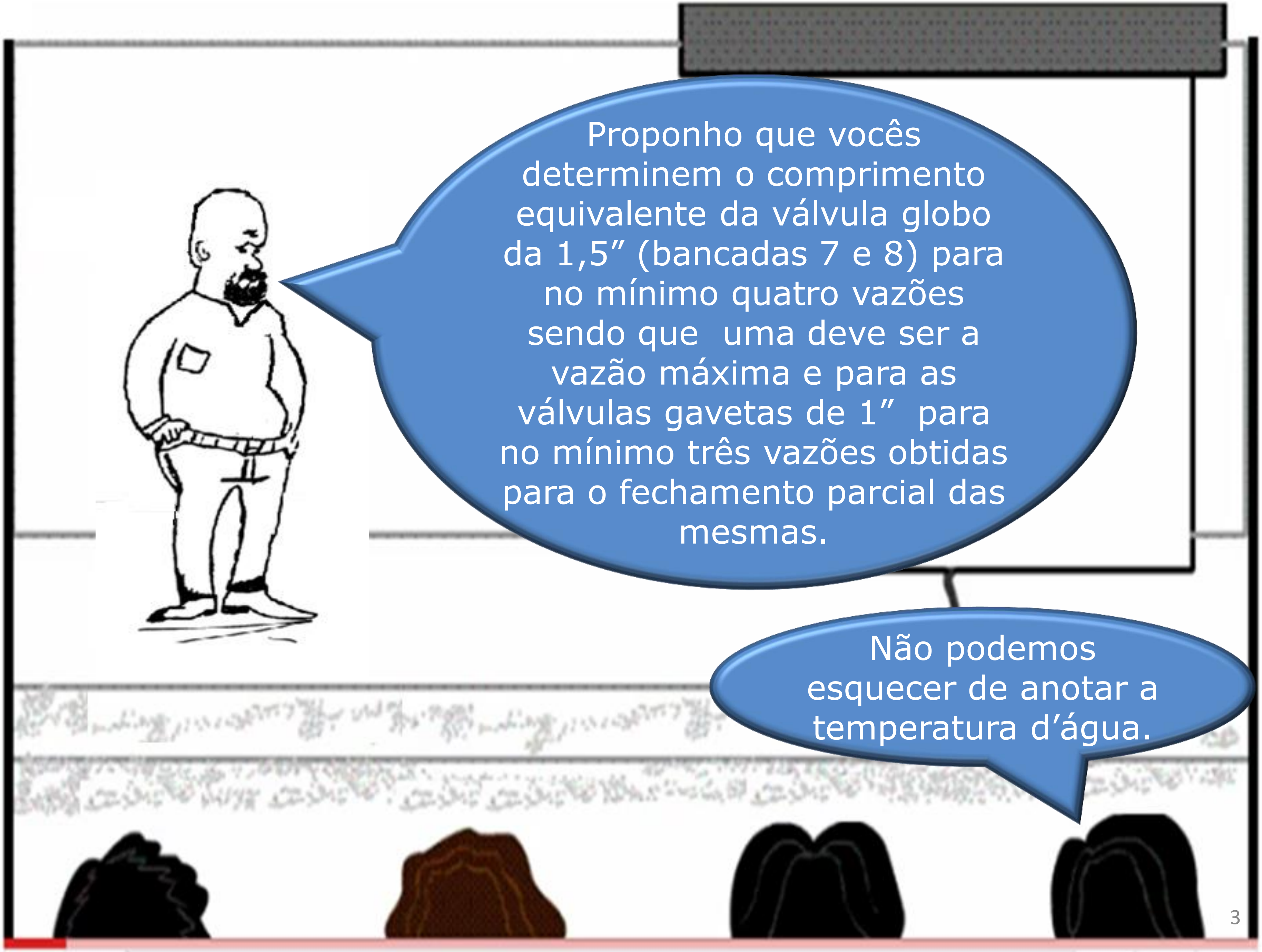
Quinta aula de laboratório de ME5330

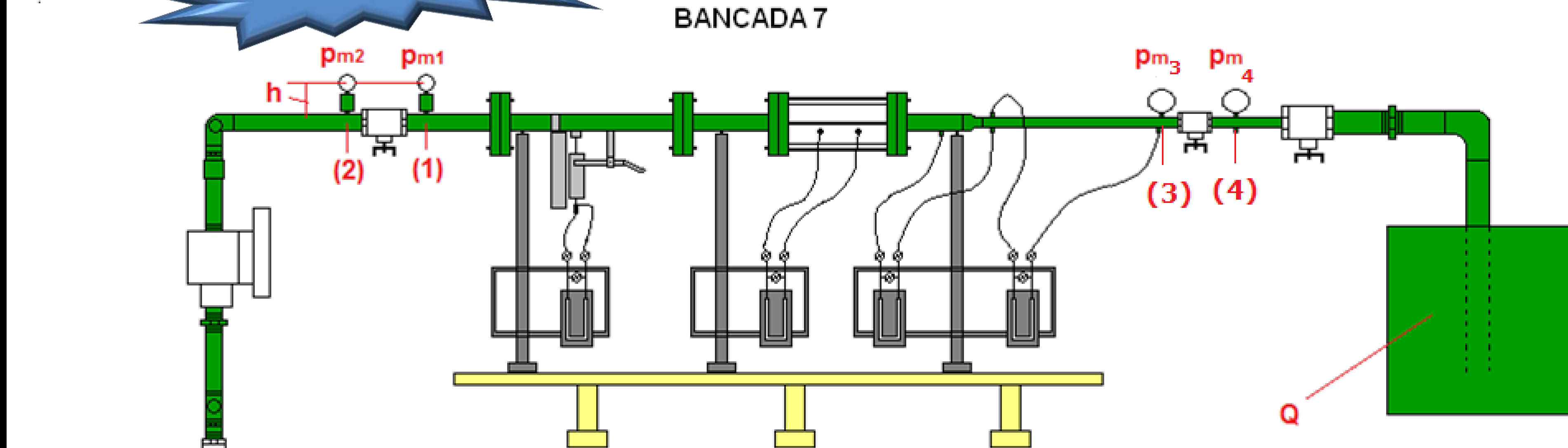
Segundo semestre de 2014

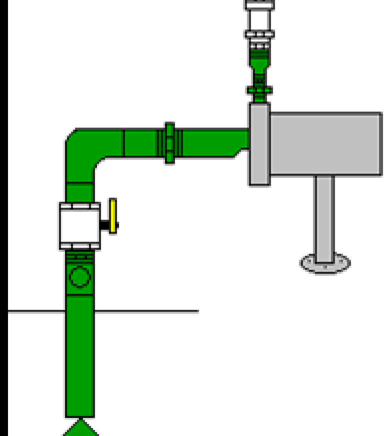

Refletindo o porque da perda ter aumentado com a diminuição da vazão na tubulação após a bomba.


Proponho que vocês determinem o comprimento equivalente da válvula globo da 1,5” (bancadas 7 e 8) para no mínimo quatro vazões sendo que uma deve ser a vazão máxima e para as válvulas gavetas de 1” para no mínimo três vazões obtidas para o fechamento parcial das mesmas.
Não podemos esquecer de anotar a temperatura d’água.


Através desta experiência estaremos também mostrando que a válvula gaveta não é adequada para controlar a vazão.

