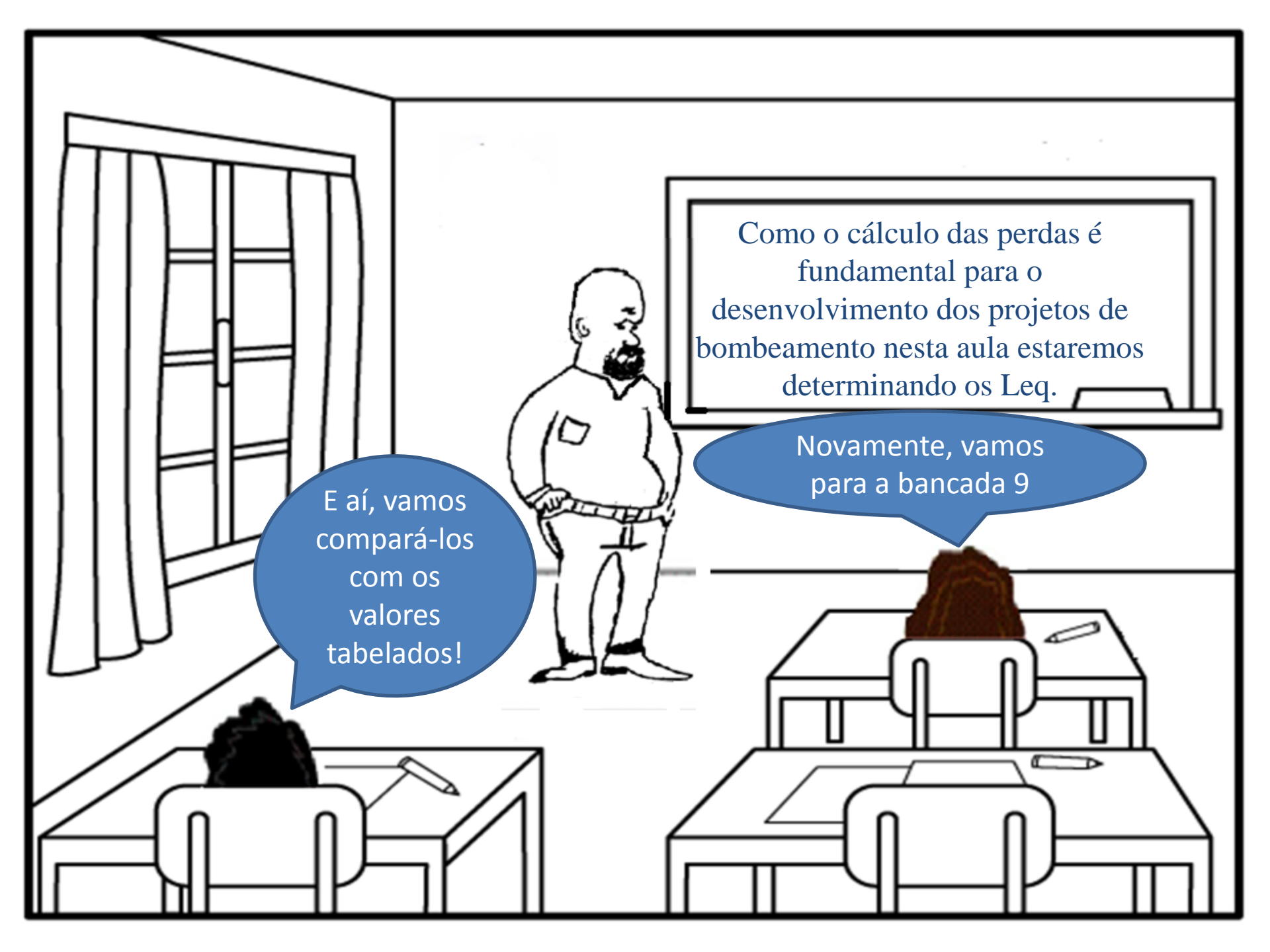


Aula 2 de laboratório de ME5330

Segundo semestre de 2012

A black and white line drawing of a classroom. A teacher with a beard and a white shirt stands in the center, looking towards a whiteboard on the right. The whiteboard contains text in Portuguese. In the foreground, there are two desks with chairs, each with a student's head visible from behind. A window with curtains is on the left. Two blue speech bubbles contain additional text.

