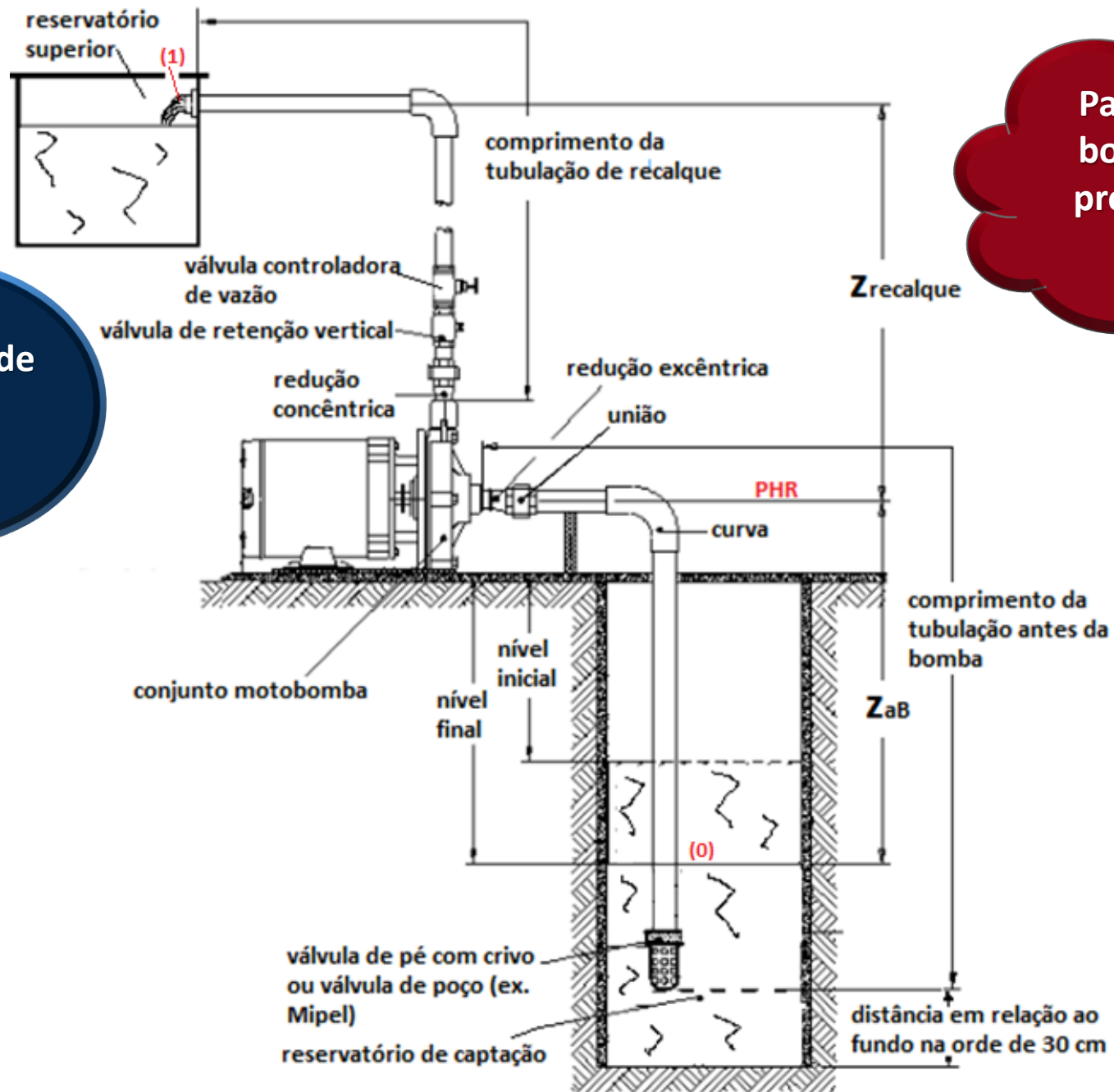




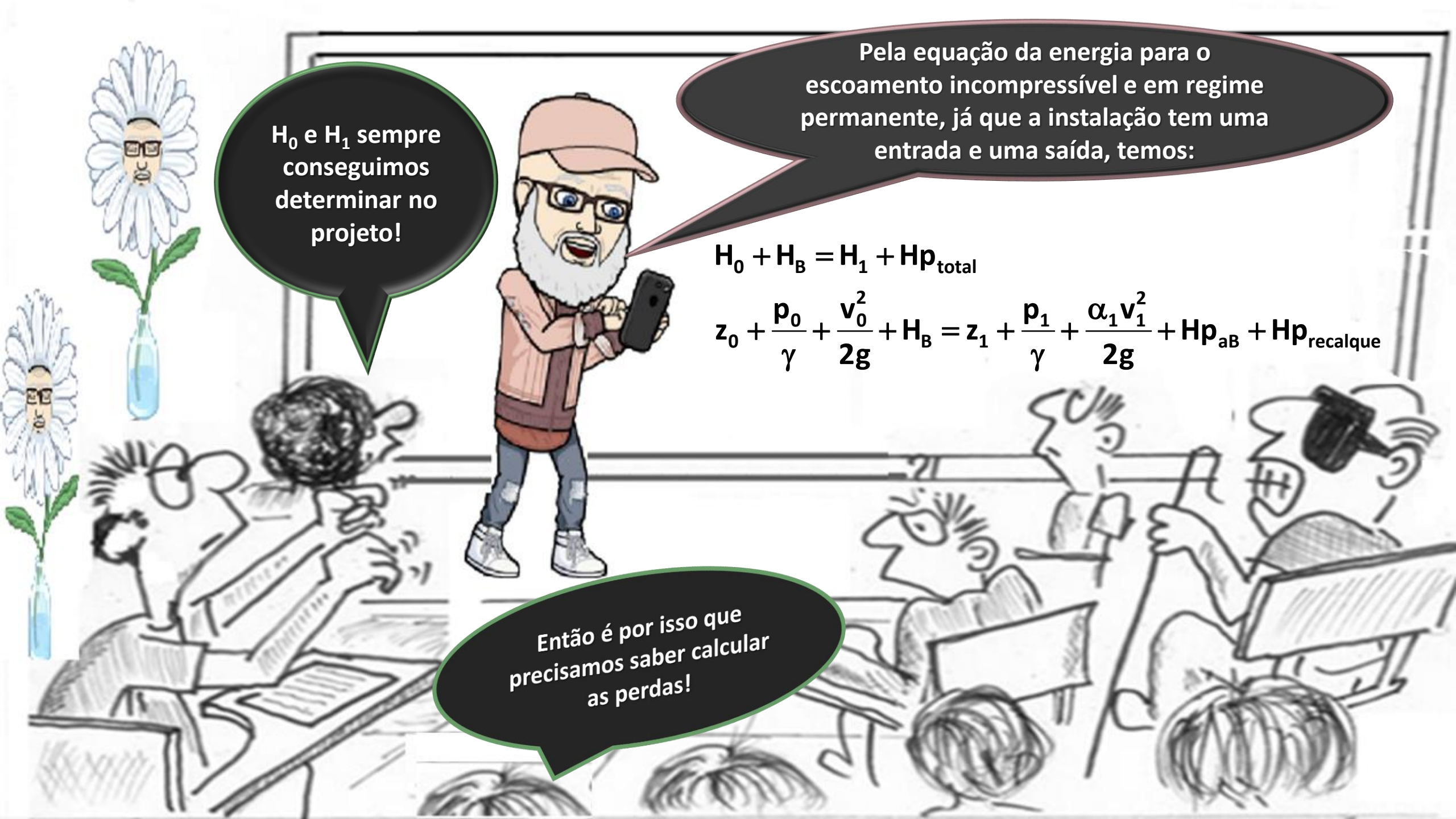
Cálculo das perdas de carga para a especificação da bomba hidráulica!

Instalação de recalque básica!



Para especificar a bomba hidráulica preciso da H_B e da N_B





H_0 e H_1 sempre conseguimos determinar no projeto!

Pela equação da energia para o escoamento incompressível e em regime permanente, já que a instalação tem uma entrada e uma saída, temos:

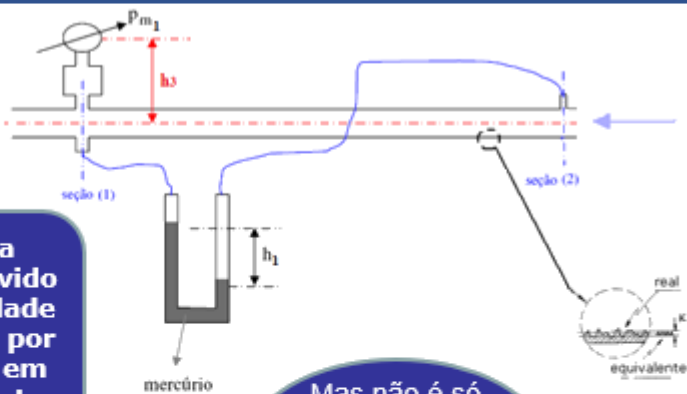
$$H_0 + H_B = H_1 + H_{p_{\text{total}}}$$

$$z_0 + \frac{p_0}{\gamma} + \frac{v_0^2}{2g} + H_B = z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} + H_{p_{aB}} + H_{p_{\text{recalque}}}$$

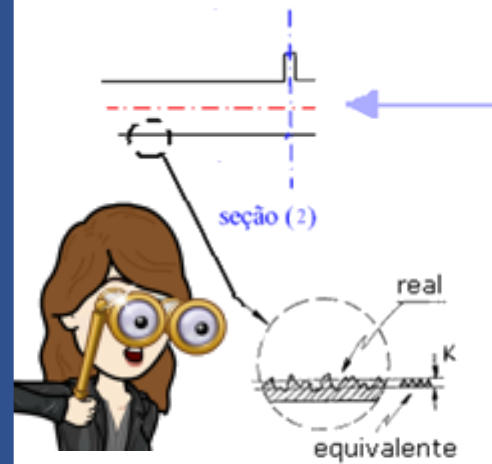
Então é por isso que precisamos saber calcular as perdas!