Exemplo:





$$Q = \frac{\Delta h \times A_t}{t}$$

$$h_s = \frac{p_{m_2} - p_{m_1}}{\gamma} = k_s \times \frac{v^2}{2g}$$

$$k_s = \frac{\left(p_{m_2} - p_{m_1}\right) \times 2g}{\gamma \times v^2}$$

$f \rightarrow$ determinado na página www.escoladavida.eng.br

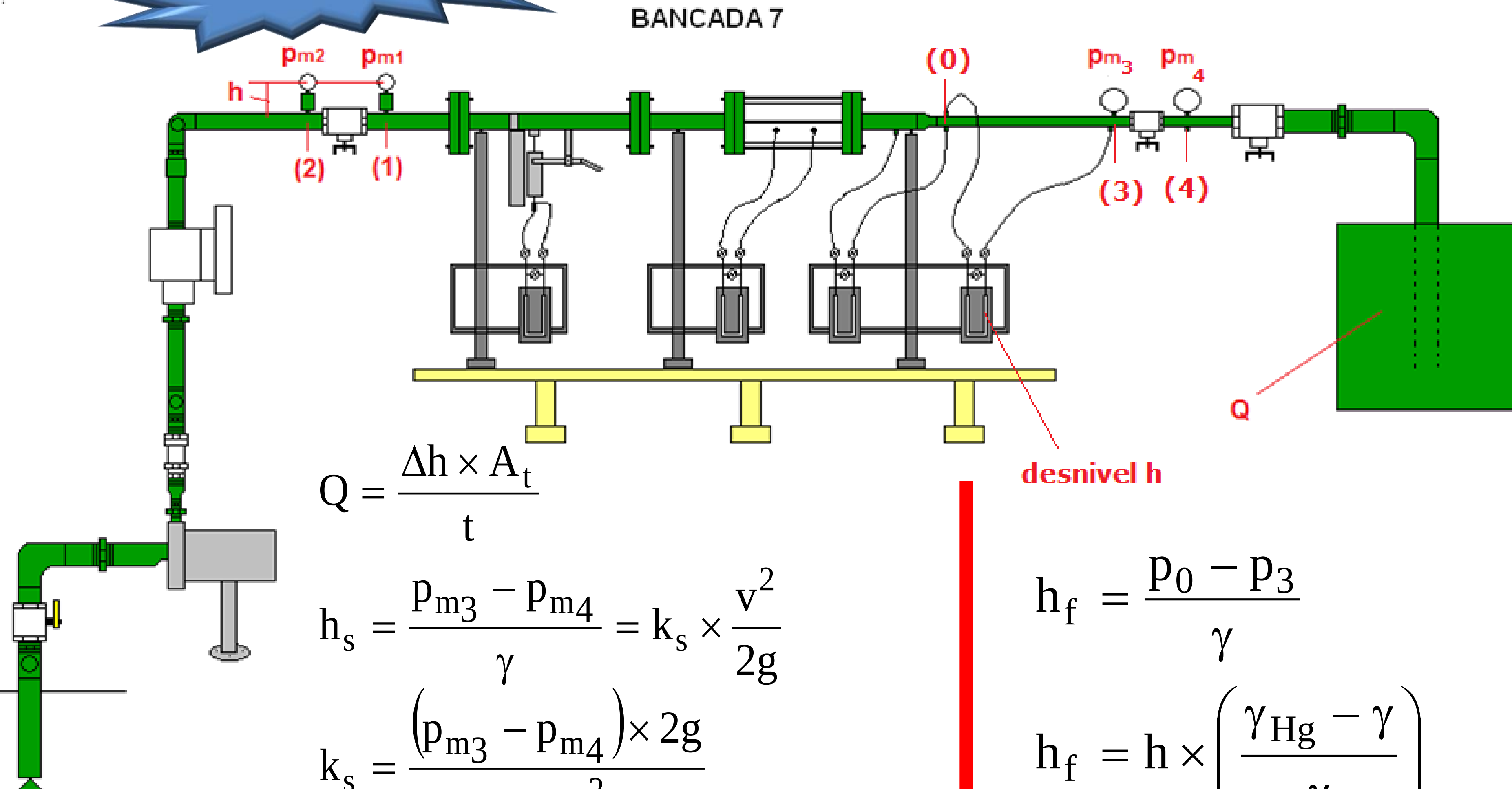
$$Leq = \frac{K_s \times D_H}{f}$$

Dados:

$K_{aço}$ = 4,6 e-5 m

D_N = 1,5 " aço 40

Exemplo:



$$Q = \frac{\Delta h \times A_t}{t}$$

$$h_s = \frac{p_{m3} - p_{m4}}{\gamma} = k_s \times \frac{v^2}{2g}$$

$$k_s = \frac{(p_{m3} - p_{m4}) \times 2g}{\gamma \times v^2}$$

$f \rightarrow$ determinado experimentalmente

$$Leq = \frac{K_s \times D_H}{f}$$

$$h_f = \frac{p_0 - p_3}{\gamma}$$

$$h_f = h \times \left(\frac{\gamma_{Hg} - \gamma}{\gamma}\right)$$

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

Controlando a vazão pela válvula globo

Ensaio	Δh (mm)	t(s)	P_{m2} (___)	P_{m1} (___)
1				
2				
3				
4				

Tanque: L_1 = e L_2 =

Temperatura d’água: ……^{0}F

Controlando a vazão
pela válvula gaveta

Ensaio	Δh (mm)	t(s)	P_{m3} (___)	P_{m4} (___)	h (mm)
1					
2					
3					
4					

Tanque: L_1 = e L_2 =

Temperatura
d’água: ……^{0}F

Dados obtidos:

Controlando a vazão pela globo na bancada 7						
	Δh (m)	t (s)	$p_{entrada}$ (psi)	$p_{entrada}$ (Pa)	$p_{saída}$ (psi)	$p_{saída}$ (Pa)
1	0,100	17,31	18,5	127553,0	12	82737,1
2	0,100	22,51	28	193053,2	8	55158,1
3	0,100	28,83	34	234421,7	4	27579,0
4	0,050	21,72	38	262000,8	1	6894,8

Tanque: L_1 = 74,5 cm e L_2 = 74,5 cm

Temperatura d’água: 68^0F

EQUACIONAMENTOS:

$$A_{\tan que} = L_1 \times L_2 = 0{,}745 \times 0{,}745$$

$$Q = \frac{\Delta h \times A_{\tan que}}{t} \rightarrow v = \frac{Q}{A_{tubo}} \rightarrow Re = \frac{v \times D_H}{\nu}$$

$$h_s = \frac{p_{entrada_{VGL}} - p_{saída_{VGL}}}{\gamma} \rightarrow K_S = \frac{h_S \times 2g}{v^2}$$

$$f_{Churchill}$$

$$Leq = \frac{K_S \times D_H}{f}$$

A fórmula de Churchill vale tanto para o escoamento laminar como para o turbulento.