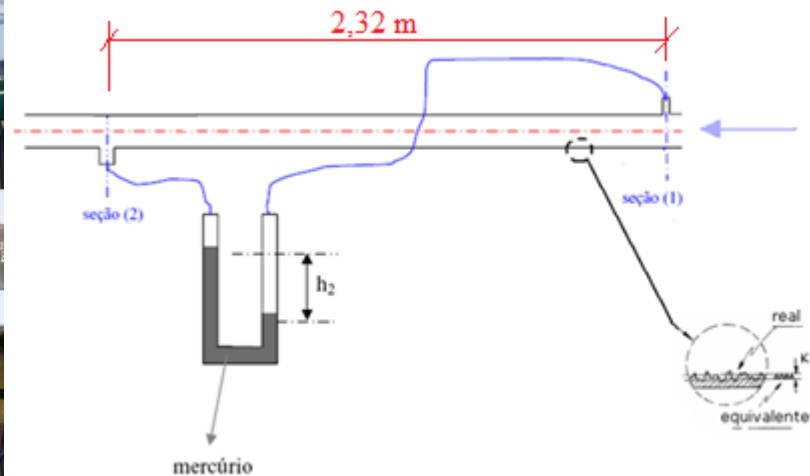
Como o cálculo das perdas é fundamental para o desenvolvimento dos projetos de bombeamento nesta aula estaremos determinando os Leq.

E aí, vamos compará-los com os valores tabelados!

Novamente, vamos para a bancada 9



Trecho da bancada 9 onde determinamos a perda distribuída nos tubos de 2", 1,5" e 1". Tendo a perda e determinando a vazão, pode-se calcular o "f" experimental.



$$h_{f_{1-2}} = \frac{p_1 - p_2}{\gamma}$$

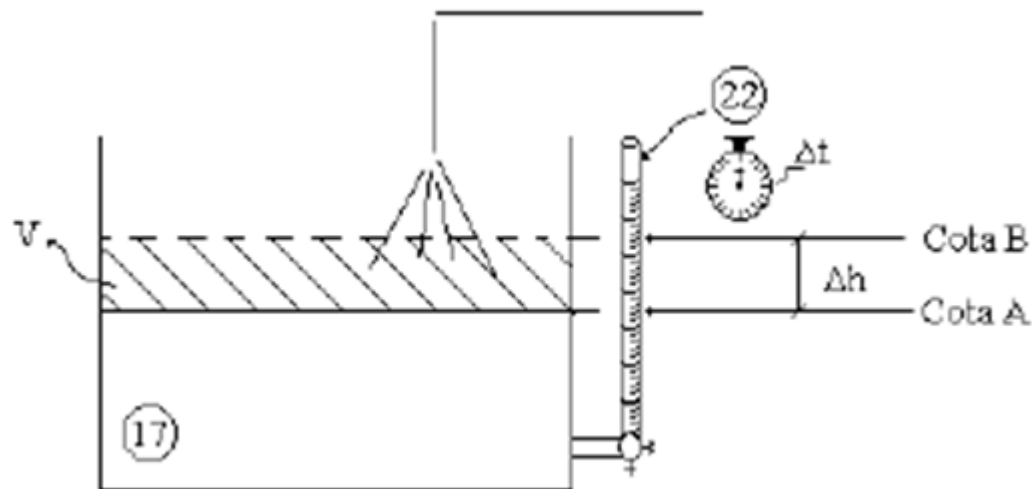
$$h_{f_{1-2}} = h \times \left(\frac{\gamma_{\text{Hg}} - \gamma_{\text{H}_2\text{O}}}{\gamma_{\text{H}_2\text{O}}} \right)$$

Determinação da vazão



Determinação da vazão de forma direta

$$Q = \frac{\text{volume}}{\text{tempo}} = \frac{\Delta h \times A_{\text{tanque}}}{t}$$



Determinação experimental do coeficiente de perda de carga distribuída.

Após ter calculado a perda distribuída e a vazão, temos:



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

$$Q = v \times A \therefore v = \frac{Q}{A}$$

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

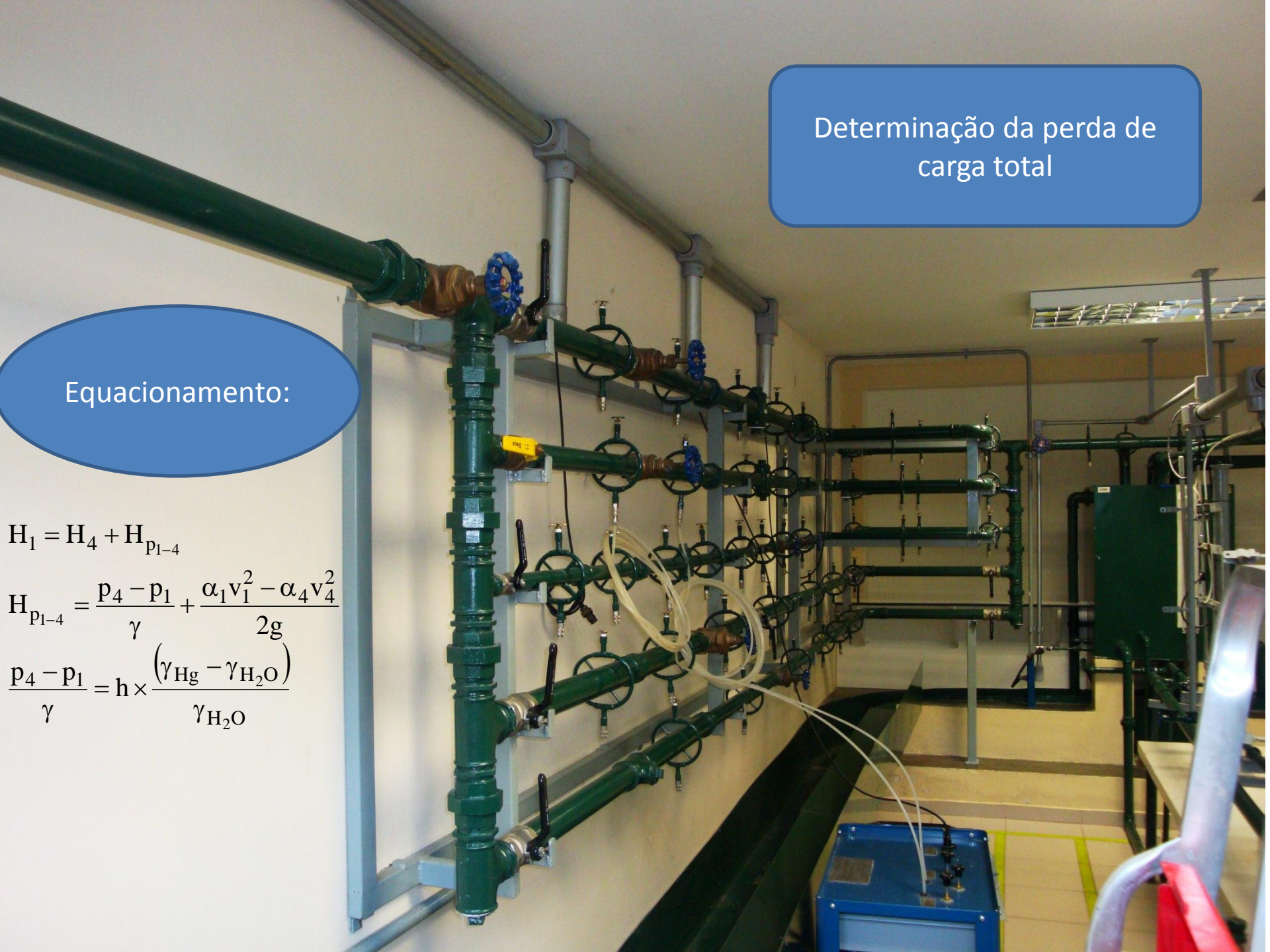
Determinação da perda de carga total


Equacionamento:

$$H_1 = H_4 + H_{p1-4}$$

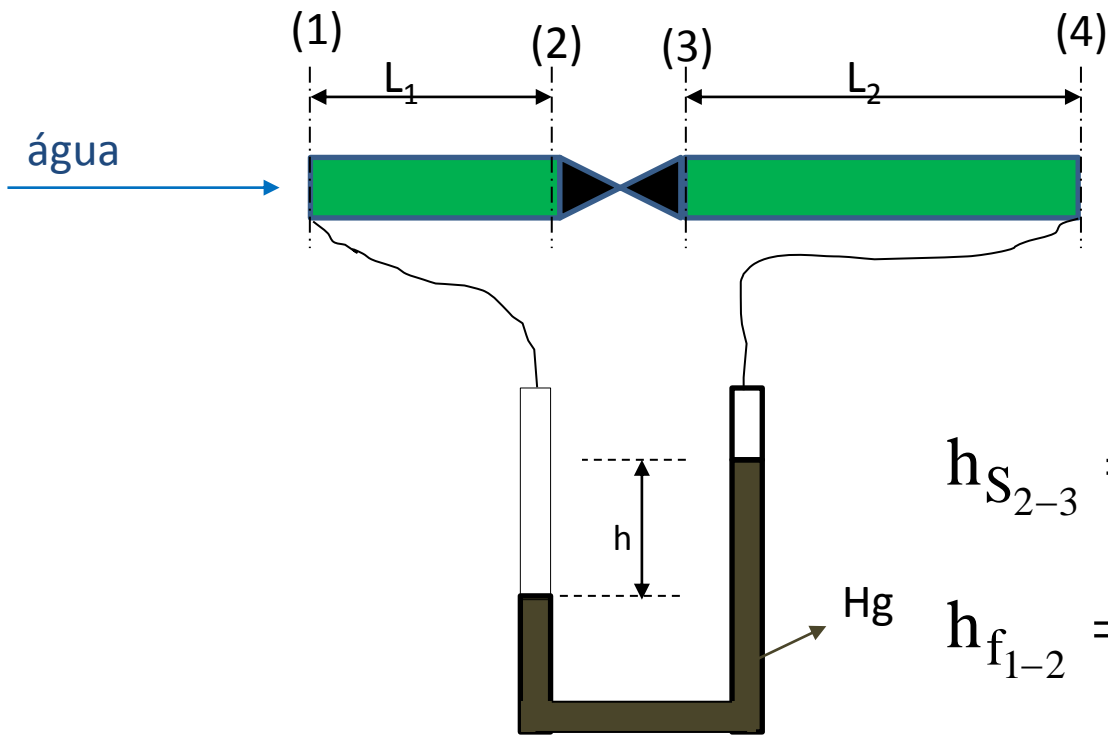
$$H_{p1-4} = \frac{p_4 - p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 v_1^2 - \alpha_4 v_4^2}{2g}$$

$$\frac{p_4 - p_1}{\gamma} = h \times \frac{(\gamma_{Hg} - \gamma_{H_2O})}{\gamma_{H_2O}}$$





Determinação
da perda de
carga
localizada,
exemplo: na
válvula globo
de 2"



$$h_{S_{2-3}} = H_{p_{1-4}} - (h_{f_{1-2}} + h_{f_{3-4}})$$

$$h_{f_{1-2}} = L_1 \times \frac{h_f}{L} \rightarrow h_{f_{3-4}} = L_2 \times \frac{h_f}{L}$$

$$h_s = K_S \times \frac{v^2}{2g}$$

$$\therefore K_S \cong \frac{h_s}{\frac{v^2}{2g}} \rightarrow \text{obter graficamente}$$



Conhecida a perda singular, podemos calcular o K_S

$$Leq_{VGL} = \frac{K_S \times D_H}{f}$$

No próximo slide eu apresento um exemplo de cálculo do comprimento equivalente



Agora seria comparar com os valores tabelados!



Reservatório		
L_1 (cm)	L_2 (cm)	A (cm ²)
73,9	73,9	5461,2

Tubulações					
2" sch 40		1,5" Sch 40		1" Sch 40	
Dint (mm)	A(cm ²)	Dint (mm)	A(cm ²)	Dint (mm)	A(cm ²)
52,5	21,7	40,8	13,1	26,6	5,57

propriedades			
água		Hg	
T(°C)	ρ (kg/m ³)	μ (kg/ms)	ρ (kg/m ³)
20	998,2	0,000958	13543

Tabela de dados

Ensaio	Frequência	Tubo	Δh (mm)	t(s)	Perda distribuída		Perda total	
					h(mm)	L (m)	h'(mm)	L' (m)
1	60	2"	100	15,15	26	2,32	165	0,43

Tabela de resultados

Q(m ³ /s)	v(m/s)	Re	h_f (m)	f	Hp (m)	hs(m)	Ks	Leq (m)
0,00360	1,7	90871,5	0,327	0,0525	2,1	2,0	14,3	14,3

Tabela de dados para 2 "