Perda distribuída h_f

A perda ocorre devido a viscosidade do fluido, por exemplo em um tubo de aço



Mas não é só a viscosidade que a influencia!



A rugosidade equivalente K , também pode ser uma das responsáveis pela perda distribuída, que aumenta com o passar do tempo. No caso da tubulação de aço nova, temos $k=4,6 \times 10^{-5}$ m e para o aço galvanizado $k = 1,52 \times 10^{-4}$ m.

O regime de escoamento do fluido também influencia!

$$k = \varepsilon$$



Calculando pela fórmula universal, ou de Darcy Weisbach

$$h_f = f \times \frac{L}{D_H} \times \frac{v^2}{2g} = f \times \frac{L}{D_H} \times \frac{Q^2}{2g \times A^2}$$

f → coeficiente de perda de carga distribuída; L → comprimento do tubo

D_H → diâmetro hidráulico que em conduto forçado = D_{int}

v → velocidade média do escoamento; g → aceleração da gravidade

Q → vazão do escoamento; A → área da seção formada pelo fluido



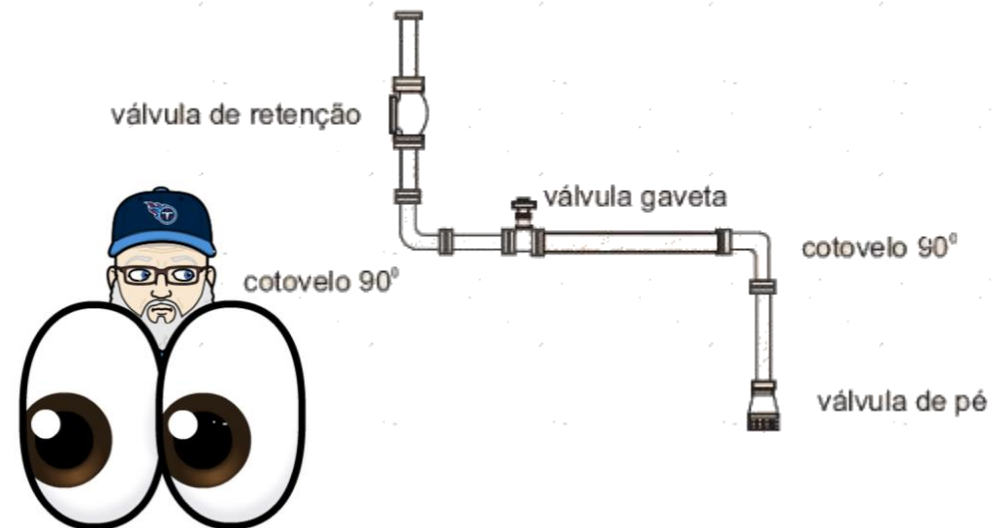


Agora, vamos abordar a experiência de perda de carga singular

$$h_s = K_s \times \frac{v^2}{2g} = K_s \times \frac{Q^2}{2g \times A^2}$$



Uma canalização que possui ao longo de sua extensão diversas singularidades, equivale, sob o ponto de vista de perda de carga, a um encanamento retilíneo de comprimento maior sem singularidades. O método consiste em adicionar à extensão da canalização, para efeito de cálculo, comprimentos tais que correspondam à mesma perda de carga que causariam as singularidades existentes na canalização. Esses comprimentos que substituem as singularidades são chamados de comprimentos equivalentes.





válvula de retenção

cotovelo 90°

Perda em tubulação

válvula gaveta

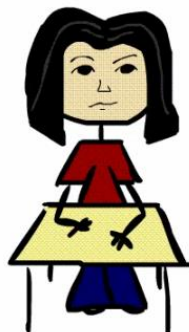
cotovelo 90°

válvula de pé



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

E como
achamos o “f” e
os “Leq”?







Os Leq através de
catálogos, de
preferencia do próprio
fabricante!



