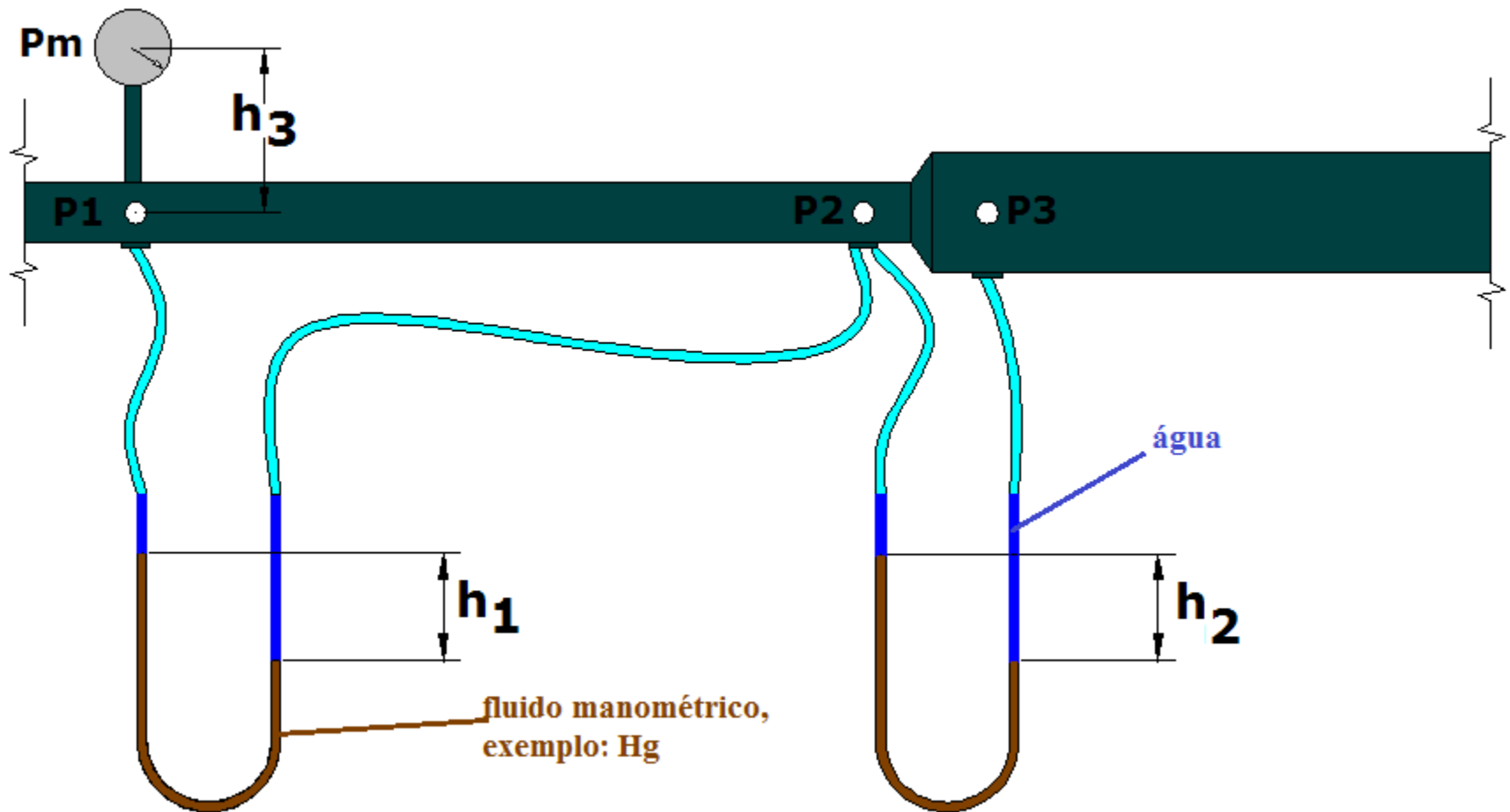
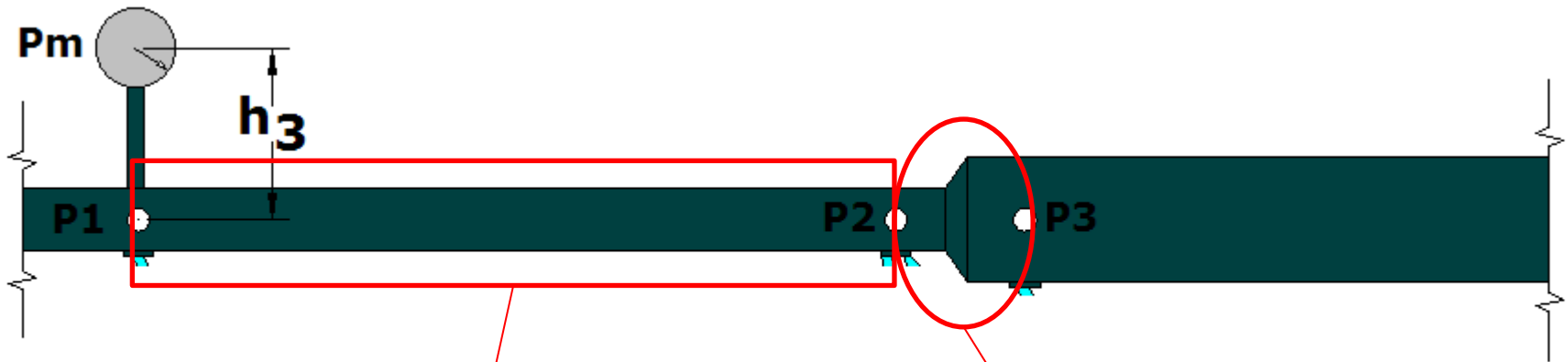