Determinação do f pela fórmula de Churchill

$$f = 8 \times \left\{ \left(\frac{8}{Re} \right)^{12} + \left[\frac{1}{(A+B)^{1,5}} \right] \right\}^{\frac{1}{12}}$$

$$A = \left\{ -2,457 \times \ln\left[\left(\frac{7}{Re} \right)^{0,9} + \frac{0,27 \times K}{D} \right] \right\}^{16}$$

$$B = \left(\frac{37530}{Re} \right)^{16}$$

$$Re = \frac{\rho \times v \times D}{\mu}$$

$$Re = \frac{v \times D}{\nu}$$

Dados:
Tubo de aço 40 com diâmetro nominal de 1,5" portanto Dint = 40,8 mm e A = 13,1 cm²

TABELA DE RESULTADOS

CONTROLANDO A VAZÃO PELA GLOBO						
	Δh (m)	t (s)	$p_{entrada}$ (psi)	$p_{entrada}$ (Pa)	$p_{saída}$ (psi)	$p_{saída}$ (Pa)
1	0,100	17,31	18,5	127553,0	12	82737,1
2	0,100	22,51	28	193053,2	8	55158,1
3	0,100	28,83	34	234421,7	4	27579,0
4	0,050	21,72	38	262000,8	1	6894,8

Bancada 7

	Q (m³/s)	v (m/s)	Re	hs (m)	Ks	$f_{Churchill}$	Leq (m)
1	0,00321	2,4	99683,2	4,6	15,0	0,0228	26,8
2	0,00247	1,9	76655,5	14,1	78,0	0,0234	136,2
3	0,00193	1,5	59851,4	21,1	191,9	0,0240	326,0
4	0,00128	1,0	39721,8	26,1	537,3	0,0253	865,1

A_{tanque} (m²)	0,555025
$T_{água}$(°F)	68
D_{tubo} (pol)	1,5

1 psi =	6894,8	Pa

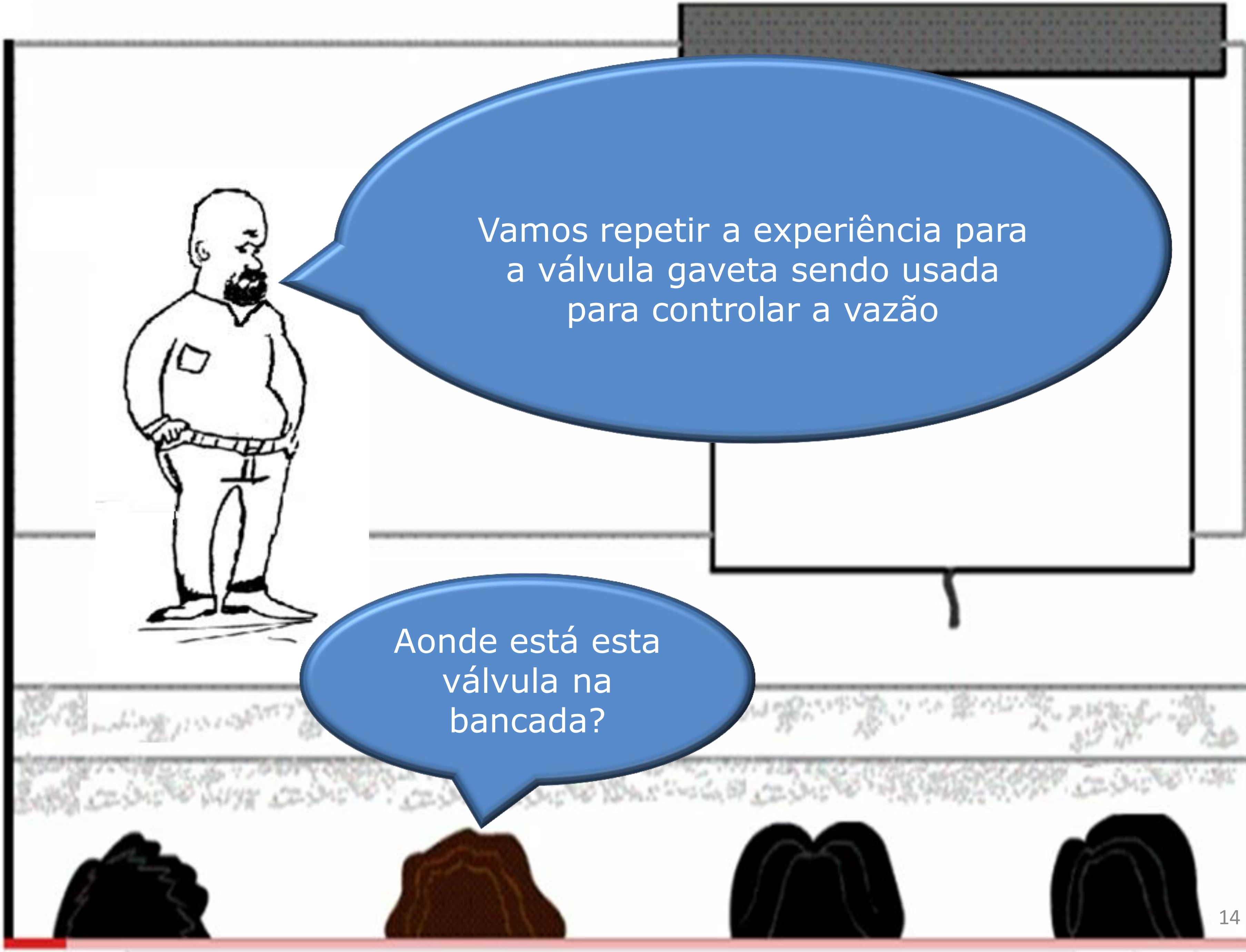
$\rho_{água}$ (kg/m³)	998,2
g (m/s²)	9,8
$\mu_{água}$ (kg/ms)	1,00E-03

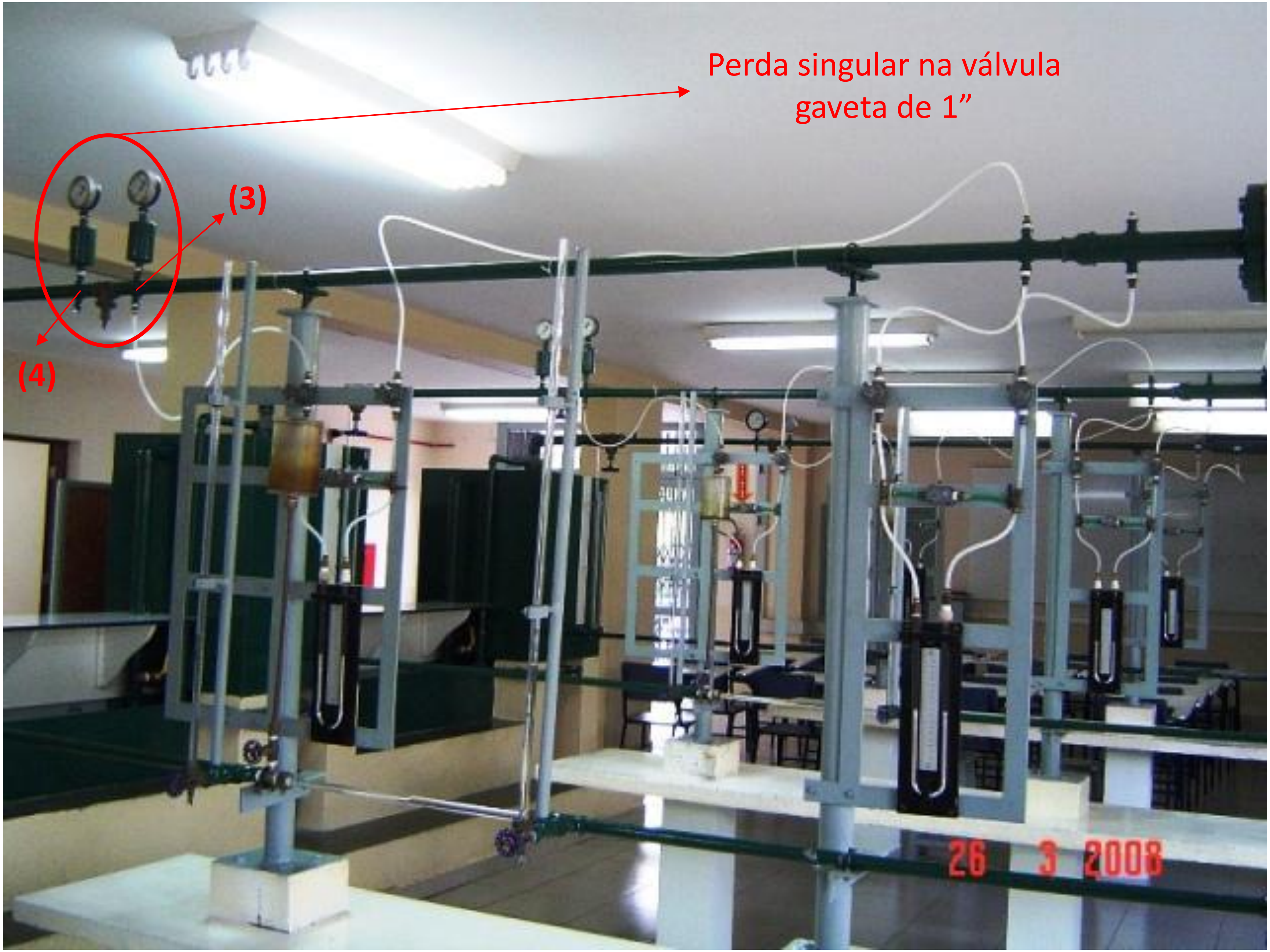
A_{tubo} (m²)	1,31E-03
D_{tubo} (m)	4,08E-02