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

DN (Bitola)	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	Obliqua
15 (1/2)	6	0,16	0,16	-	5,80	-	0,16	0,55	5,80	4,27	2,44	1,77	1,77
20 (3/4)	10	0,43	0,16	-	5,80	-	0,16	0,55	5,80	4,27	2,44	1,77	1,77
25 (1)	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
32 (1 1/4)	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
40 (1 1/2)	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
50 (2)	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
65 (2 1/2)	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
80 (3)	50	0,70	4,52	2,88	25,00	19,81	0,70	2,13	25,00	17,88	10,38	7,26	7,26
100 (4)	65	0,85	3,62	3,10	28,95	26,80	0,85	2,75	28,95	21,38	-	-	-
125 (5)	80	1,03	3,09	3,95	36,60	32,00	1,03	3,50	36,60	25,90	-	-	-
150 (6)	100	-	-	5,18	45,70	42,85	1,30	4,50	45,70	-	-	-	-
200 (8)	125	-	-	-	-	54,80	1,70	-	-	-	-	-	-
	150	-	-	-	-	64,00	2,00	-	-	-	-	-	-
	200	-	-	-	-	-	2,75	-	-	-	-	-	-

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
	0,23	0,35	0,47	0,70	0,94	1,17	1,41	1,88
	0,22	0,33	0,44	0,67	0,89	1,11	1,33	1,78
		0,16	0,22	0,32	0,43	0,54	0,65	0,86
		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

Exemplos de Leq, podemos ampliar esta informação consultando:















http://www.escoladavida.eng.br/mecfluquimica/planejamento_12015/consulta11.htm

(TUBULAÇÕES DE FERRO FUNDIDO E AÇO)
 Comprimentos Equivalentes a Perdas Localizadas
 (Em Metros de Canalização Retilínea)

DIÂMETRO D	Cotovelo 90° Raio Longo	Cotovelo 90° Raio Médio	Cotovelo 90° Raio Curto	Cotovelo 45°	Curva 90° $R\frac{D}{2}=1\frac{1}{2}$	Curva 90° $R\frac{D}{2}=1$	Curva 45°	Entrada Normal	Entrada de Borda	Registro Gaveta Aberto	Registro Globo Aberto	Registro Ângulo Aberto	TÊ Passagem Direta	TÊ Saída de Lado	TÊ Saída Bilateral	Válvula de Pé e Crivo	Saída de Canali- zação	VÁLVULA DE RETENÇÃO	
																		Tipo Leve	Tipo Pesado
mm pol.																			
13 1/2	0,3	0,4	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,4	0,1	4,9	2,6	0,3	1,0	1,0	3,6	0,4	1,1	1,6
19 3/4	0,4	0,6	0,7	0,3	0,3	0,4	0,2	0,2	0,5	0,1	6,7	3,6	0,4	1,4	1,4	5,6	0,5	1,6	2,4
25 1	0,5	0,7	0,8	0,4	0,3	0,5	0,2	0,3	0,7	0,2	8,2	4,6	0,5	1,7	1,7	7,3	0,7	2,1	3,2
32 1 1/4	0,7	0,9	1,1	0,5	0,4	0,6	0,3	0,4	0,9	0,2	11,3	5,6	0,7	2,3	2,3	10,0	0,9	2,7	4,0
38 1 1/2	0,9	1,1	1,3	0,6	0,5	0,7	0,3	0,5	1,0	0,3	13,4	6,7	0,9	2,6	2,6	11,6	1,0	3,2	4,5
50 2	1,1	1,4	1,7	0,8	0,6	0,9	0,4	0,7	1,5	0,4	17,4	9,5	1,1	3,3	3,5	14,0	1,5	4,2	6,4
63 2 1/2	1,3	1,7	2,0	0,9	0,8	1,0	0,5	0,9	1,9	0,4	21,0	10,0	1,3	4,3	4,3	17,0	1,9	5,2	8,1
75 3	1,6	2,1	2,5	1,2	1,0	1,3	0,6	1,1	2,2	0,5	26,0	13,0	1,6	5,2	5,2	20,0	2,2	6,3	9,7
100 4	2,1	2,8	3,4	1,5	1,3	1,6	0,7	1,6	3,2	0,7	34,0	17,0	2,1	6,7	6,7	25,0	3,2	8,4	12,9
125 5	2,7	3,7	4,2	1,9	1,6	2,1	0,9	2,0	4,0	0,9	43,0	21,0	2,7	8,4	8,4	30,0	4,0	10,4	16,1
150 6	3,4	4,5	4,9	2,3	1,9	2,5	1,1	2,5	5,0	1,1	51,0	26,0	3,4	10,0	10,0	36,0	5,0	12,5	19,3
200 8	4,3	5,5	6,4	3,0	2,4	3,3	1,5	3,3	6,0	1,4	67,0	34,0	4,3	13,0	13,0	52,0	6,0	16,0	25,0
250 10	5,5	6,7	7,9	3,8	3,0	4,1	1,8	4,5	7,5	1,7	85,0	43,0	5,5	16,0	16,0	65,0	7,5	20,0	32,0
300 12	6,1	7,9	9,5	4,6	3,6	4,6	2,2	5,3	9,0	2,1	102,0	51,0	6,1	19,0	19,0	78,0	9,0	24,0	36,0
350 14	7,2	9,5	10,5	5,3	4,4	5,4	2,5	6,2	11,0	2,4	120,0	60,0	7,3	22,0	22,0	90,0	11,0	28,0	45,0



