

Aula 3 – determinação da vazão máxima de operação da bomba.





Trabalharemos com a bomba utilizada na experiência do freio dinamométrico, ou seja, com as curvas por ela obtidas!





Dados obtidos na bancada de laboratório para cada posição da válvula 9.



Tabela de Dados Coletados

Grupo	Ensaio	Δh (mm)	t (s)	Pme (mmHg)	Pms (Kgf/cm ²)	F (Kgf)	n (rpm)
1	1	0	0,00	-80	5,1	3,64	3571
7	2	100	27,13	-135	4,5	7,09	3539
6	3	100	18,35	-205	3,8	8,42	3525
5	4	100	14,41	-245	3,1	9,24	3515
4	5	100	13,75	-295	2,4	9,69	3510
3	6	100	12,57	-340	1,7	10,17	3505
2	7	100	11,53	-350	1	11,18	3513

Tabela de Dados no SI

Grupo	Ensaio	Δh (m)	t (s)	Pme (Pa)	Pms (Pa)	F (N)	n (rps)
1	1	0	0,0	-10662,4	500139,2	35,7	59,5
7	2	0,1	27,1	-17992,8	441299,3	69,5	59,0
6	3	0,1	18,4	-27322,4	372652,7	82,5	58,8
5	4	0,1	14,4	-32653,6	304006,2	90,6	58,6
4	5	0,1	13,8	-39317,6	235359,6	95,0	58,5
3	6	0,1	12,6	-45315,2	166713,1	99,7	58,4
2	7	0,1	11,5	-46648,0	98066,5	109,6	58,6

Constantes	
At (m ²)	0,681
De (mm)	40,8
Ae (cm ²)	13,1
Ds (mm)	26,6
As (cm ²)	5,57
T _{água} (°C)	20
ρ (Kg/m ³)	998,2
ν (m ² /s)	1,00E-06

$$Q = \frac{\text{Volume}}{\text{tempo}} = \frac{\Delta h \times 0,681}{t}$$

$$H_B = \frac{(p_{ms} - p_{me})}{\gamma} + \frac{(\alpha_s v_s^2 - \alpha_e v_e^2)}{2g}$$

$$N_B = \text{Momento} \times \omega$$

$$N_B = F \times \text{braço} \times 2\pi \times n$$

$$[n] = \text{rps} \rightarrow \text{braço} = 0,08\text{m}$$

$$\eta_B = \frac{N}{N_B} = \frac{\gamma \times Q \times H_B}{F \times \text{braço} \times 2\pi \times n}$$

Adimensionais

$$\phi = \frac{Q}{n \times D_r^3} \rightarrow \text{coeficiente de vazão}$$

$$\psi = \frac{g \times H_B}{n^2 \times D_r^2} \rightarrow \text{coeficiente manométrico}$$

$$X = \frac{N_B}{\rho \times n^3 \times D_r^5} \rightarrow \text{coeficiente de potência}$$

Correções

$$Q_{3500} = \left(\frac{3500}{n_{lida}} \right) \times Q_{\text{experimental}}$$

$$H_{B_{3500}} = \left(\frac{3500}{n_{lida}} \right)^2 \times H_{B_{\text{experimental}}}$$

$$N_{B_{3500}} = \left(\frac{3500}{n_{lida}} \right)^3 \times N_{B_{\text{experimental}}}$$

$$\eta_{B_{3500}} = \eta_{B_{\text{experimental}}}$$

Considerando que a variação da rotação irá alterar o rendimento, temos:

$$\eta_{B_{3500}} = 1 - (1 - \eta_{B_{\text{experimental}}}) \left(\frac{n_{lido}}{3500} \right)^{0,1}$$

Tabela de Cálculos													
Grupo	Ensaio	Q(m³/s)	Q(m³/h)	ve(m/s)	vs(m/s)	Ree	Res	αe	αs	H _B (m)	N _B (W)	N(W)	$\eta_B\%$
1	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00E+00	0,00E+00			52,2	1067,2	0,0	0,0
7	2	0,00251	9,0	1,9	4,5	7,79E+04	1,19E+05	1	1	47,8	2060,0	1173,7	57,0
6	3	0,00371	13,4	2,8	6,7	1,15E+05	1,77E+05	1	1	42,7	2436,8	1551,7	63,7
5	4	0,00473	17,0	3,6	8,5	1,47E+05	2,25E+05	1	1	37,4	2666,5	1730,1	64,9
4	5	0,00495	17,8	3,8	8,9	1,54E+05	2,36E+05	1	1	31,4	2792,4	1520,5	54,5
3	6	0,00542	19,5	4,1	9,7	1,68E+05	2,58E+05	1	1	25,6	2926,5	1358,3	46,4
2	7	0,00591	21,3	4,5	10,6	1,83E+05	2,81E+05	1	1	19,5	3224,5	1126,3	34,9