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

$$\rightarrow Q \downarrow \Rightarrow f \uparrow \Rightarrow Leq_{VG} \uparrow\uparrow\uparrow \therefore H_p \uparrow$$

Que é o oposto ao que
ocorreu na tubulação
antes da bomba!

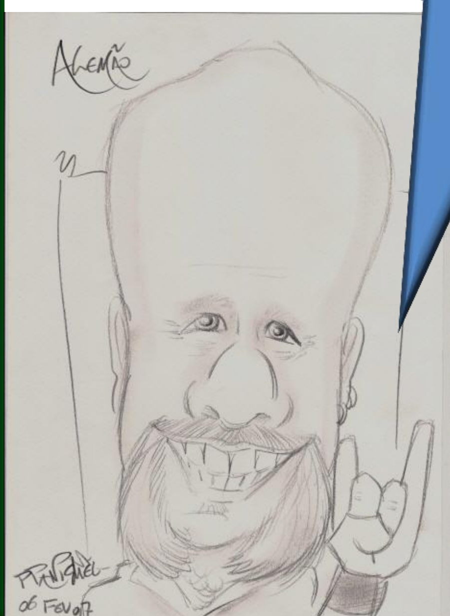

Vamos repetir a experiência para a válvula gaveta sendo usada para controlar a vazão
Aonde está esta válvula na bancada?


Perda singular na válvula
gaveta de 1”
(3)
(4)
26 3 2008

$$H_3 = H_4 + h_{SVGA} \rightarrow \frac{p_3}{\gamma} = \frac{p_4}{\gamma} + h_{SVGA}$$

$$h_{SVGA} = \frac{p_3 - p_4}{\gamma}$$

Fazemos um balanço de carga entre as seções (3) e (4)



Como os manômetros foram instalados na mesma altura temos:

$$h_{SVGA} = \frac{p_{m3} - p_{m4}}{\gamma}$$

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{\Delta h \times A_{tan\,que}}{t}$$

$$v = \frac{Q}{A_{tubo}}$$

$$h_{S_{VGA}} = K_{S_{VGA}} \times \frac{v^2}{2g} = K_{S_{VGA}} \times \frac{Q^2}{2g \times A^2}$$

$$K_{S_{VGA}} = \frac{h_{S_{VGA}} \times 2g \times A^2}{Q^2}$$


PERDA DISTRIBUÍDA
(1)
(2)
26 3 2008

$$h_f = \frac{p_1 - p_2}{\gamma} = h \times \left(\frac{\gamma_{Hg} - \gamma}{\gamma}\right)$$

$$h_f = f \times \frac{L}{D_H} \times \frac{Q^2}{2g \times A^2} \rightarrow f_{exp} = \frac{h_f \times D_H \times 2g \times A^2}{L \times Q^2} \rightarrow Leq_{VGA} = \frac{K_{SGVA} \times D_H}{f_{exp}}$$