**TABELA II: PERDA DE CARGA LOCALIZADA.
COMPRIMENTO EQUIVALENTE EM METROS DE TUBULAÇÃO DE PVC**

Colável Ømm	25	32	40	50	60	75	85	110	140	160	200	250	300	
Roscável	3/4"	1"	1¼"	1½"	2"	2½"	3"	4"	5"	6"				
Joelho 90°	1,2	1,5	2,0	3,2	3,4	3,7	3,9	4,3	4,9	5,4	7,1	8,7	10,0	
Joelho 45°	0,5	0,7	1,0	1,0	1,3	1,7	1,8	1,9	2,4	2,6	3,4	4,2	5,0	
Curva 90°	0,5	0,6	0,7	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,9	2,1	2,8	3,4	4,0	
Curva 45°	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,6	1,9	2,3	
Tê 90° Dir	0,8	0,9	1,5	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	3,3	3,8	4,8	5,9	6,9	
Tê 90° Lat	2,4	3,1	4,6	7,3	7,6	7,8	8,0	8,3	10,0	11,0	14,0	17,0	21,0	
Reg.Gaveta Aber	0,2	0,3	0,4	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,6	2,0	2,4	
Valv.Globo Aber	11,0	15,0	22,0	36,0	38,0	38,0	40,0	42,0	51,0	57,0	72,0	89,0	106,0	
Saída Canal.	0,9	1,3	1,4	3,2	3,3	3,5	3,7	3,9	4,9	5,5	6,9	8,6	10,0	
Ent. Normal	0,4	0,5	0,6	1,0	1,5	1,6	2,0	2,2	2,5	2,8	3,8	4,7	5,6	
Ent. Borda	1,0	1,2	1,8	2,3	2,8	3,3	3,7	4,0	5,0	5,6	7,2	9,0	11,0	
Valv.Pê Crivo	9,5	13,0	16,0	18,0	24,0	25,0	27,0	29,0	37,0	43,0	53,0	66,0	78,0	
Valv.Ret.Horiz.	2,7	3,8	4,9	6,8	7,1	8,2	9,3	10,0	13,0	14,0	18,0	22,0	26,0	
Valv.Ret.Vert.	4,1	5,8	7,4	9,1	11,0	13,0	14,0	16,0	19,0	21,0	28,0	34,0	41,0	

Existem diferenças entre as tabelas, portanto é fundamental que saibamos qual usar e mencionar a referência!



Singularidade	Condições de funcionamento da singularidade	$\frac{L_e}{D_H}$
válvula angular	totalmente aberta	175
válvula globo	haste de 60° - aberta	175
válvula globo	haste de 45° - aberta	145
válvula de retenção	totalmente aberta	135
válvula de pé	totalmente aberta	250
cotovelo de 90°	-----	45
curva de 90°	-----	30
cotovelo de 45°	-----	20
curva de 45°	-----	15
entrada normal	-----	17
entrada de borda	-----	35
saída de tubulação	-----	35
ampliação gradual	-----	12
redução gradual	-----	6
tê passagem direta	-----	20
tê saída bilateral	-----	65
tê saída lateral	-----	50
luva - uniões e uniões com flange	-----	7
curva 180°	-----	75

Fazer tudo igual nos aprisiona a velhos resultados, se desejamos aprender, devemos assumir o volante de nossa formação, só assim caminharemos com as próprias pernas e construiremos novos caminhos. Raimundo (Alemão) Ferreira Ignácio

- Por que utilizar um inversor de frequência?
- Bitolas dos tubos de PVC - fonte de consulta TIGRE
- Determinação do f , por Haaland, Swamee e Jain, Churchill e planilha
- Manual da MIPEL
- Catálogo da Tupy
- Tubos industriais de aço - norma ANSI
- Material importante para consulta no desenvolvimento de projetos e avaliações oficiais (P1,P2 ...)
- Obtenção das propriedades do mercúrio e d'água em função da temperatura

Vamos agora
ver a
determinação
do f





Introdução de dados:

1^o
temperatura
do fluido

Legenda	
	deve ser preenchida
	será calculada
	preenchimento opcional
	copiado de outra planilha

Planilha
preparada
para água
até 40°C



Exemplo água a 20°C

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

2^o diâmetro interno do tubo em mm, sendo forçado a área de seção livre do tubo e a rugosidade equivalente do mesmo, exemplo aço 40 com DN = 1,5", portanto consultando a norma ANSI B3610: $D_{int} = 40,8$ mm; $A = 13,1$ cm² e $K = 4,6 * 10^{-5}$ m

mat. tubo aço			
espessura	Dint (mm)	A (cm ²)	
40	40,8	13,1	

K(m)	D _H /k
4,60E-05	887

3º entramos com a vazão em m³/h, se ela estiver em outra unidade deve ser transformada para m³/h, exemplo 2,08 *10⁻³ m³/s