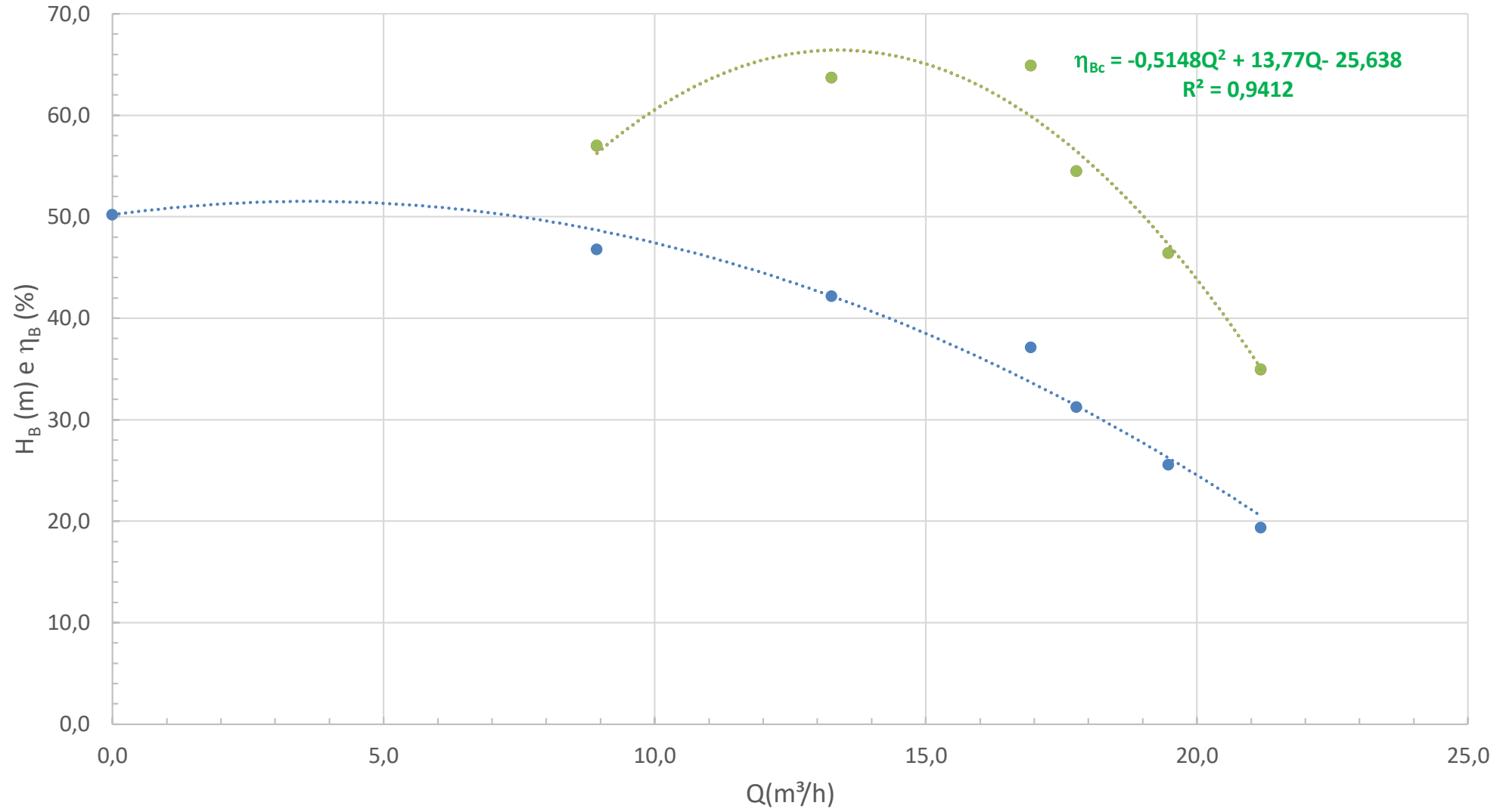


Tabela de Cálculos Corrigidas para rotação 3500														
Grupo	Ensaio	Q(m³/s)Corrigido	Q(m³/h)	ve(m/s)	vs(m/s)	Ree	Res	αe	αs	H _B (m)	N _B (W)	N(W)	$\eta_B\%=\eta_B\%$	$\eta_B\%$ correção
1	1	0,00000	0,0	0,0	0,0	0,00E+00	0,00E+00			50,2	1067,2	0,0	0,0	0,2
7	2	0,00248	8,9	1,9	4,5	7,70E+04	1,18E+05	1	1	46,8	2060,0	1173,7	57,0	57,0
6	3	0,00368	13,3	2,8	6,6	1,14E+05	1,75E+05	1	1	42,1	2436,8	1551,7	63,7	63,7
5	4	0,00471	16,9	3,6	8,4	1,46E+05	2,24E+05	1	1	37,1	2666,5	1730,1	64,9	64,9
4	5	0,00494	17,8	3,8	8,9	1,53E+05	2,35E+05	1	1	31,2	2792,4	1520,5	54,5	54,5
3	6	0,00541	19,5	4,1	9,7	1,68E+05	2,57E+05	1	1	25,6	2926,5	1358,3	46,4	46,4
2	7	0,00588	21,2	4,5	10,6	1,83E+05	2,80E+05	1	1	19,3	3224,5	1126,3	34,9	35,0

$$HB = -0,1006Q^2 + 0,729Q + 50,2$$
$$R^2 = 0,9774$$

curvas parciais da bomba

$$\eta_B = -0,5152Q^2 + 13,786Q - 25,796$$
$$R^2 = 0,9412$$



● $HB = f(Q)$ ● rendimento ● rendimento corrigido ● Polinomial ($HB = f(Q)$) ● Polinomial (rendimento) ● Polinomial (rendimento corrigido)

Mais um exercício para seu cérebro e não esqueça, ao exercitá-lo você estará ampliando sua inteligência!



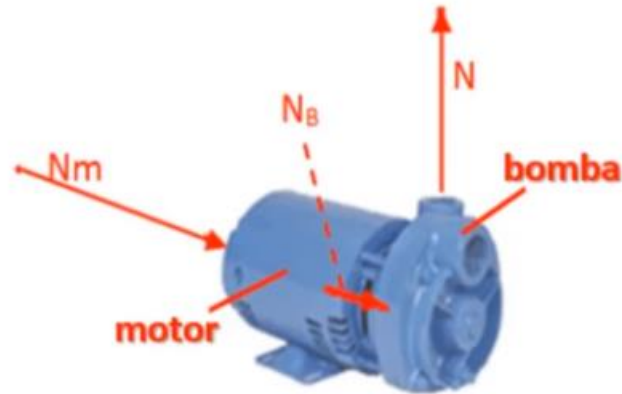
Considerando as curvas anteriores, especifique a faixa ideal de funcionamento da bomba.

<https://youtu.be/6DxdDhHA6ww>

Assista e reflita



Bomba hidráulica



Intervalo de operação
recomendado!