Experiência de perda de carga





Experiência de perda de carga distribuída (h_f), a perda devido a viscosidade do fluido e a rugosidade do tubo.

+

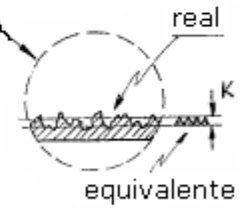
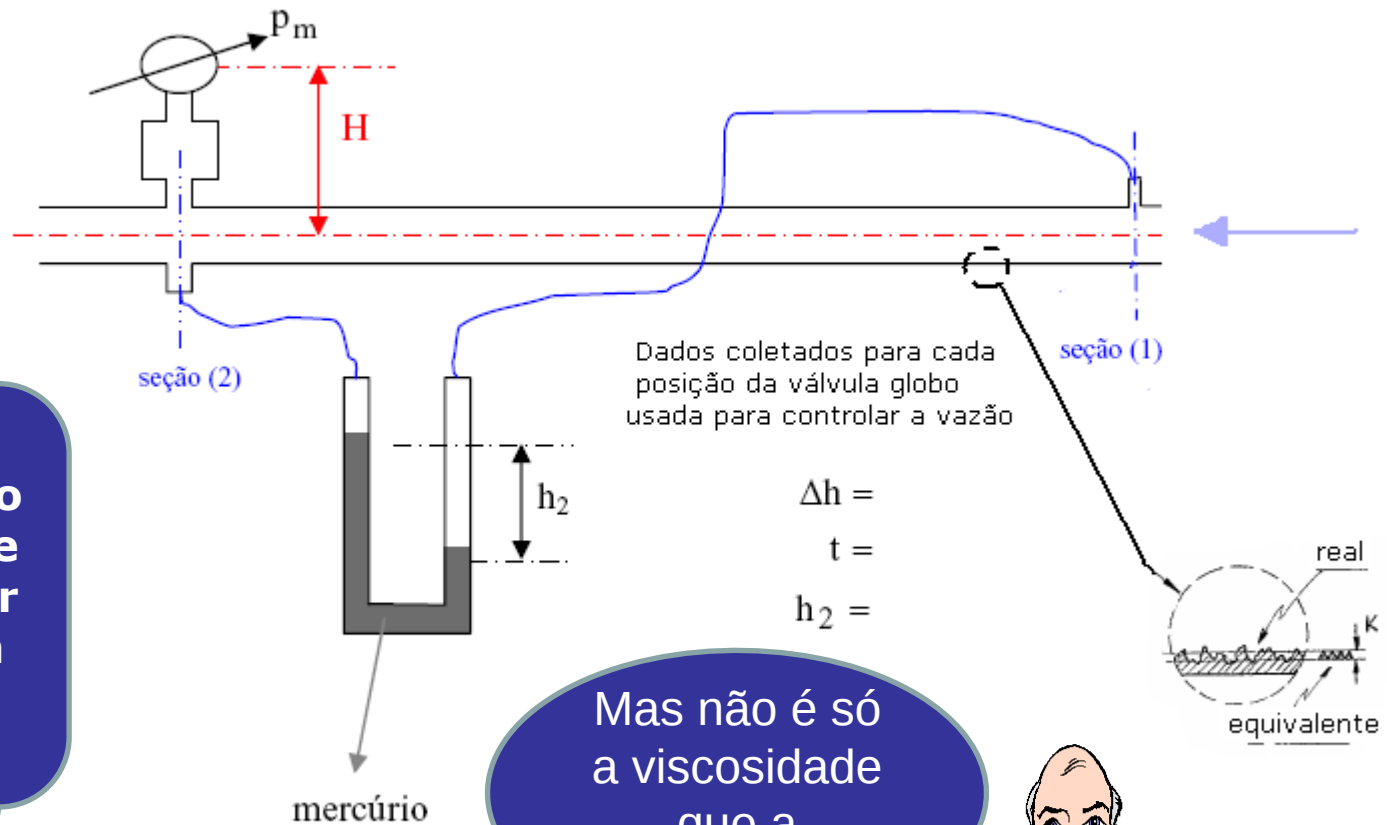
Experiência de perda de carga localizada, a perda ocorre devido a presença de um acessório hidráulico (singularidades)