Q m ³ /h	Q(m ³ /s)	Q(L/s)	Q(L/min)
=K20*3600	deve transformar para m ³ /h		
2,08E-03			

➔

Q m ³ /h	Q(m ³ /s)	Q(L/s)	Q(L/min)
7,5	deve transformar para m ³ /h		
2,08E-03			

Agora é só clicar na última aba "comparação dos f" e ler:

Podemos ainda determinar o "f" pelo diagrama de Rouse e pelo diagrama de Moody



Q(m ³ /h)	v(m/s)	Re	f _{Haaland}	f _{Swamee e Jain}	f _{Churchill}	f _{planilha}	f _{experimental}
7,5	1,59	64524	0,0233	0,0238	0,0238	0,0236	
0,0	0,00	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	
0,0	0,00	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	

Q(m³/h)	v(m/s)	Re	f _{Haaland}	f _{Swamee e Jain}	f _{Churchill}	f _{planilha}
7,5	1,59	64524	0,0233	0,0238	0,0238	0,0236

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{2,08 \times 10^{-3}}{13,1 \times 10^{-4}} \cong 1,59 \frac{m}{s}$$

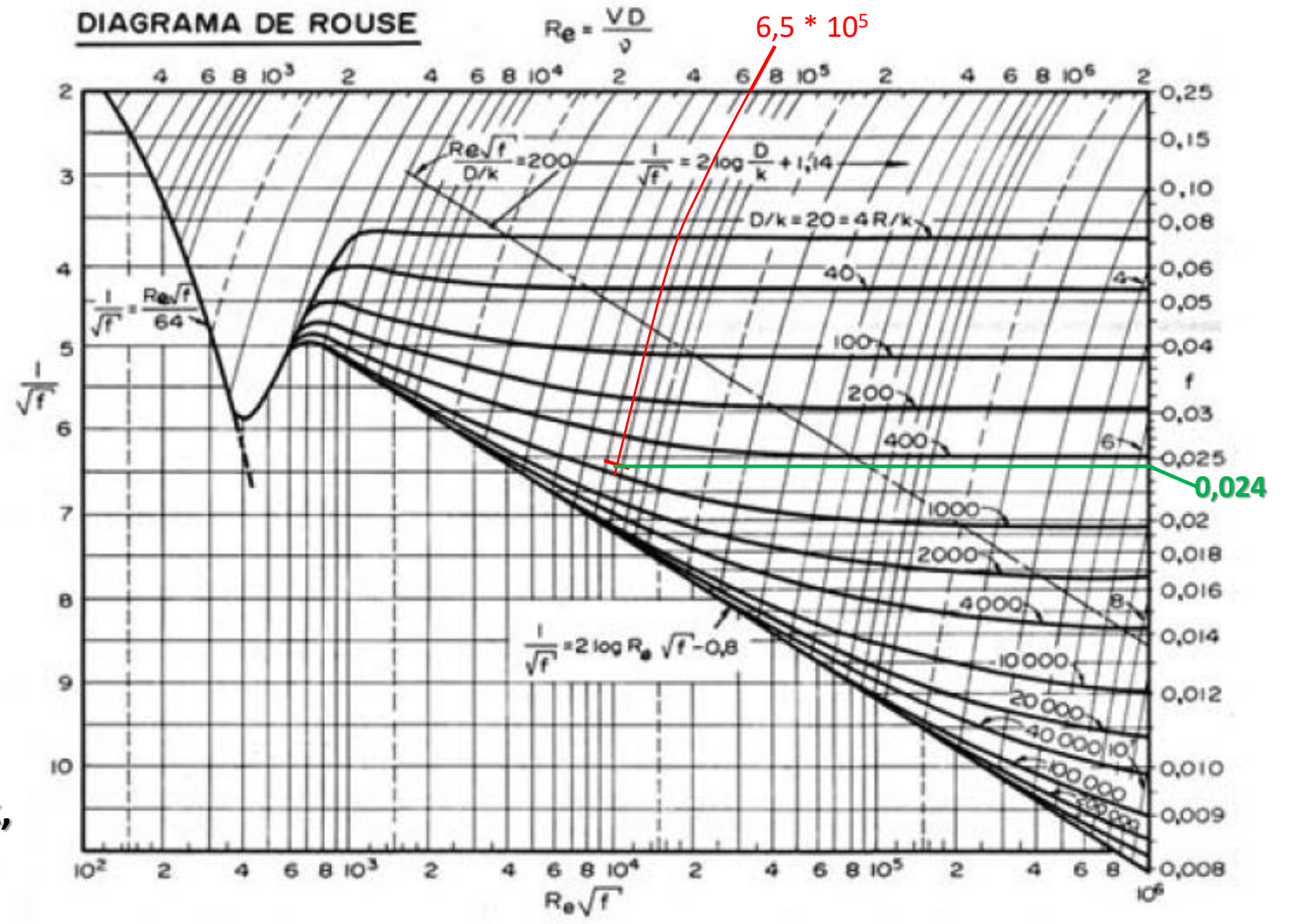
$$Re = \frac{vD_H}{\nu} = \frac{1,59 \times 0,0408}{1,004 \times 10^{-6}} = 64524$$