Respondendo
a primeira
pergunta!

$$\eta_B = -0,5152Q^2 + 13,786Q - 25,796$$

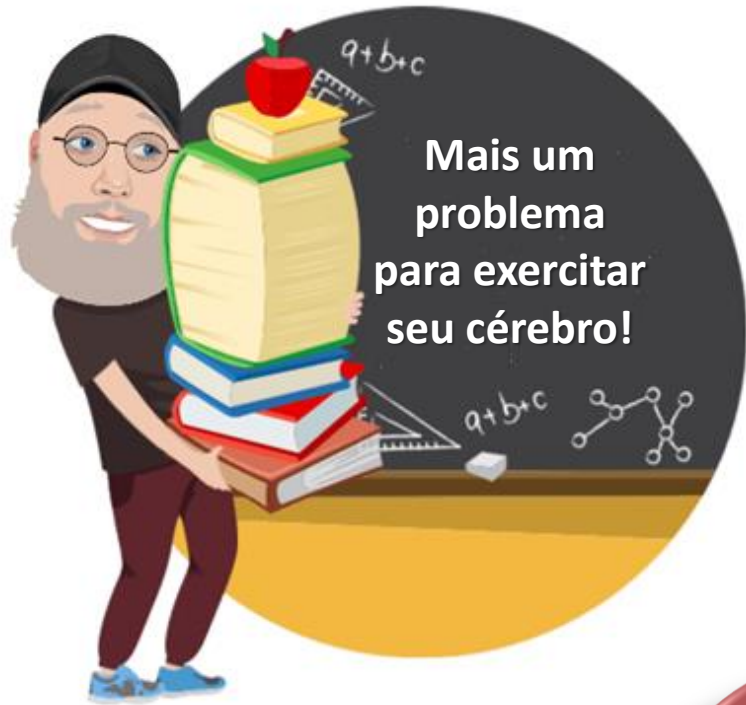
$$\frac{d\eta_B}{dQ} = 0 \Rightarrow Q_{\text{ótima}} = \frac{-b}{2a}$$

$$Q_{\text{ótima}} = \frac{-13,789}{2 \times (-5152)} \cong 13,4 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$13,4 \times 0,5 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right) \leq \text{funcionamento ideal} \leq 13,4 \times 1,2 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right)$$

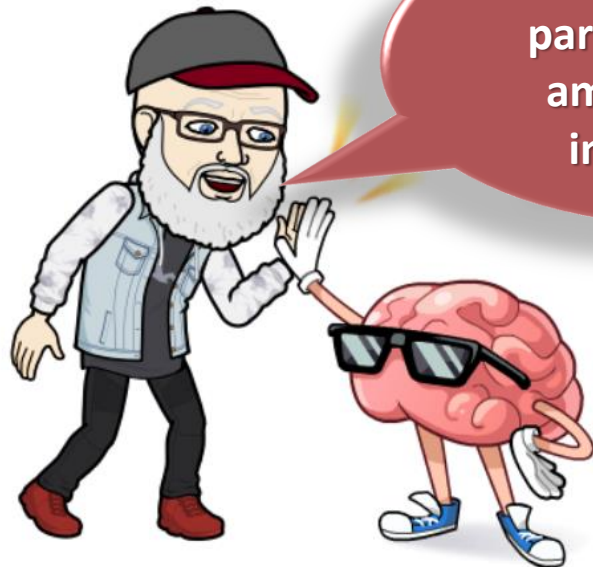
$$6,7 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \leq \text{funcionamento ideal} \leq 16,08 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$





Mais um problema para exercitar seu cérebro!

A bomba ensaiada na experiência do freio dinamométrico será utilizada na instalação de recalque nova ao lado, especifique o seu ponto de trabalho e verifique se a mesma opera na faixa ideal de trabalho.



Vamos por você para funcionar e ampliar minha inteligência!



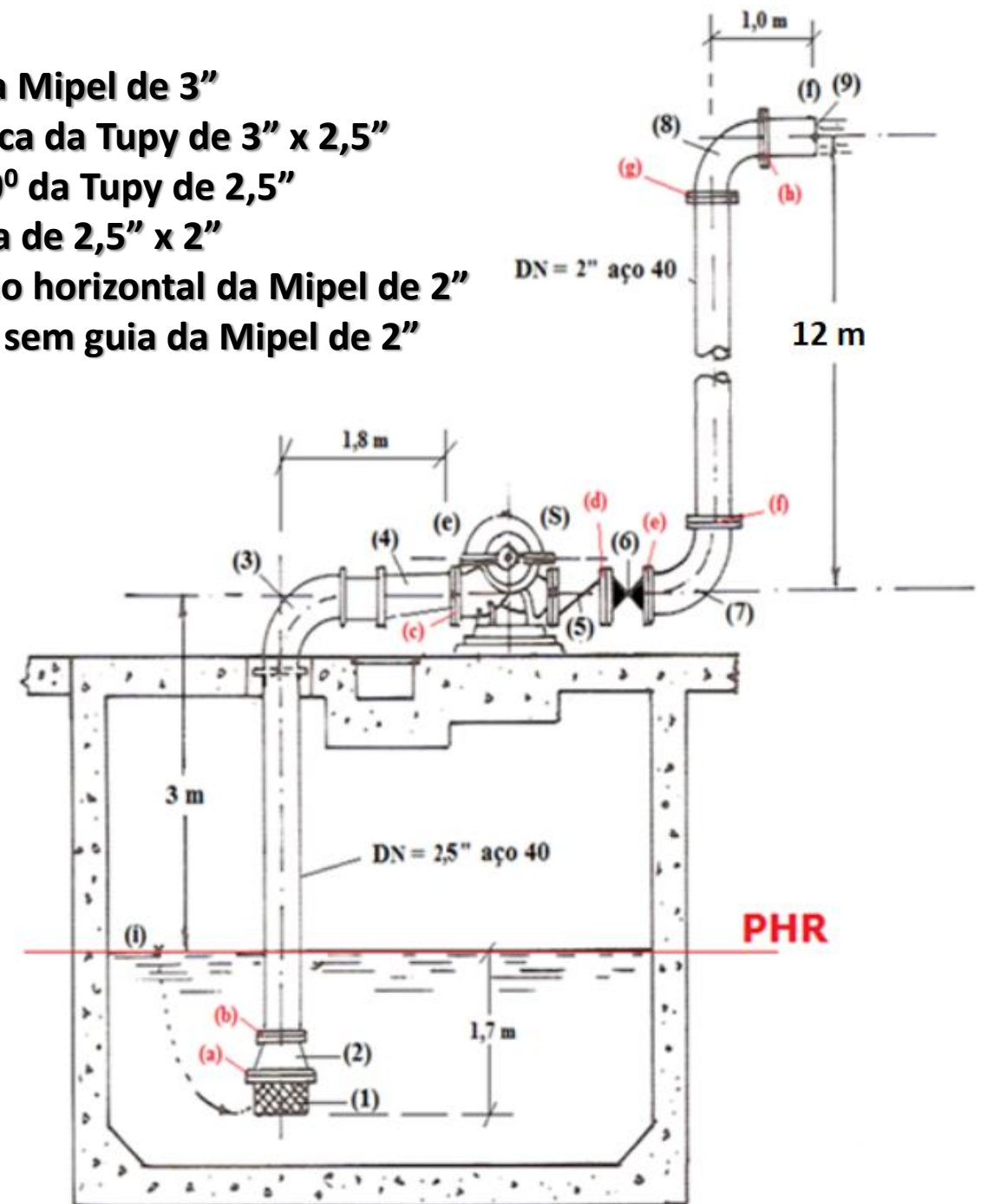


Mais um problema para exercitar seu cérebro!