**Vamos iniciar
com a
experiência de
perda de carga
distribuída**

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

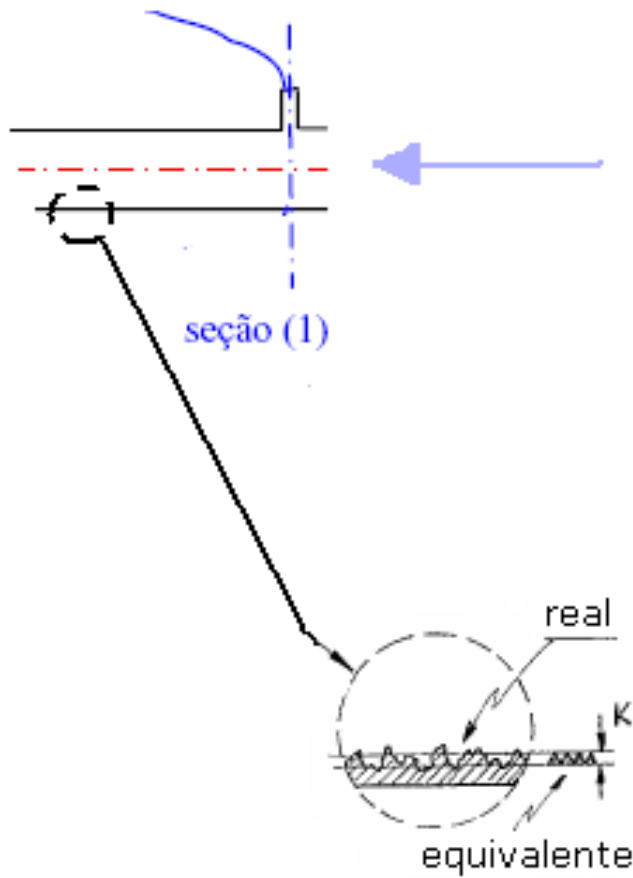




A perda ocorre devido a viscosidade do fluido, por exemplo em um tubo de aço

Mas não é só a viscosidade que a influencia!