$$Re \cong 6,5 \times 10^4$$

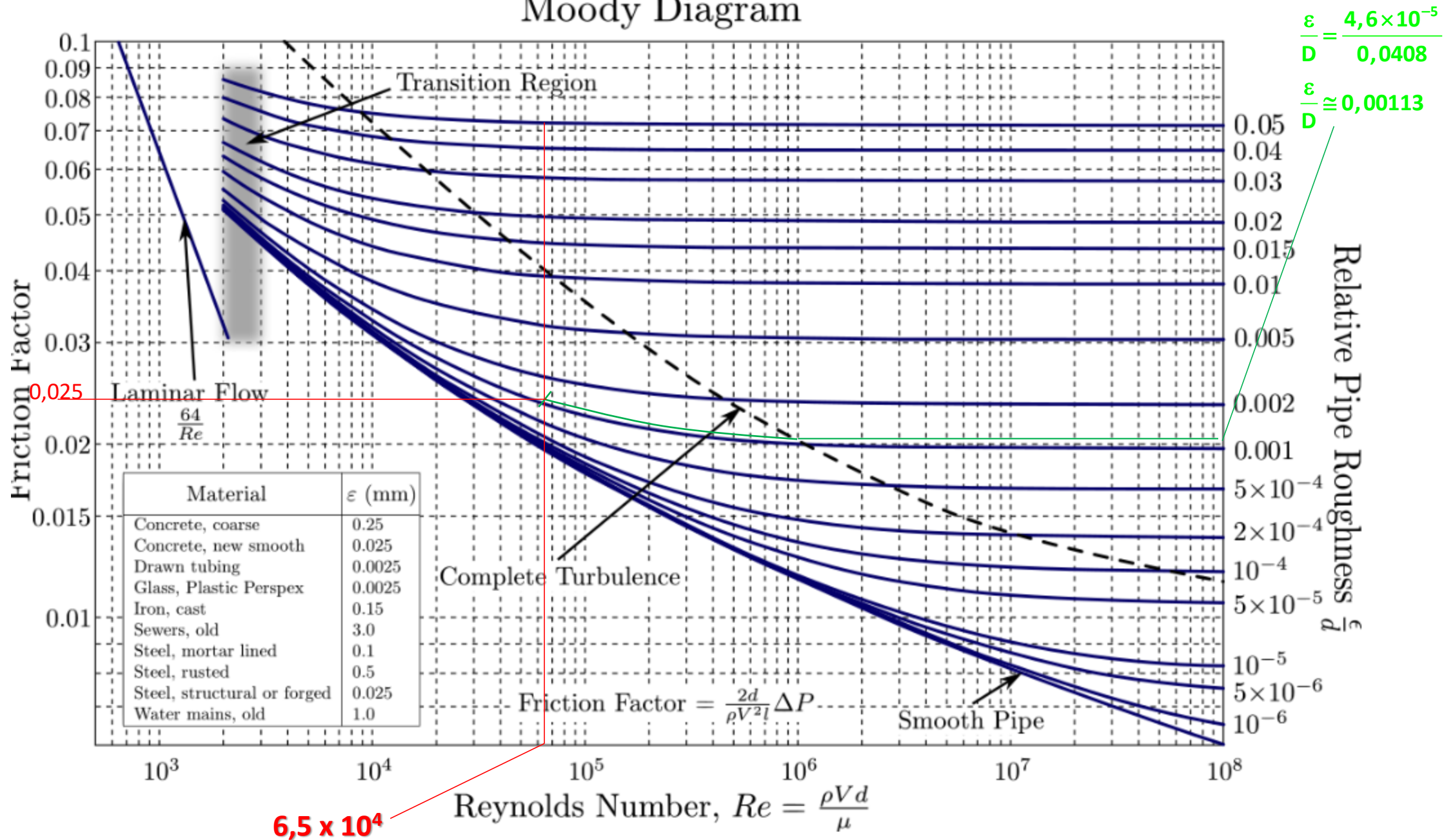
Como deu maior que 2000,
calculamos:

$$\frac{D_H}{k} = \frac{0,0408}{4,6 \times 10^{-5}} \cong 887 \approx 850$$

1. Marcamos Re e descemos uma curva paralela as demais.
2. Marcamos DH/k
3. No cruzamento de Re com DH/k, puxamos uma horizontal para a direita e lemos f