- 1 – válvula de poço da Mipel de 3"
- 2 – redução concêntrica da Tupy de 3" x 2,5"
- 3 – curva fêmea de 90° da Tupy de 2,5"
- 4 – redução excêntrica de 2,5" x 2"
- 5 – válvula de retenção horizontal da Mipel de 2"
- 6 – válvula globo reta sem guia da Mipel de 2"

- 7 e 8 – curvas fêmeas de 90° de 2" da Tupy
- 9 – saída de tubulação de 2" da Tupy
- (a) – niple duplo de 3" da Tupy
- (b) - niple duplo de 2,5" da Tupy
- (c) (d) (e) (f) (g) (h) – niples duplos de 2" da Tupy

Observação: os comprimentos equivalentes dos niples duplos iguais aos comprimentos equivalentes das uniões e da redução excêntrica igual a concêntrica.

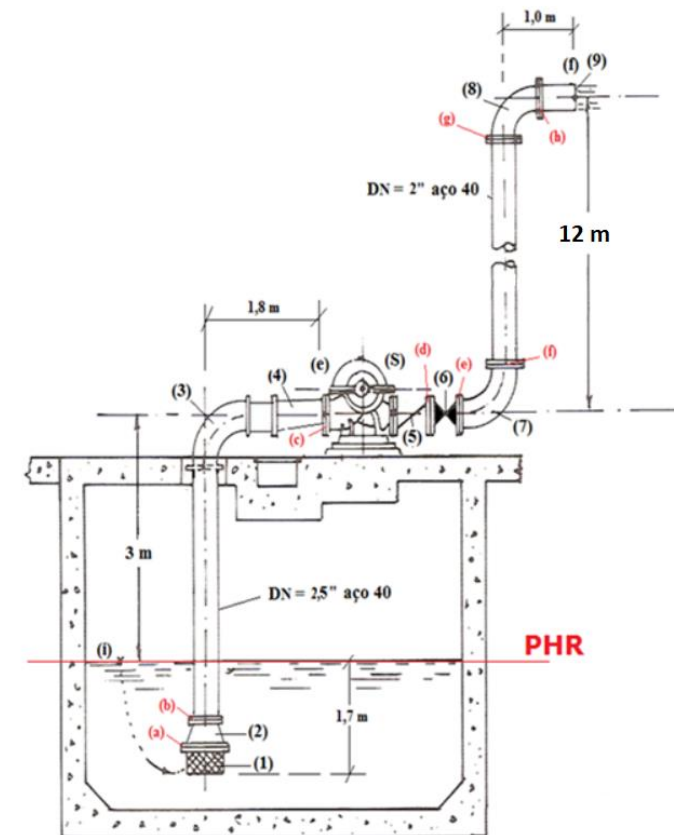


Aprender constantemente e lembrar o que aprendeu durante a vida, implica ter uma vantagem em relação aos outros.

Quinze minutos de reflexão sobre um dia todo de estudos melhoram o seu desempenho em cerca de 23%, segundo uma pesquisa conduzida em Harvard.

Para responder esta nova questão, vamos recorrer a CCI (Curva Característica da Instalação) e ao conceito de ponto de trabalho!

www.escoladavida.eng.br





A CCI será sempre obtida aplicando a equação da energia da seção inicial a seção final e a escrevendo em função da vazão de escoamento

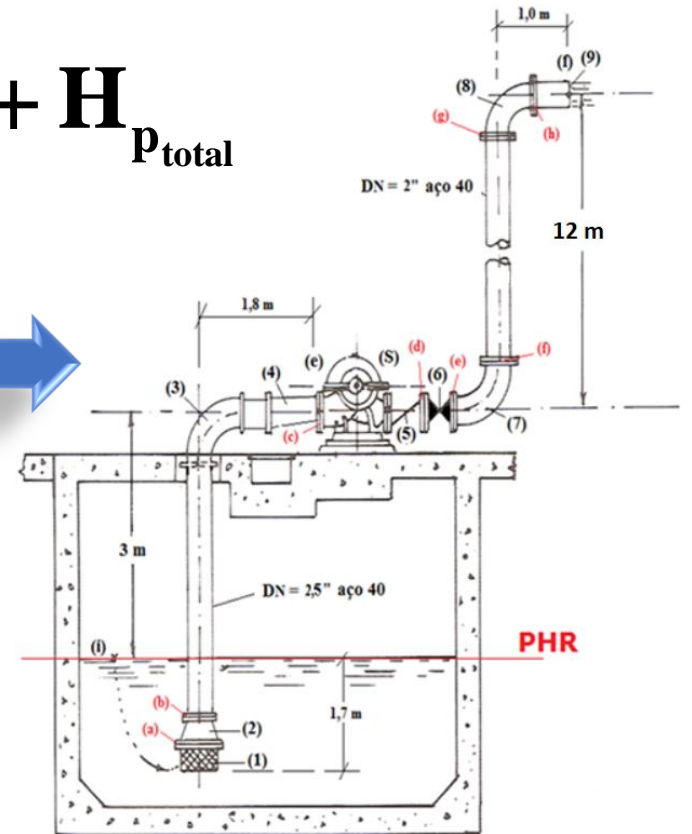
$$H_{\text{inicial}} + H_B = H_{\text{final}} + H_{p_{\text{total}}}$$