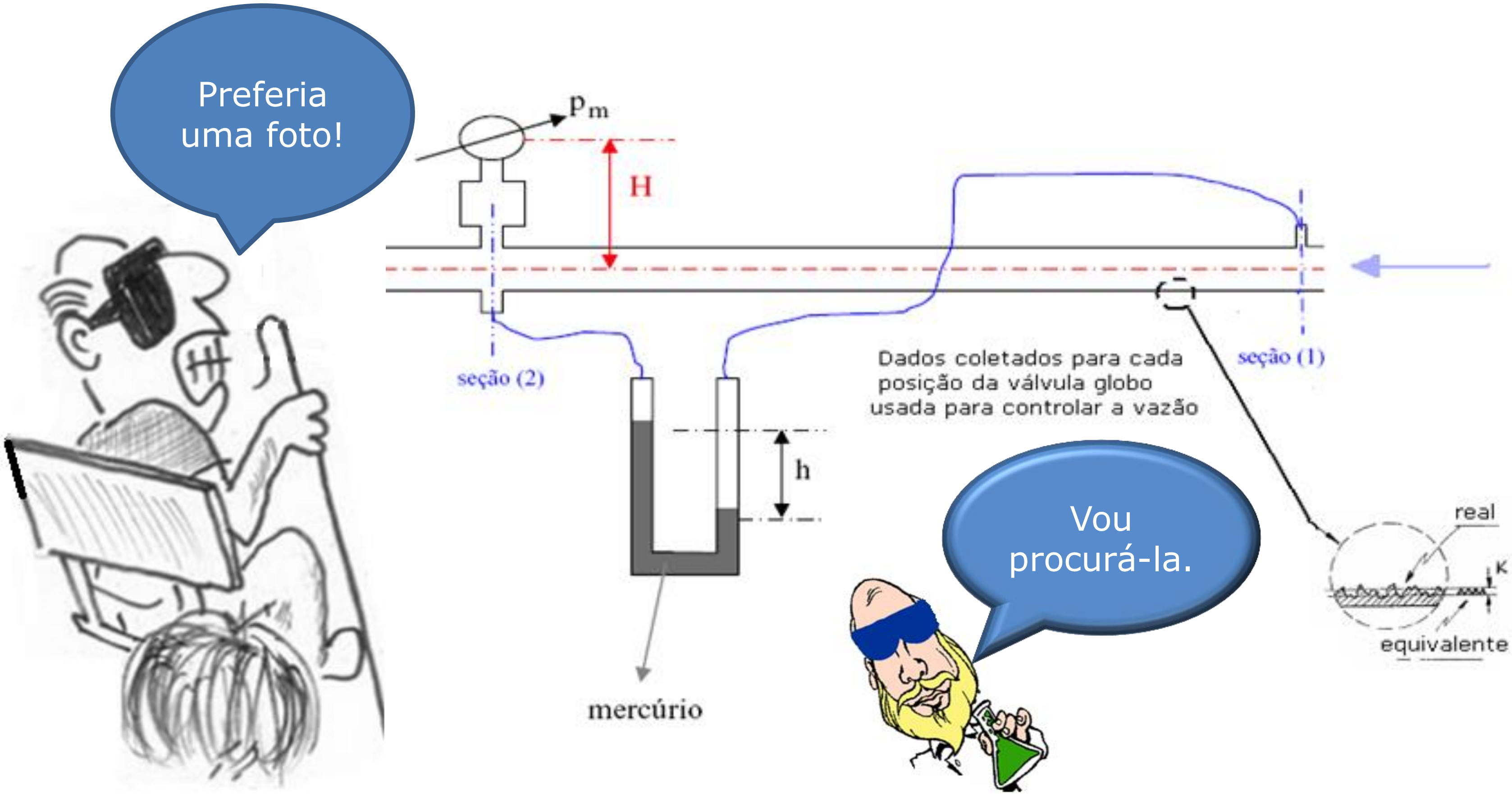
TABELA DE DADOS

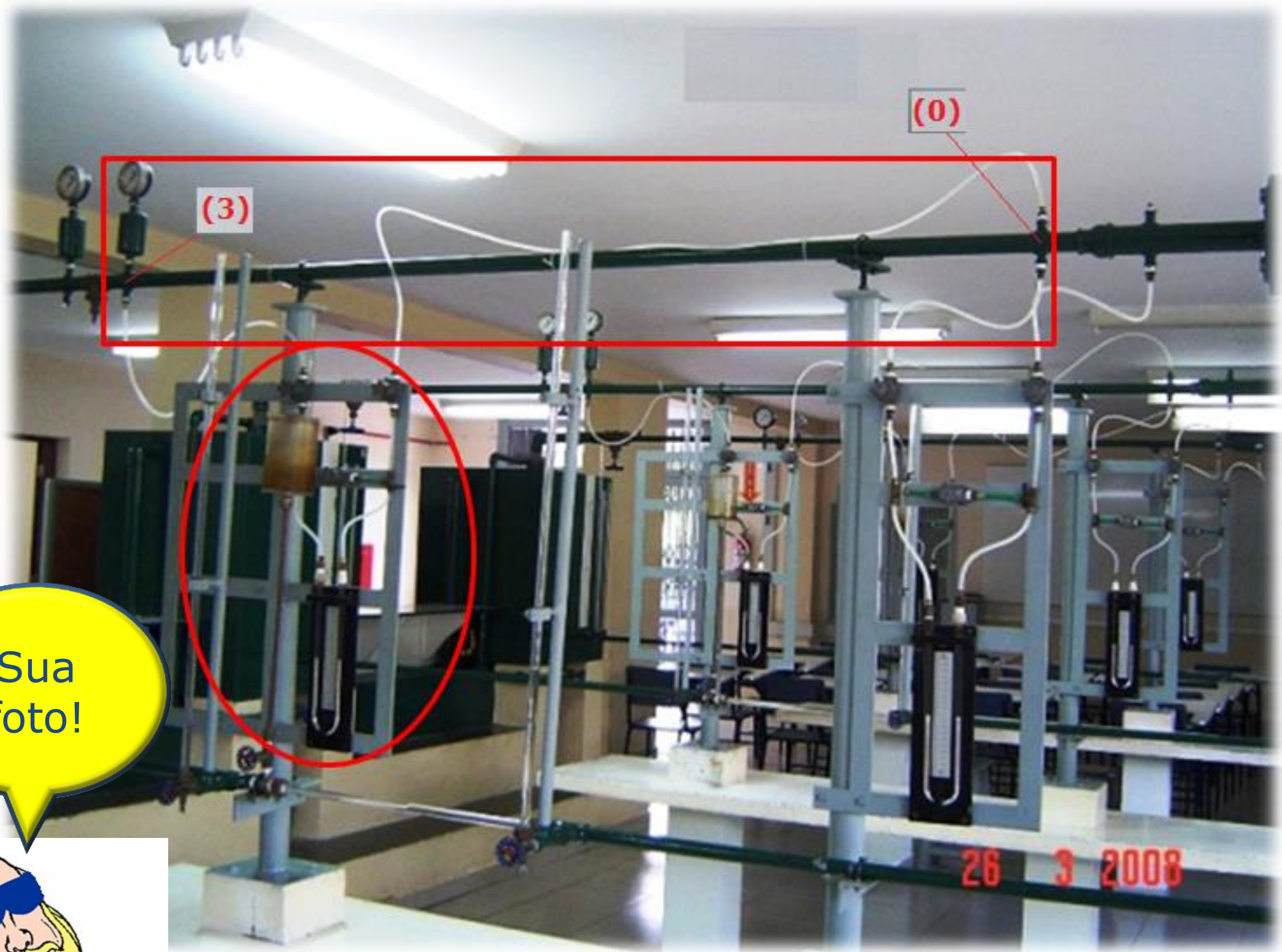
Ensaio	h (mm)	P_{m3} (psi)	P_{m4} (psi)	L(cm)	t(^{0}C)	Δh (cm)	t(s)


Em conjunto com a determinação do Leq da válvula gaveta vamos usar uma linha dos dados para estimar a vazão pelo diagrama de Rouse
Como seria um enunciado para esta parte da atividade?

Estime a vazão na bancada pelo diagrama de Rouse e calcule um coeficiente adimensional, que pode ser denominado de coeficiente de Rouse que será definido pela relação entre a vazão estimada pelo diagrama e a calculada no tanque.

Este é o esboço do trecho considerado na bancada para a estimativa da vazão.