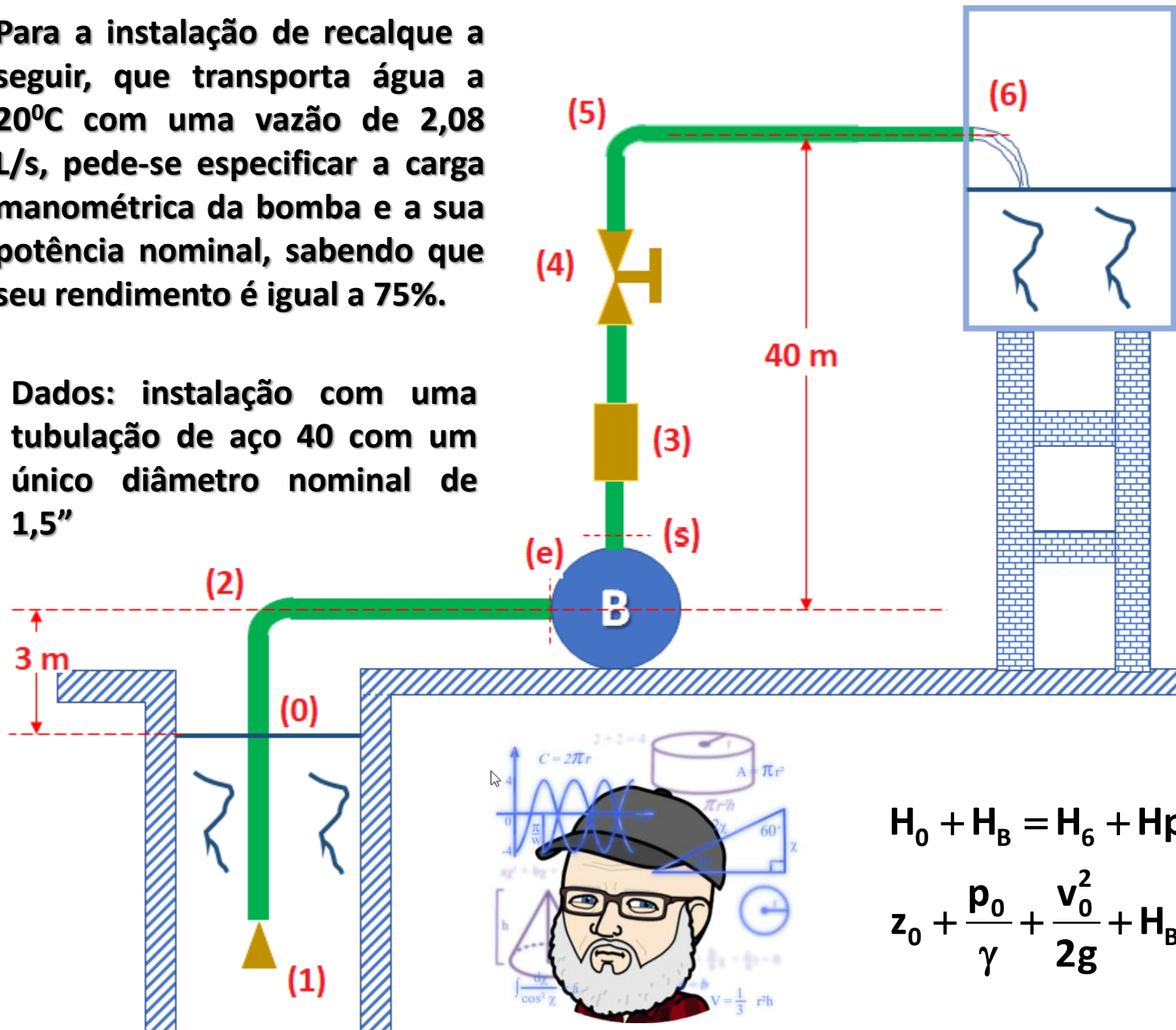


Moody Diagram



Para a instalação de recalque a seguir, que transporta água a 20°C com uma vazão de 2,08 L/s, pede-se especificar a carga manométrica da bomba e a sua potência nominal, sabendo que seu rendimento é igual a 75%.

Dados: instalação com uma tubulação de aço 40 com um único diâmetro nominal de 1,5"



Dados:

$$L_{aB} = 4 \text{ m}; L_{\text{recalque}} = 82 \text{ m}; g = 9,8 \text{ m/s}^2;$$

- (1) – válvula de pé com crivo ou válvula de poço da Mipel;
- (2) - joelho fêmea de 90° da Tupy
- (3) - válvula de retenção vertical da Mipel;
- (4) - válvula globo reta sem guia aberta da Mipel;
- (5) - joelho fêmea de 90° da Tupy
- (6) - saída de canalização da Tupy

$$H_0 + H_B = H_6 + H_{p_{\text{total}}}$$

$$z_0 + \frac{p_0}{\gamma} + \frac{v_0^2}{2g} + H_B = z_6 + \frac{p_6}{\gamma} + \frac{\alpha_6 v_6^2}{2g} + H_{p_{aB}} + H_{p_{\text{recalque}}}$$