para uma vazão de 12,3 m<sup>3</sup>/h, o que equivale a um rendimento na ordem de 53%, uma carga manométrica igual a 35,8 m e o NPSHr = 4,6 m

Agora é calcular a potência da bomba

$$N_B = \frac{996,2 \times 9,8 \times (12,3 / 3600) \times 35,8}{0,53} \cong 2253,11 \text{ W}$$

FIM