Para o problema, temos:

$$H_i + H_B = H_9 + H_{p_{3''}} + H_{p_{2,5''}} + H_{p_{2''}}$$

$$z_i + \frac{p_i}{\gamma} + \frac{v_i^2}{2g} + H_B = z_9 + \frac{p_9}{\gamma} + \frac{\alpha_9 \times v_9^2}{2g} + H_{p_{3''}} + H_{p_{2,5''}} + H_{p_{2''}}$$

$$\frac{v^2}{2g} = \frac{Q^2}{2g \times A^2} \rightarrow H_p = f \times \frac{(L + \sum Leq)}{D_H} \times \frac{Q^2}{2g \times A^2}$$



$$z_i + \frac{p_i}{\gamma} + \frac{v_i^2}{2g} + H_B = z_9 + \frac{p_9}{\gamma} + \frac{\alpha_9 \times v_9^2}{2g} + H_{p_{3''}} + H_{p_{2,5''}} + H_{p_{2''}}$$

$$0 + 0 + 0 + H_B = 15 + 0 + \frac{\alpha_9 \times Q^2}{2 \times 9,8 \times A_{2''}^2} + H_{p_{3''}} + H_{p_{2,5''}} + H_{p_{2''}}$$

1 - Válvula de pé com crivo de 3" da Mipel



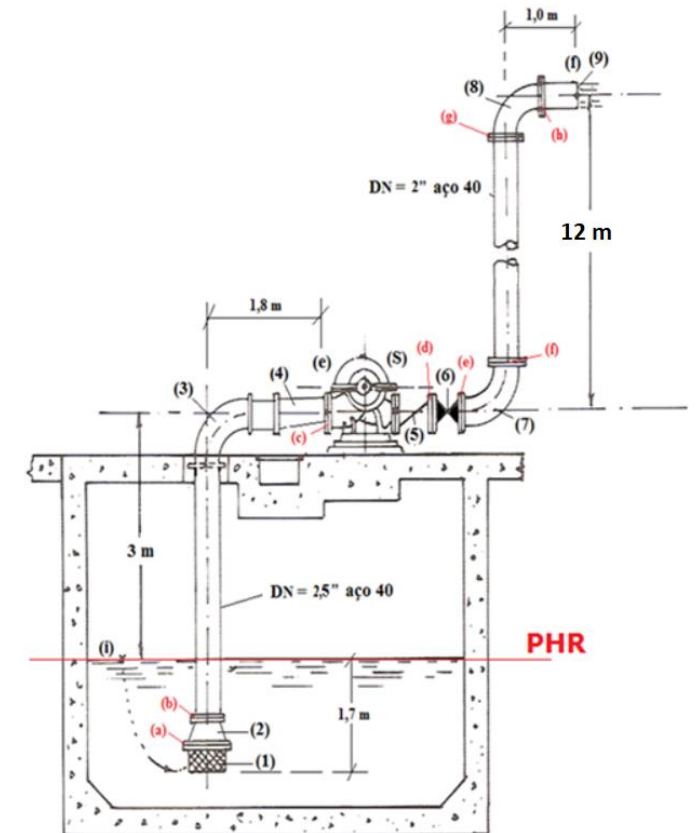
Na página da WEB

http://www.escoladavida.eng.br/hidraulica_1/chamada_de_hidraulica_1.htm clique em consulta e então clique no [Manual da MIPEL](#) e em [Tubos industriais de aço - norma ANSI](#)

$Leq_1 = 32m$

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 (cm²)	Área da seção de metal (cm²)	Superfície externa (m²/m)	Peso aproximado (kg/m)		Momento de inércia (cm⁴)	Momento resistente (cm³)	Raio de giração (cm)
							Tubo vazio (Nota 5)	Conteúdo de água			
3	10S	3,05	82,8	53,9	8,22	0,282	6,44	5,39	75,84	17,06	3,04
--	Std, 40, 40S	5,48	77,9	47,7	14,4		11,28	4,77	125,70	28,26	2,96
	XS, 80, 80S	7,62	73,6	42,6	19,5		15,25	4,26	162,33	36,48	2,89
	160	11,1	66,7	34,9	27,2		21,31	3,49	209,36	47,14	2,78
89	XXS	15,2	58,4	26,8	35,3		27,65	2,68	249,32	56,22	2,66

DN (Bitola)	
15	(1/2)
20	(3/4)
25	(1)
32	(1 1/4)
40	(1 1/2)
50	(2)
65	(2 1/2)
80	(3)
100	(4)
125	(5)
150	(6)
200	(8)



$D_N = 3'' \rightarrow \text{aço 40}$

$D_{int} = 77,9mm$ e $A=47,7cm^2$

$$H_{p_{3''}} = f_{3''} \times \frac{32}{0,0779} \times \frac{Q^2}{19,6 \times (47,7 \times 10^{-4})^2}$$

$$H_{p_{3''}} = f_{3''} \times 921127,4 \times Q^2$$

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	-	-	-	-	-	-

Na página da WEB


http://www.escoladavida.eng.br/hidraulica_1/chamada_de_hidraulica_1.htm clique em consulta e então clique no [Manual da MIPEL](#), [Catálogo da Tupy](#) e em [Tubos industriais de aço - norma ANSI](#)

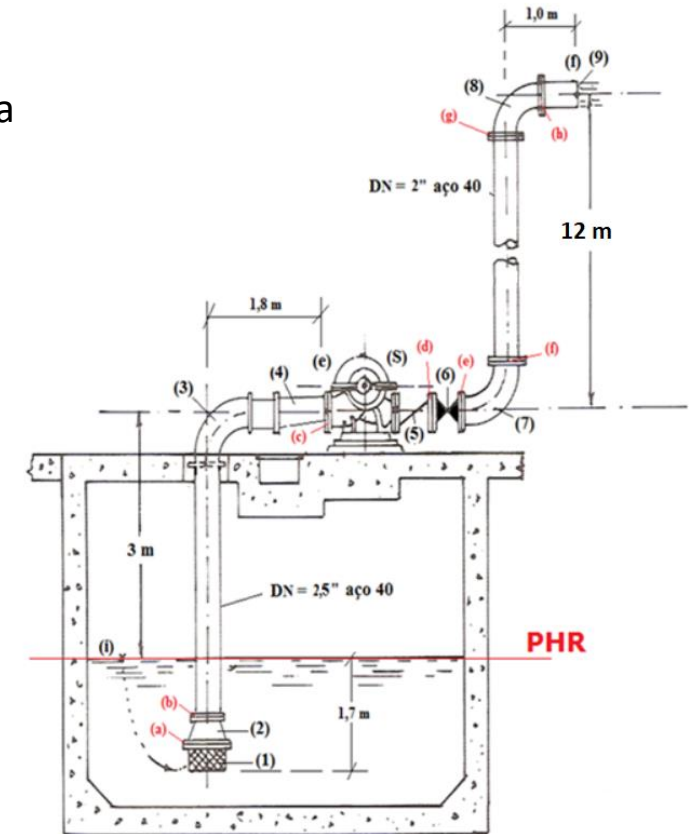
2 - redução concêntrica da Tupy de 3" x 2,5" – $Leq_2 = 0,71$ m