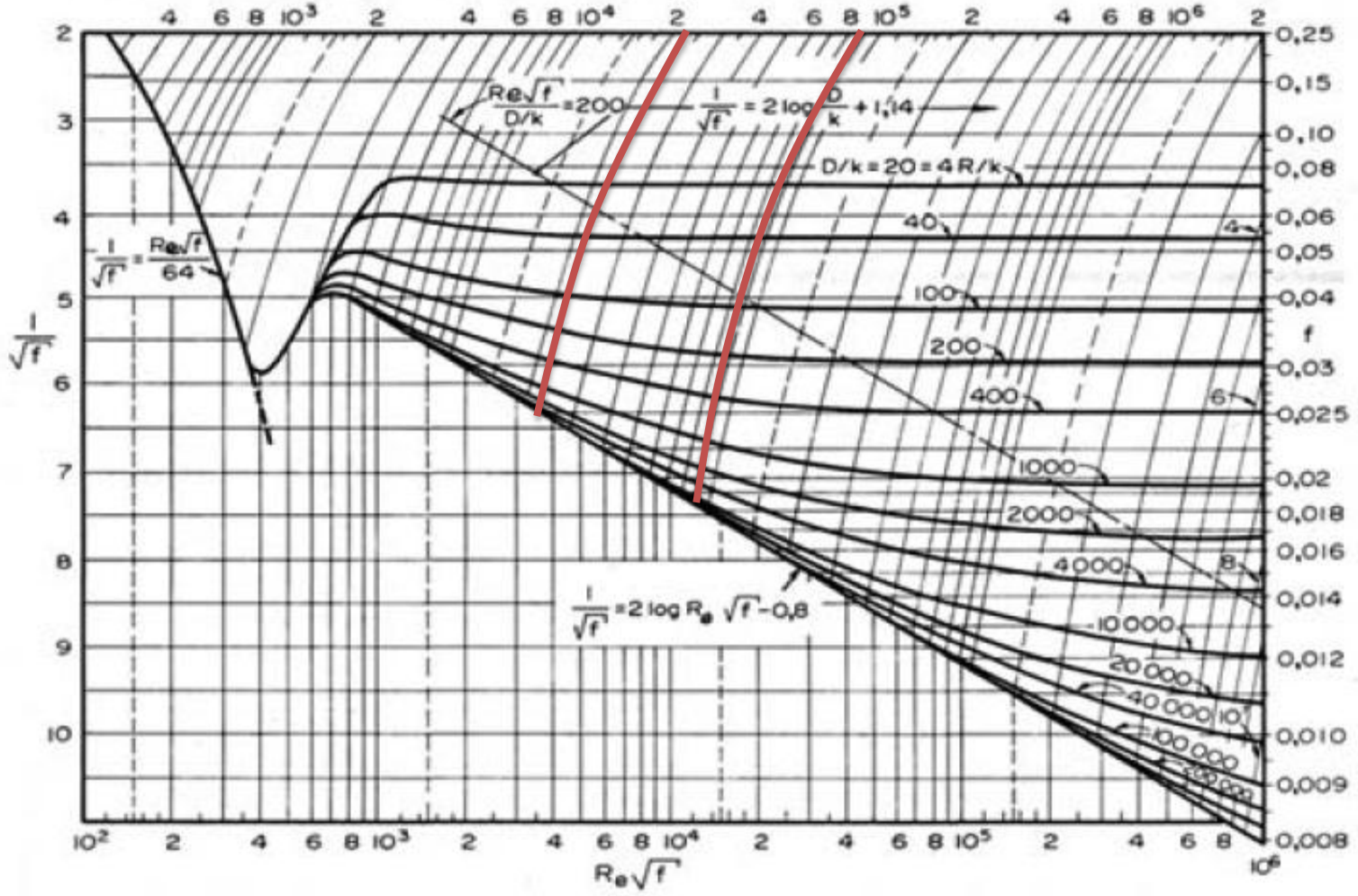
Desnível de Tubo em "U" (mm)												Vazão	
f(Hz)	Válvula globo	União	Cruzeta Passage m direta	T passagem direta	Cotovelo 90º	Curva 90º	T ateral	Cotovelo Bilateral	Trecho(cruz eta válvula globo e válvula esfera)	Trecho curva 90ª, união, globo	Trecho perda Distribuida	h(cm)	t(s)
60	160	8	4	4	20	10	18	18	185	200	20	10	14,96
55	129	0	0	6	14	6	16	16	155	180	19	10	16,96
50	110	0	0	5	12	4	12	13	128	126	15	10	18,2
45	88	0	0	4	11	3	11	11	100	112	13	10	20,46
40	68	0	0	3	9	2	9	8	80	93	10	10	23,4
35	50	0	0	2	7	1	8	4	62	66	7	10	27,06
30	36	0	0	1	5	0	6	1	42	51	5	10	33,41
25	21	0	0	0	4	0	3	0	29	29	3	10	41,35
20	11	0	0	0	2	0	0	0	11	13	1	10	60,06
L(cm)	41,5	49	45	43	69	55	53	59	110,5	245	255		