**A rugosidade
equivalente K ,
também é uma das
responsáveis pela
perda distribuída,
que aumenta com o
passar do tempo, no
caso da tubulação
de aço nova, temos
 $k = 4,6 \times 10^{-5} \text{ m}$.**



**E no tubo
liso não
ocorrem as
perdas
distribuídas?**





**Também
ocorrem!**

**Como calcular as perdas
devido a viscosidade dos
fluidos, ou seja, as
distribuídas?**



**Sem medo ...
Recorremos
a fórmula
universal**



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

$f \rightarrow$ coeficiente de perdas de carga distribuída

$L \rightarrow$ comprimento da tubulação

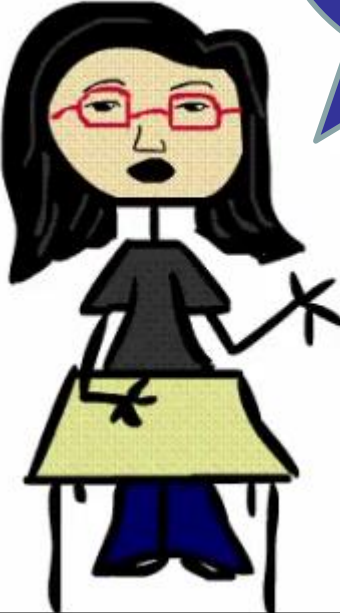
$D_H \rightarrow$ diâmetro hidráulico que em conduto forçado = D_{int}

$v \rightarrow$ velocidade média do escoamento

$g \rightarrow$ aceleração da gravidade

$Q \rightarrow$ vazão do escoamento

$A \rightarrow$ área da seção formada pelo fluido



A cartoon illustration of a woman with long black hair and red-rimmed glasses, wearing a black top and blue pants, sitting at a yellow desk. She is gesturing with her right hand.

**Como
achar o f?**



A cartoon illustration of a man with a large yellow beard and balding head, wearing a white lab coat and blue pants. He is holding a green flask in his left hand and gesturing with his right hand.

**Existem
duas
maneiras:**

**Para projetos:
calculando-se
número de
Reynolds e se
precisar através do
diagrama de
Moody ou Rouse.**



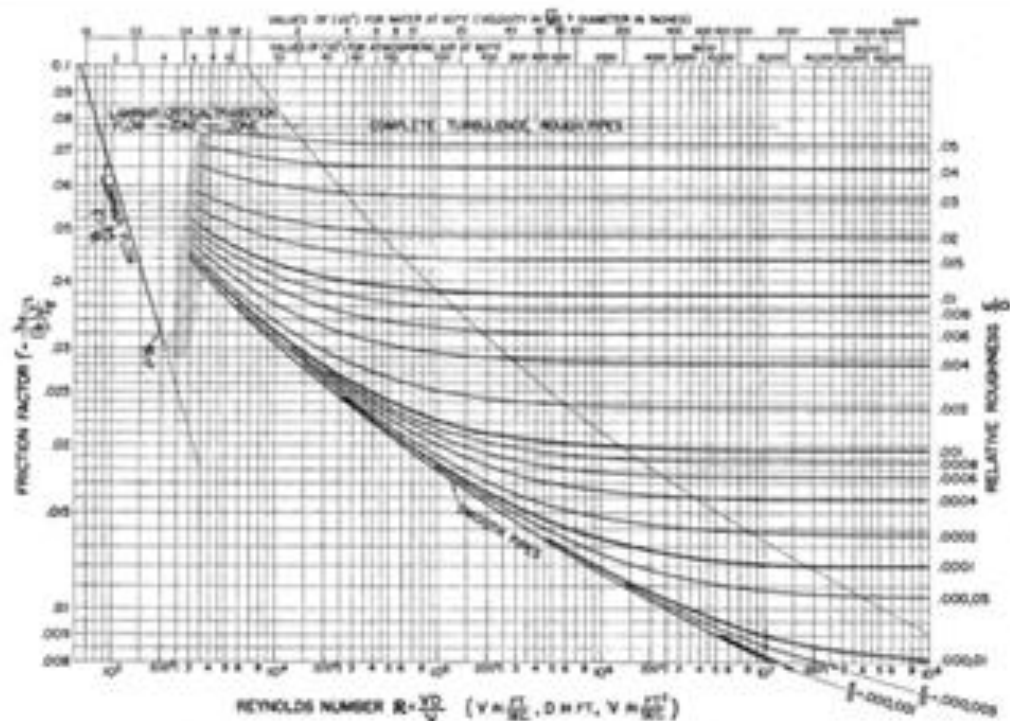
$$Re = \frac{\rho \times v \times D_H}{\mu} = \frac{v \times D_H}{\nu}$$