3 - curva fêmea de 90° da Tupy de 2,5" – $Leq_3 = 1,37$ m


(b) - niple duplo de 2,5" da Tupy – $Leq_b = 0,01$ m

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

DIÂMETRO NOMINAL	$\frac{3}{8} \times \frac{1}{4}$	$\frac{1}{2} \times \frac{1}{4}$	$\frac{1}{2} \times \frac{3}{8}$	$\frac{3}{4} \times \frac{1}{4}$	$\frac{3}{4} \times \frac{3}{8}$	$\frac{3}{4} \times \frac{1}{2}$	$1 \times \frac{3}{8}$	$1 \times \frac{1}{2}$	$1 \times \frac{3}{4}$	$1\frac{1}{4} \times \frac{1}{2}$	$1\frac{1}{4} \times \frac{3}{4}$	$1\frac{1}{4} \times 1$	$1\frac{1}{2} \times \frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2} \times \frac{3}{4}$	$1\frac{1}{2} \times 1$	$1\frac{1}{2} \times 1\frac{1}{4}$
	$2 \times \frac{1}{2}$	$2 \times \frac{3}{4}$	2×1	$2 \times 1\frac{1}{4}$	$2 \times 1\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2} \times 1$	$2\frac{1}{2} \times 1\frac{1}{4}$	$2\frac{1}{2} \times 1\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2} \times 2$	3×1	$3 \times 1\frac{1}{4}$	$3 \times 1\frac{1}{2}$	3×2	$3 \times 2\frac{1}{2}$	4×2	4×3
	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		



DIÂMETRO NOMINAL	2 1/2
	1,37

DIÂMETRO NOMINAL	2 1/2
	0,01

$$L_{2,5"} = 6,5m$$

Diâmetro nominal (pol)	Designação de espessura.	Espessura de parede (mm)	Diâmetro interno (mm)	Área da seção livre (cm ²)	Área da seção de metal (cm ²)	Superfície externa (m ² /m)	Peso aproximado (kg/m)		Momento de inércia (cm ⁴)	Momento resistente (cm ³)	Raio de giração (cm)
							Tubo vazio (Nota 5)	Conteúdo de água			
2½	Std, 40, 40S	5,18	62,7	30,9	11,0	0,235	8,62	3,09	63,68	17,44	2,41
--	XS, 80, 80S	7,01	59,0	27,3	14,5		11,40	2,73	80,12	21,95	2,35
--	160	9,52	54,0	22,9	19,0		14,89	2,29	97,94	26,83	2,27
73	XXS	14,0	44,9	15,9	26,0		20,39	1,59	119,5	32,75	2,14

$D_N = 2,5'' \rightarrow \text{aço 40}$

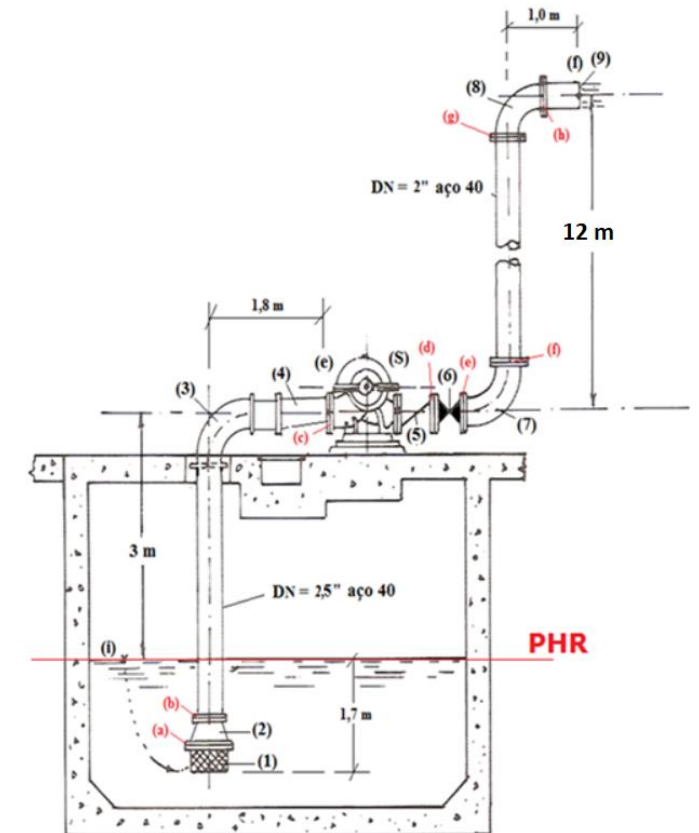
$$\sum L_{eq_{2,5''}} = 2,09\text{m}$$

$D_{int} = 62,7\text{mm}$ e $A=30,9\text{cm}^2$

$$L_{2,5''} = 6,5\text{m}$$

$$H_{p_{2,5''}} = f_{2,5''} \times \frac{(6,5 + 2,09)}{0,0627} \times \frac{Q^2}{19,6 \times (30,9 \times 10^{-4})^2}$$

$$H_{p_{2,5''}} = f_{2,5''} \times 732069,98 \times Q^2$$



Agora é calcular a perda no recalque, ou seja, perda para tubulação de 2"


- 4 – redução excêntrica de 2,5" x 2" - $Leq_4 = 0,64$ m
- 5 – válvula de retenção horizontal da Mipel de 2" – $Leq_5 = 25$ m
- 6 – válvula globo reta sem guia da Mipel de 2" – $Leq_6 = 17,68$ m
- 7 e 8 – curvas fêmeas de 90° de 2" da Tupy – $\Sigma Leq_{7+8} = 2,08$ m
- 9 – saída de tubulação de 2" da Tupy – $Leq_9 = 1,5$ m
- (c) (d) (e) (f) (g) (h) – niples duplos de 2" da Tupy – $\Sigma Leq = 0,06$ m