(3)
(0)
26 3 2008

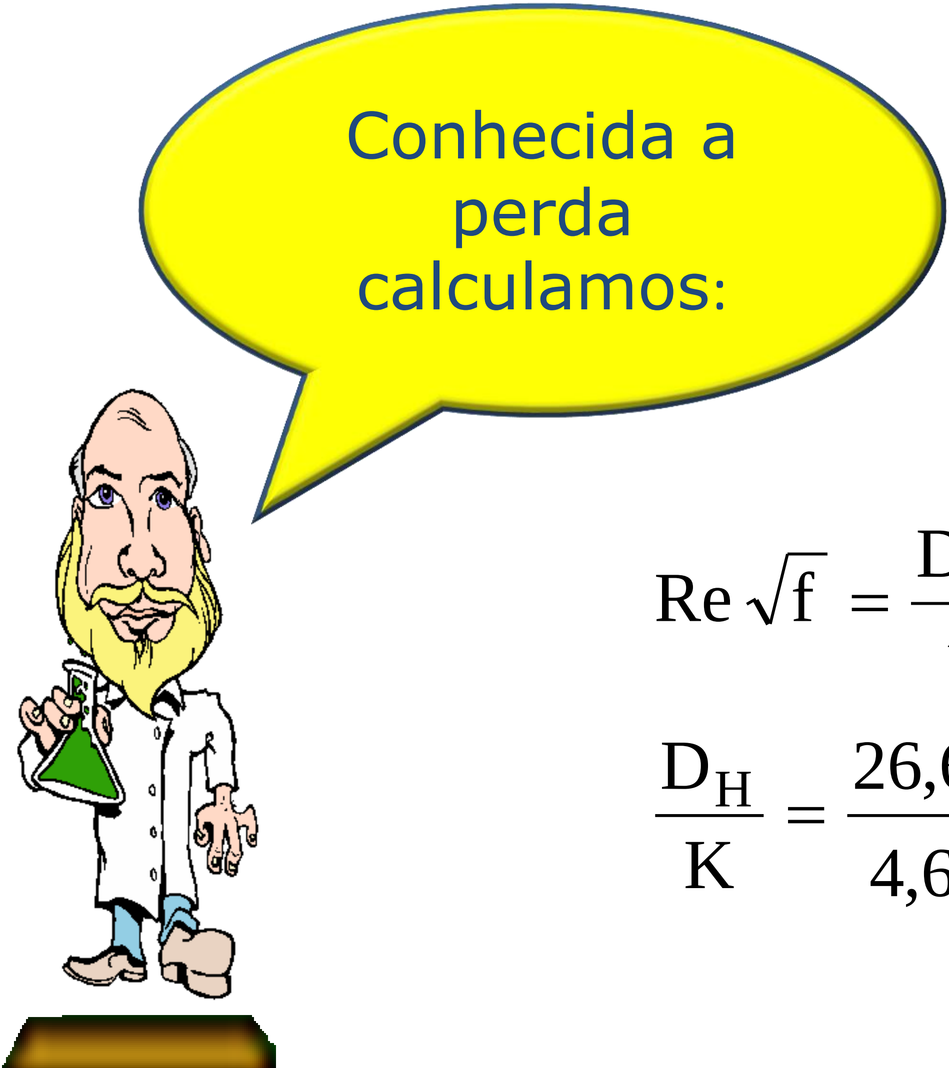

Sua foto!

Aplicamos a equação da energia de (0) a (3) e determinamos a perda distribuída:

$$H_0 = H_3 + H_{p1-2}$$

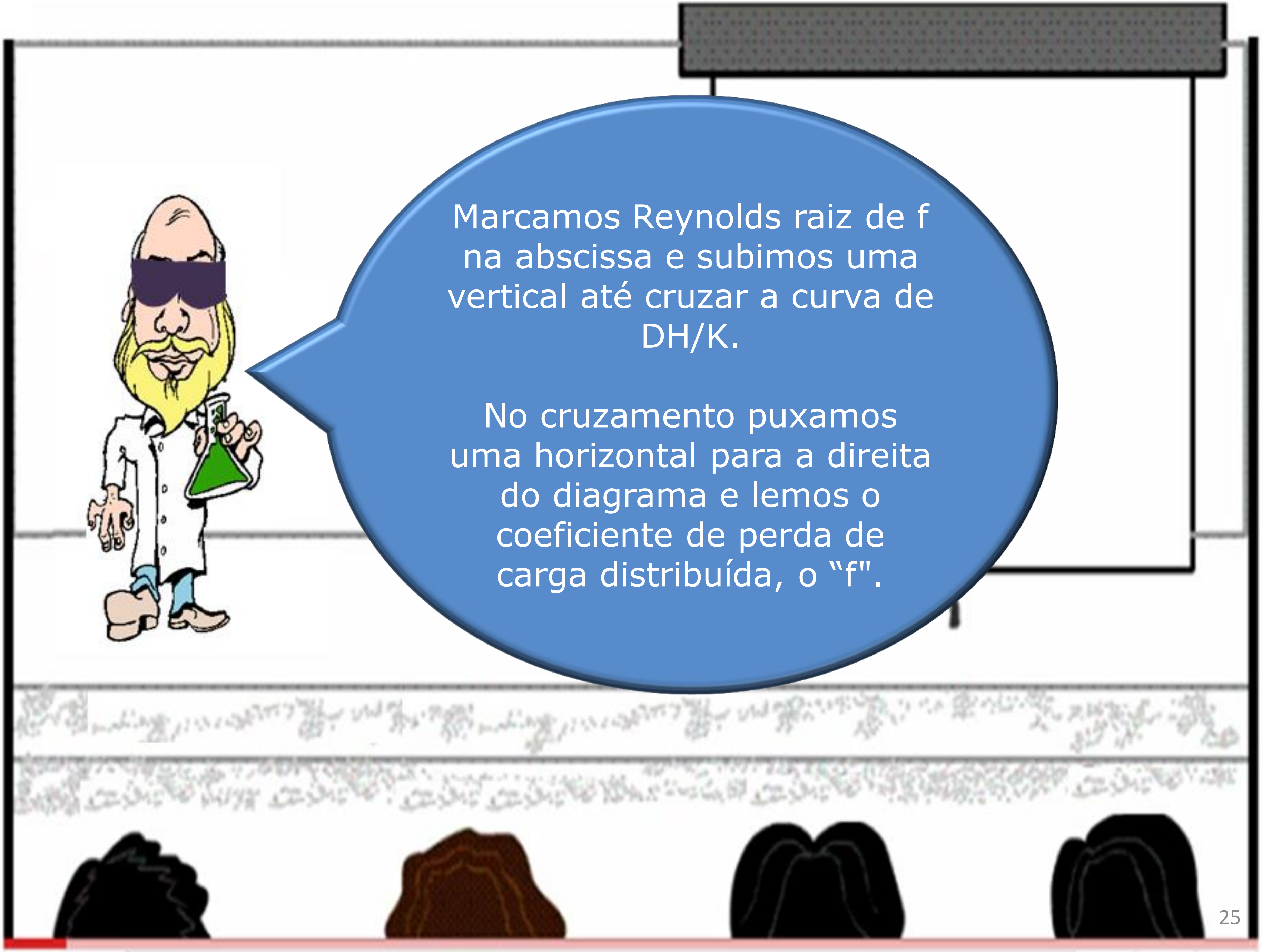
$$Z_0 + \frac{p_0}{\gamma} + \frac{\alpha_0 \times v_0^2}{2g} = Z_3 + \frac{p_3}{\gamma} + \frac{\alpha_3 \times v_3^2}{2g} + h_{f0-3}$$

$$h_{f1-2} = \frac{p_0 - p_3}{\gamma} = h \times (\frac{\gamma_{Hg} - \gamma}{\gamma})$$



$$\mathrm{Re}\sqrt{f} = \frac{D_H}{\nu} \times \sqrt{\frac{h_f \times D_H \times 2g}{L}}$$

$$\frac{D_H}{K} = \frac{26{,}6 \times 10^{-3}}{4{,}6 \times 10^{-5}} \cong 578{,}3$$


Marcamos Reynolds raiz de f na abscissa e subimos uma vertical até cruzar a curva de DH/K.
No cruzamento puxamos uma horizontal para a direita do diagrama e lemos o coeficiente de perda de carga distribuída, o “f".