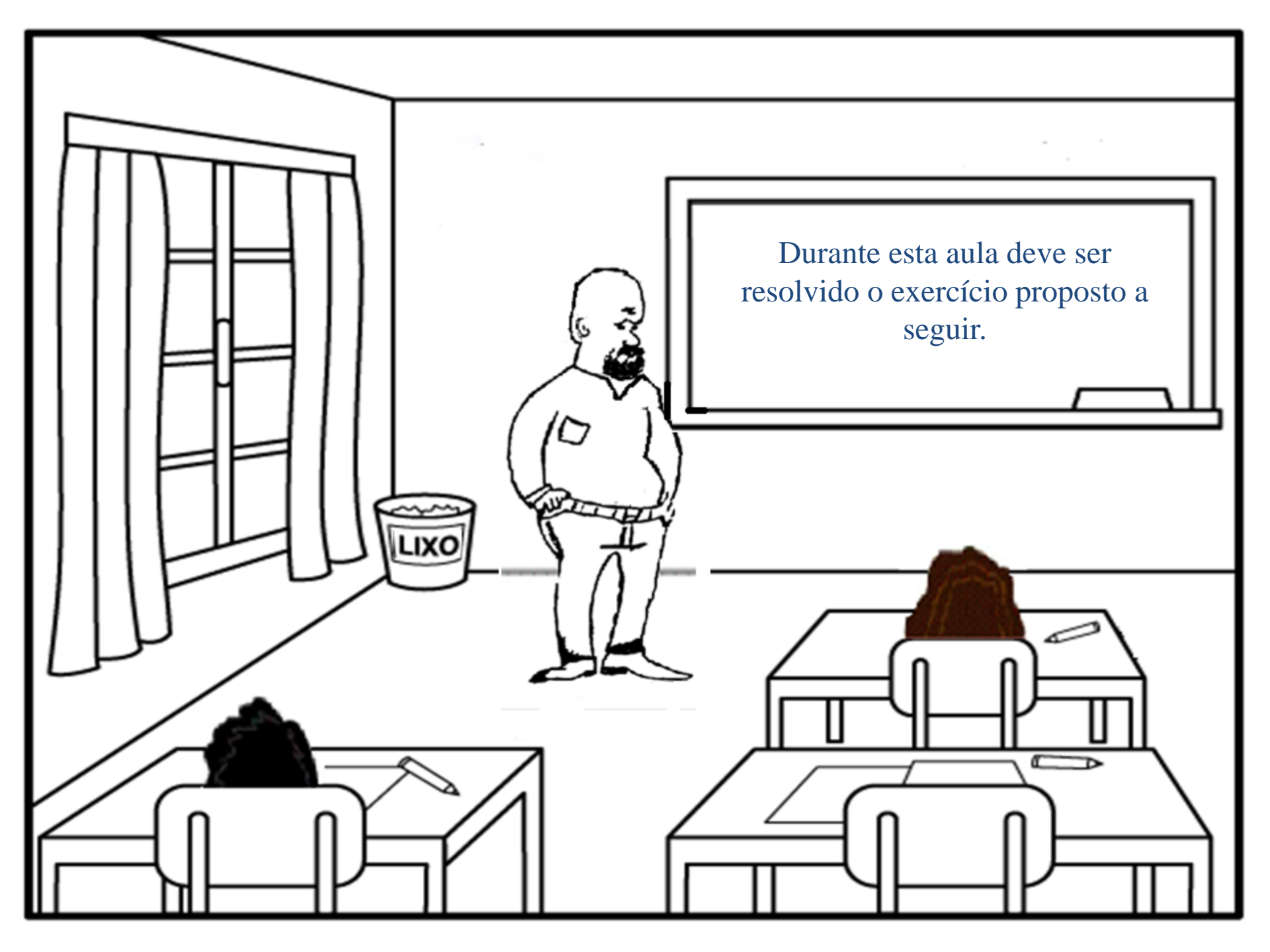
Dados físicos	
Temperatura(°F)	66
$\rho_{\text{água}}$ (kg/m ³)	998,6
v(m ² /s)	1,06E-06
$\rho_{\text{mercúrio}}$ (kg/m ³)	13548
área do tanque (m ²)	<u>0,5625</u>
Dados Tubos	
D2"(mm)	52,5
A2"(cm ²)	21,7

Vazão (m³/h)	v(m/s)	Re
13,5	1,73	86226,0
11,9	1,5	76057,8
11,1	1,4	70875,8
9,9	1,3	63046,9
8,7	1,1	55125,7
7,5	0,958	47669,6
6,1	0,776	38609,4
4,9	0,627	31195,7
3,4	0,432	21477,5