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 (cm²)	Área da seção de metal (cm²)	Superfície externa (m²/m)	Peso aproximado (kg/m)		Momento de inércia (cm⁴)	Momento resistente (cm³)	Raio de giração (cm)
							Tubo vazio (Nota 5)	Conteúdo de água			
2	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
60	XXS	11,07	38,2	11,4	17,1		13,44	1,14	54,61	18,10	1,79

$$D_N = 2'' \rightarrow \text{aço 40} \rightarrow D_{\text{int}} = 52,5\text{mm e } A = 21,7\text{cm}^2$$

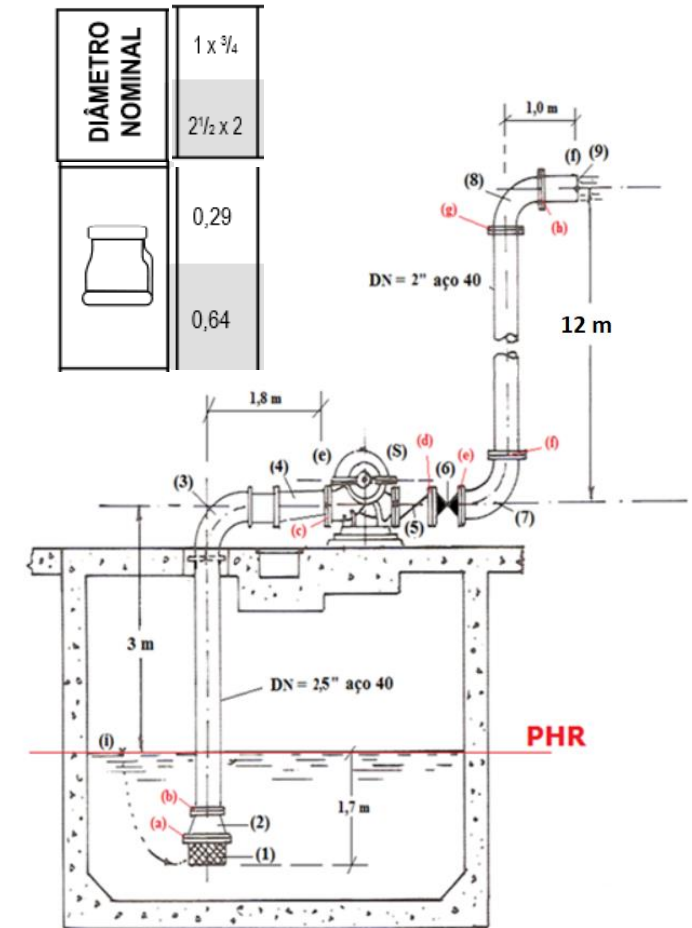
$$\Sigma Leq_{2''} = 46,96\text{m} \quad L_{2''} = 13\text{m}$$

$$H_{p_{2''}} = f_{2''} \times \frac{(13 + 46,96)}{0,0525} \times \frac{Q^2}{19,6 \times (21,7 \times 10^{-4})^2} \Rightarrow H_{p_{2''}} = f_{2''} \times 12374474,97 \times Q^2$$

DIÂMETRO NOMINAL	2
	1,04

DIÂMETRO NOMINAL	2
	0,01

Diâmetro Nominal	Saída da Tubulação
2	1,5



$$H_B = 15 + \frac{\alpha_9 \times Q^2}{2 \times 9,8 \times (21,7 \times 10^{-4})^2} + f_{3''} \times 921127,4 \times Q^2 + f_{2,5''} \times 732069,98 \times Q^2 + f_{2''} \times 12374474,97 \times Q^2$$

$$H_{\text{sistema}} = H_S = H_B = 15 + (\alpha_9 \times 10834,9 + f_{3''} \times 921127,4 + f_{2,5''} \times 732069,98 + f_{2''} \times 12374474,97) \times Q^2$$



A equação anterior representa a equação da CCI, onde devemos observar que ela é constituída de dois termos, um que não depende da vazão e é denominado de carga estática e um que depende da vazão.

Obtemos o ponto de trabalho atribuindo valores para a vazão (Q) e calculando o HS, desta forma traçamos a CCI sobre a CCB e no cruzamento delas, temos o ponto de trabalho.



Na página da WEB http://www.escoladavida.eng.br/hidraulica_1/chamada_de_hidraulica_1.htm clique em consulta e então clique no Determinação do f, por Haaland, Swamee e Jain, Churchill e planilha

1. Entramos com a temperatura d'água, que no caso é 20°C



propriedades do fluido transportado				
temp (°C)	μ (kg/ms)	ρ (kg/m ³)	p_v (Pa)	ν (m ² /s)
18	1,05E-03	998,6		1,055E-06

aqui

propriedades do fluido transportado				
temp (°C)	μ (kg/ms)	ρ (kg/m ³)	p_v (Pa)	ν (m ² /s)
20	1,00E-03	998,2		1,004E-06

2. Entramos com o diâmetro interno em mm e com a área da seção livre em cm²

tubo aço 40	espessura	Dint (mm)	A (cm ²)

tubo aço	espessura	Dint (mm)	A (cm ²)
	40	77,9	47,7

aqui

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

K(m)	DH/k
	#DIV/0!

K(m)	DH/k
4,60E-05	1693

aqui

Na página da WEB http://www.escoladavida.eng.br/hidraulica_I/chamada_de_hidraulica_I.htm clique em consulta e então clique no Determinação do f, por Haaland, Swamee e Jain, Churchill e planilha

4. Entramos com as vazões em m³/h



Q m ³ /h	Q m ³ /h
	8,9
	13,3
	16,9
	17,8
	19,5
	21,2

aqui



5. Clicamos em comparação_f e temos:

Q(m ³ /h)	v(m/s)	Re	f _{Haaland}	f _{Swamee e Jain}	f _{Churchill}	f _{planilha}
8,9	0,52	40380	0,0233	0,0237	0,0238	0,0237
13,3	0,77	59938	0,0219	0,0223	0,0223	0,0222
16,9	0,99	76544	0,0211	0,0215	0,0215	0,0214
17,8	1,04	80332	0,0210	0,0214	0,0214	0,0213
19,5	1,13	87999	0,0207	0,0211	0,0211	0,0210
21,2	1,23	95718	0,0205	0,0209	0,0209	0,0208