Leitura do “f”

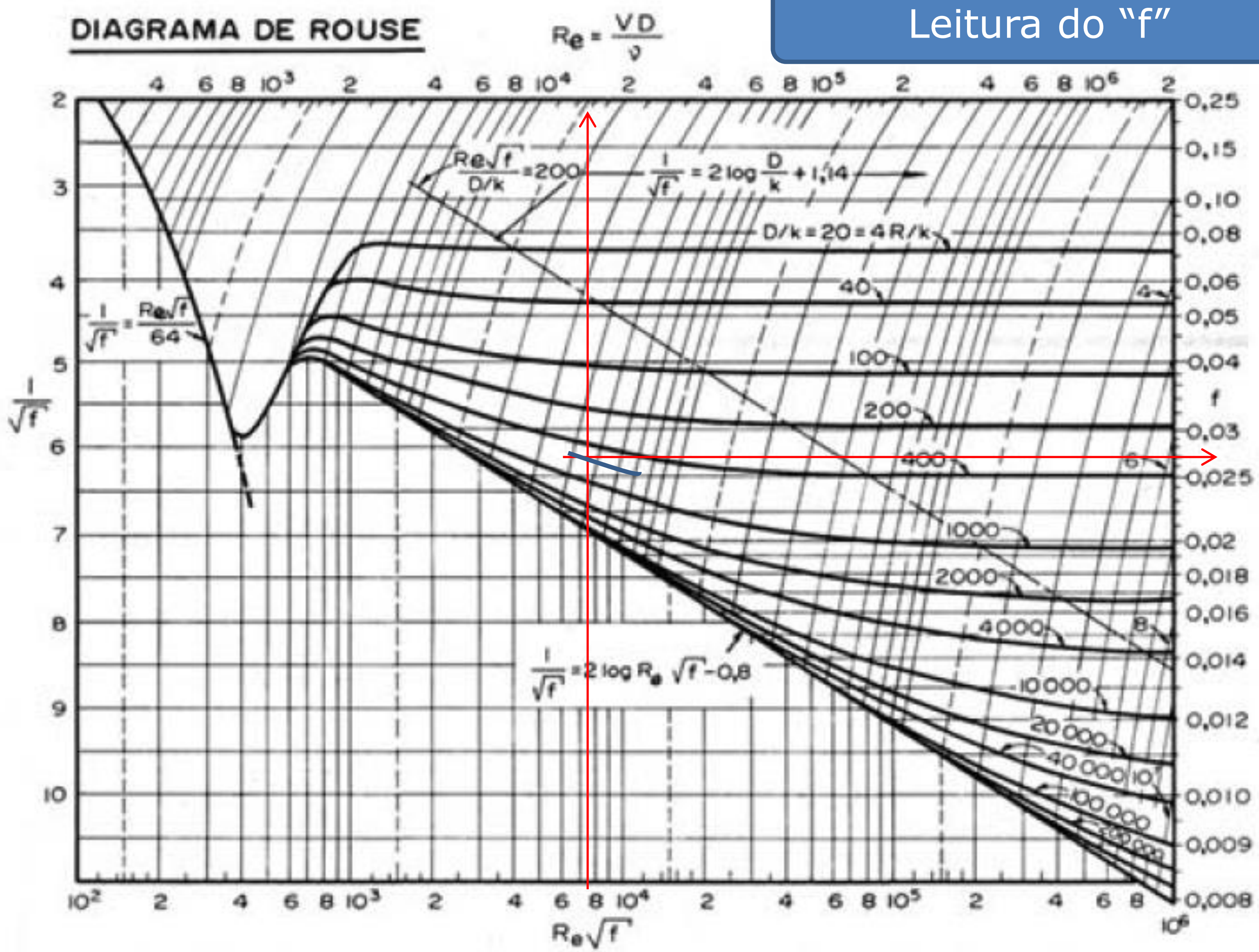
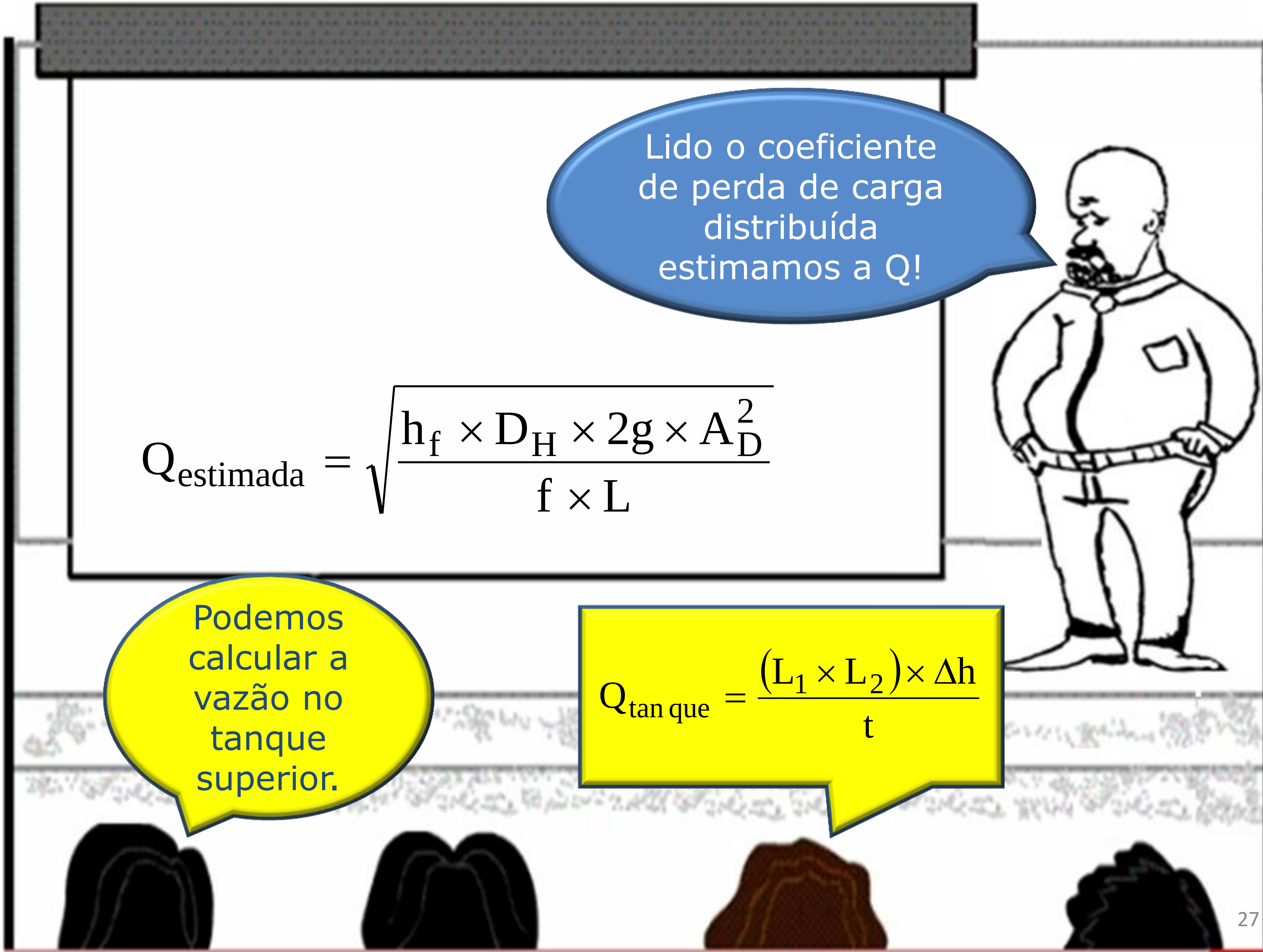
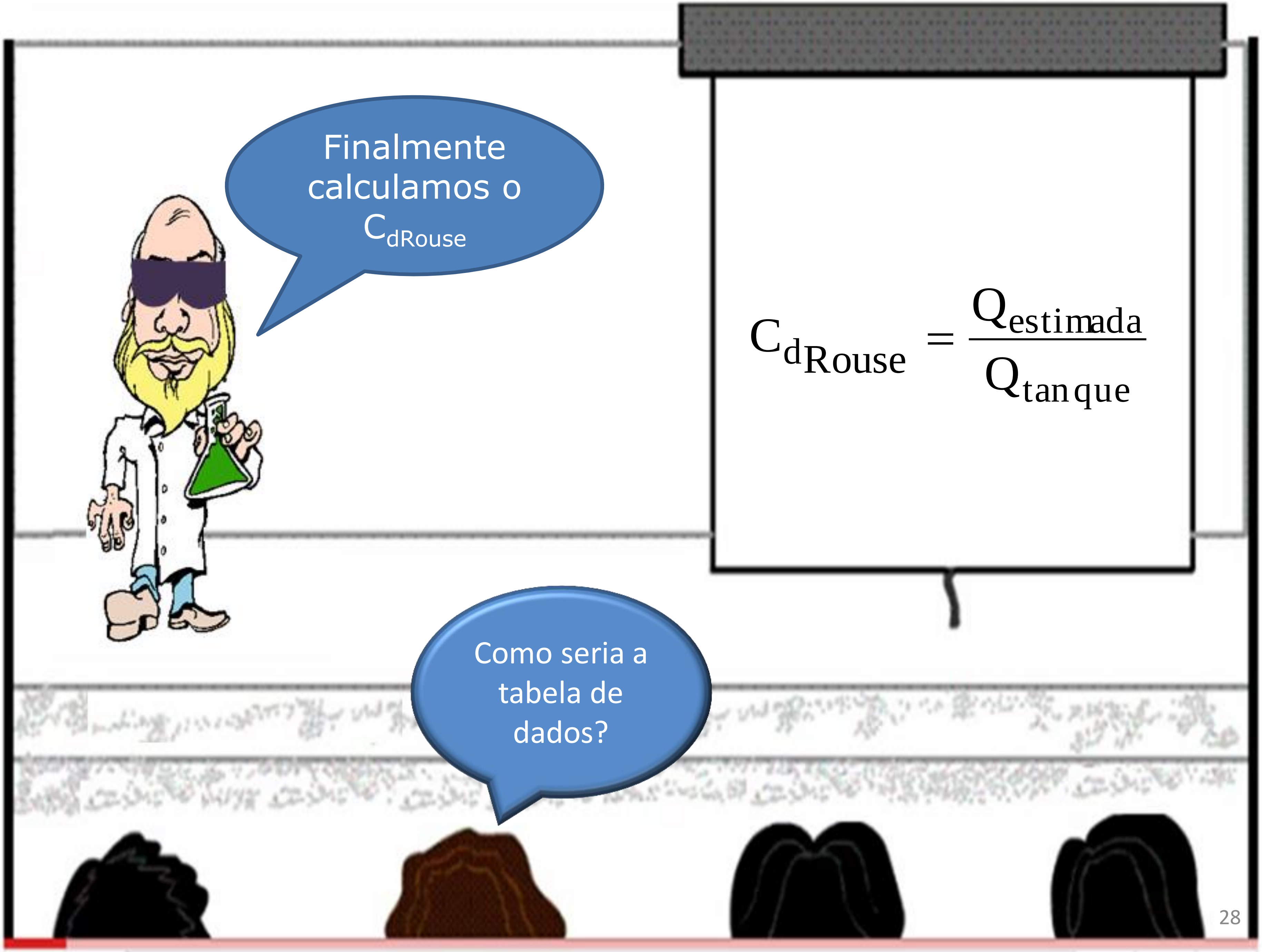
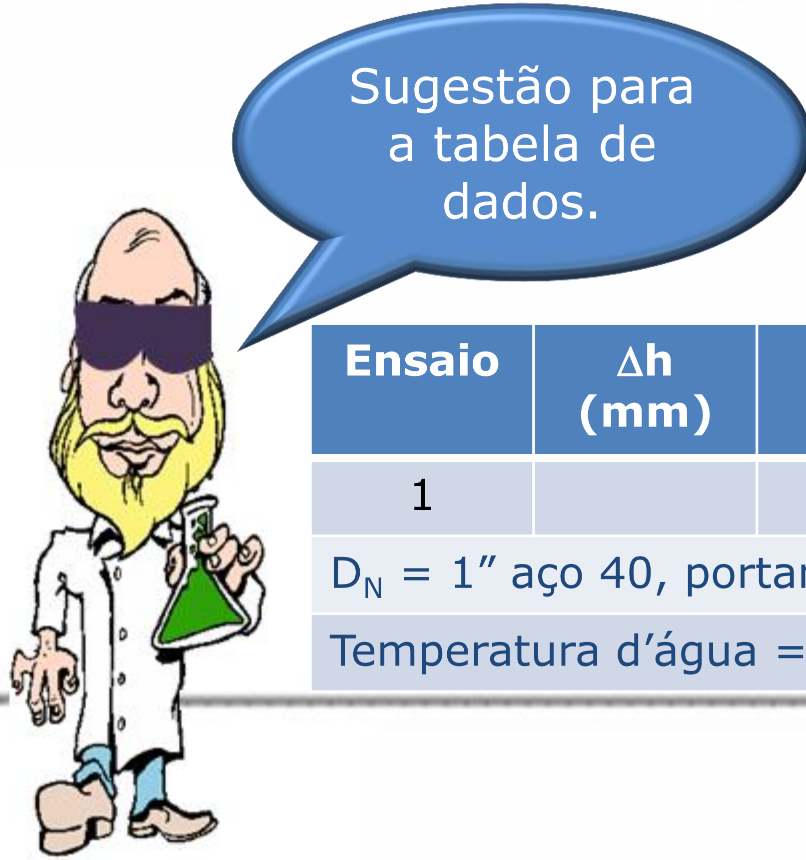