DIAGRAMA DE ROUSE

$$Re = \frac{VD}{\nu}$$



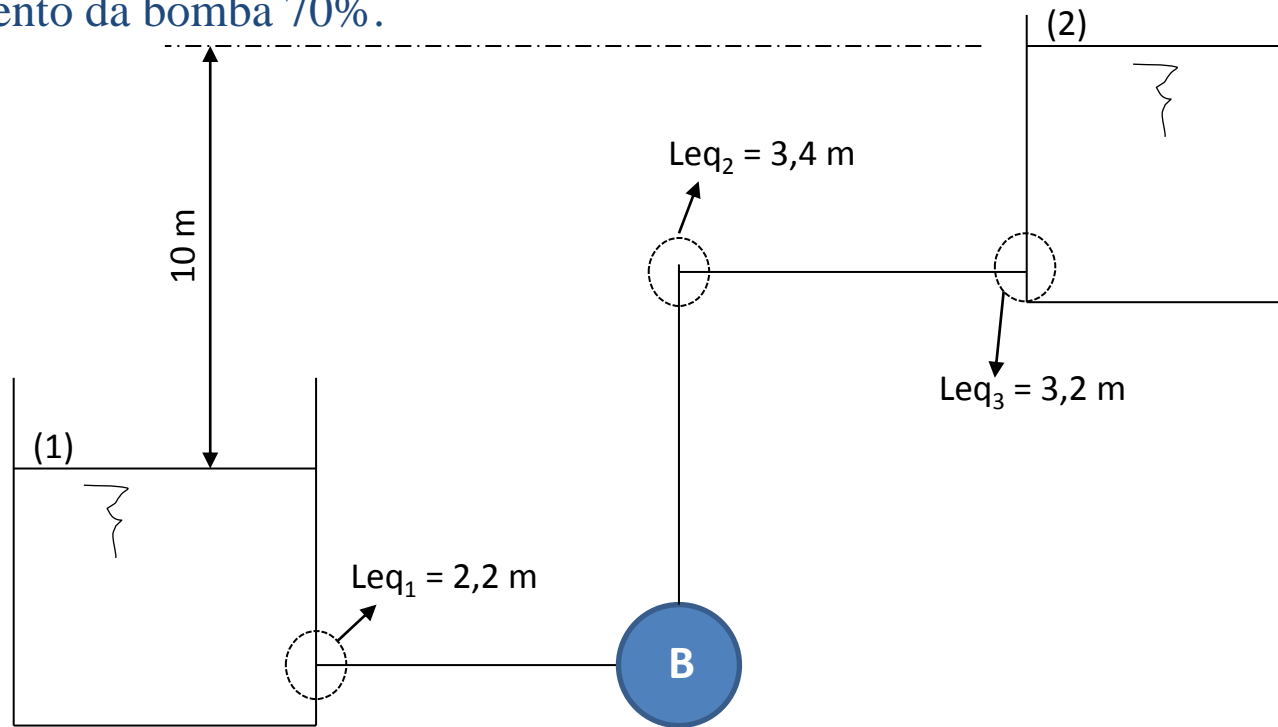


Durante esta aula deve ser resolvido o exercício proposto a seguir.

Na instalação da figura a bomba B recalca água do reservatório R1 para o reservatório R2, ambas em nível constante. As perdas de carga singulares são consideradas pelos comprimentos equivalentes. Determinar:

- a vazão da tubulação;
- A potência da bomba em W.

São dados: $D_{\text{int}} = 10 \text{ cm}$; comprimento total de tubo = 50 m; tubos de ferro fundido ($k=2,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}$; $g = 9,8 \text{ m/s}^2$; $\nu = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$; $\gamma = 9800 \text{ N/m}^3$; a perda de carga total igual a 4,9 m e rendimento da bomba 70%.



$$\text{Re} \sqrt{f} = \frac{D}{v} \times \sqrt{\frac{h_f \times D \times 2g}{L + \sum L_{eq}}} = \frac{0,1}{10^{-6}} \times \sqrt{\frac{4,9 \times 0,1 \times 19,6}{50 + 2,2 + 3,4 + 3,2}}$$

$$\text{Re} \sqrt{f} \cong 40415 \cong 4 \times 10^4$$

$$\frac{D}{K} = \frac{0,1}{2,5 \times 10^{-4}} = 400$$

Agora é só consultar o diagrama de Rouse e determinar o coeficiente de perda de carga distribuída.