Trabalho com essa

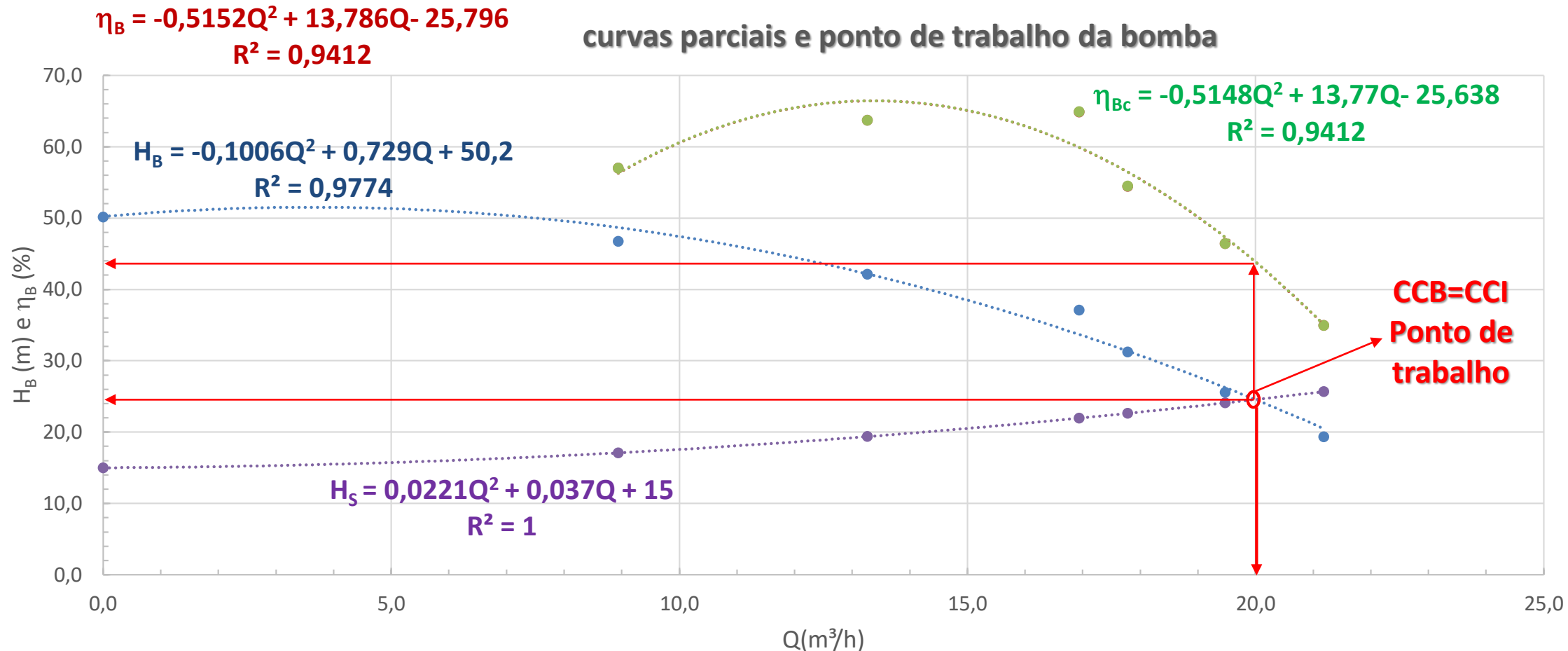
Analogamente obtemos para a tubulação de 2,5" e 2" e calculamos os pontos da CCI, o que resulta:

$$H_{\text{sistema}} = H_S = H_B = 15 + \left(\alpha_9 \times 10834,9 + f_{3''} \times 921127,4 + f_{2,5''} \times 732069,98 + f_{2''} \times 12374474,97 \right) \times Q^2$$



Q(m³/h)	H _B (m)	η _B (%)	f _{3''}	f _{2,5''}	f _{2''}	α ₉	H _S (m)
0	50,2		0	0	0		15
8,9	46,8	57,0	0,0238	0,0234	0,0232	1,0	17,1
13,3	42,1	63,7	0,0223	0,0221	0,0222	1,0	19,4
16,9	37,1	64,9	0,0215	0,0215	0,0216	1,0	22,0
17,8	31,2	54,5	0,0214	0,0214	0,0215	1,0	22,6
19,5	25,6	46,4	0,0211	0,0212	0,0214	1,0	24,1
21,2	19,3	35,0	0,0209	0,0210	0,0212	1,0	25,7

curvas parciais e ponto de trabalho da bomba



- HB = f(Q)
- rendimento
- rendimento corrigido
- CCI
- ⋯ Polinomial (HB = f(Q))
- ⋯ Polinomial (rendimento)
- ⋯ Polinomial (rendimento corrigido)
- ⋯ Polinomial (CCI)



Igualando HB e HS,
obtemos a vazão de
trabalho!

$$-0,1006Q^2 + 0,729Q + 50,2 = 0,0221Q^2 + 0,037Q + 15$$

$$0,1227Q^2 - 0,692Q - 35,2 = 0$$

$$Q_{\tau} = \frac{0,692 \pm \sqrt{(-0,692)^2 - 4 \times 0,1227 \times (-35,2)}}{2 \times 0,1227} \cong 19,991 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \approx 20 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$H_{B\tau} = 0,0221 \times (20)^2 + 0,037 \times 20 + 15 \cong 24,6\text{m}$$

$$\eta_B = -0,5152 \times (20)^2 + 13,786 \times 20 - 25,796 \cong 43,8\%$$

Como a vazão de trabalho ficou acima de $1,2 * Q_{\text{ótima}}$, temos que verificar com cuidado o fenômeno de CAVITAÇÃO.

$$N_B = \frac{998,2 \times 9,8 \times \left(\frac{20}{3600}\right) \times 24,6}{0,438} \cong 3052,34\text{W}$$



Para consolidar o aprendizado e exercitar seu cérebro, resultando em aumento da sua inteligência, assista e reflita sobre os vídeos recomendados a seguir:

Determinação da vazão máxima de uma bomba hidráulica

<https://youtu.be/b9WVAB4LPAU>

Equação da Curva Característica da Instalação (CCI) e a escolha preliminar da bomba

<https://youtu.be/E1URvcZ2920>