DIAGRAMA DE ROUSE
Re = VD/ν
Re√f / (D/k) = 200
1/√f = 2 log D/k + 1,14
D/k = 20 = 4 R/k
1/√f = Re√f / 64
1/√f = 2 log Re √f − 0,8
1/√f
f
Re√f
40
100
200
400
1000
2000
4000
10000
20000
40000
100000
200000
0,25
0,15
0,10
0,08
0,06
0,05
0,04
0,03
0,025
0,02
0,018
0,016
0,014
0,012
0,010
0,009
0,008


Lido o coeficiente de perda de carga distribuída estimamos a Q!
$$Q_{estimada} = \sqrt{\frac{h_f \times D_H \times 2g \times A_D^2}{f \times L}}$$
Podemos calcular a vazão no tanque superior.
$$Q_{tan\,que} = \frac{(L_1 \times L_2) \times \Delta h}{t}$$


Finalmente calculamos o C_{dRouse}
$C_{dRouse} = \frac{Q_{estimada}}{Q_{tanque}}$
Como seria a tabela de dados?



Ensaio	Δh (mm)	t (s)	L_1 (mm)	L_2 (mm)	h (mm)
1					
D_N = 1″ aço 40, portanto: D_{int} = 26,6 mm e A = 5,57 cm²					
Temperatura d’água =					