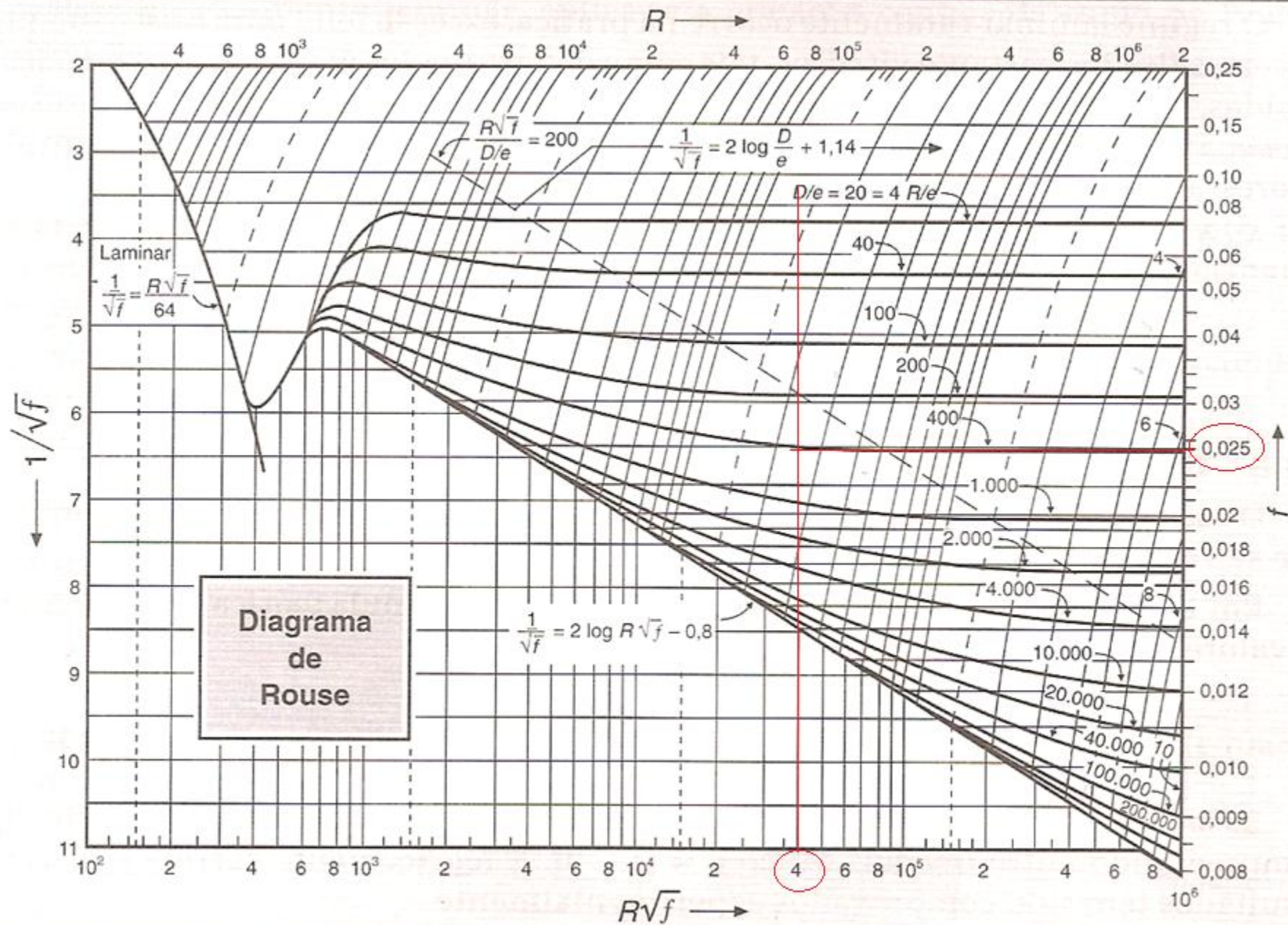


Figura 8.8 - Diagrama de Rouse

$$4,9 = 0,025 \times \frac{58,8}{0,1} \times \frac{Q^2}{19,6 \times \left(\frac{\pi \times 0,1^2}{4} \right)^2}$$

$$Q = \sqrt{\frac{4,9 \times 0,1 \times 19,6 \times (\pi \times 0,1^2)^2}{0,025 \times 58,8 \times 16}} \cong 4,03 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 0,403 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

$$H_1 + H_B = H_2 + H_{p_{\text{total}}} \quad \therefore 0 + H_B = 10 + 4,9 \Rightarrow H_B = 14,9\text{m}$$

$$N_B = \frac{\gamma \times Q \times H_B}{\eta_B} = \frac{9800 \times 4,03 \times 10^{-4} \times 14,9}{0,70} \cong 84,1\text{kW}$$