Se $Re \leq 2000 \rightarrow$ escoamento laminar

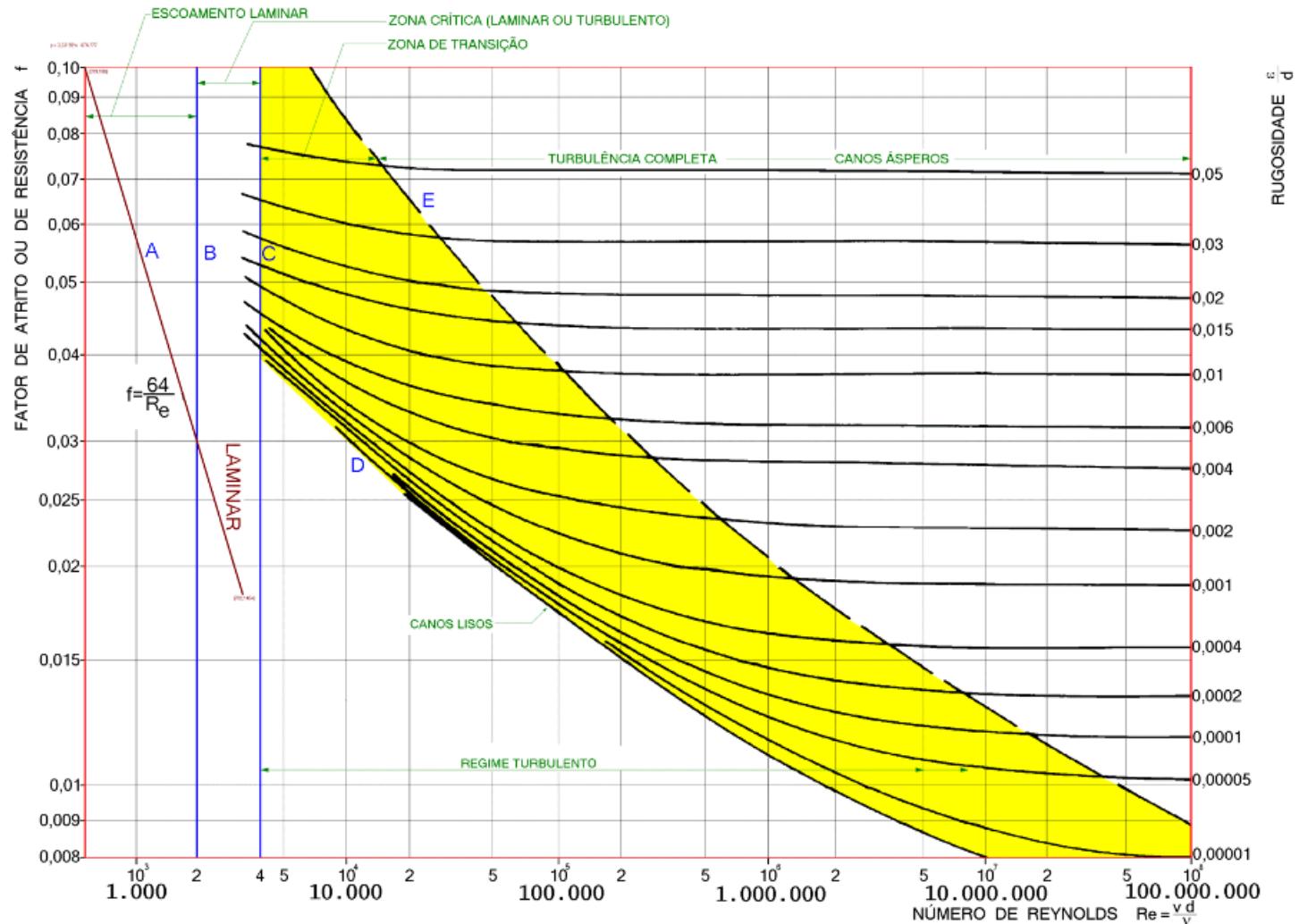
$$\therefore f = \frac{64}{Re}$$

Para o escoamento turbulento recorre - se aos diagramas :

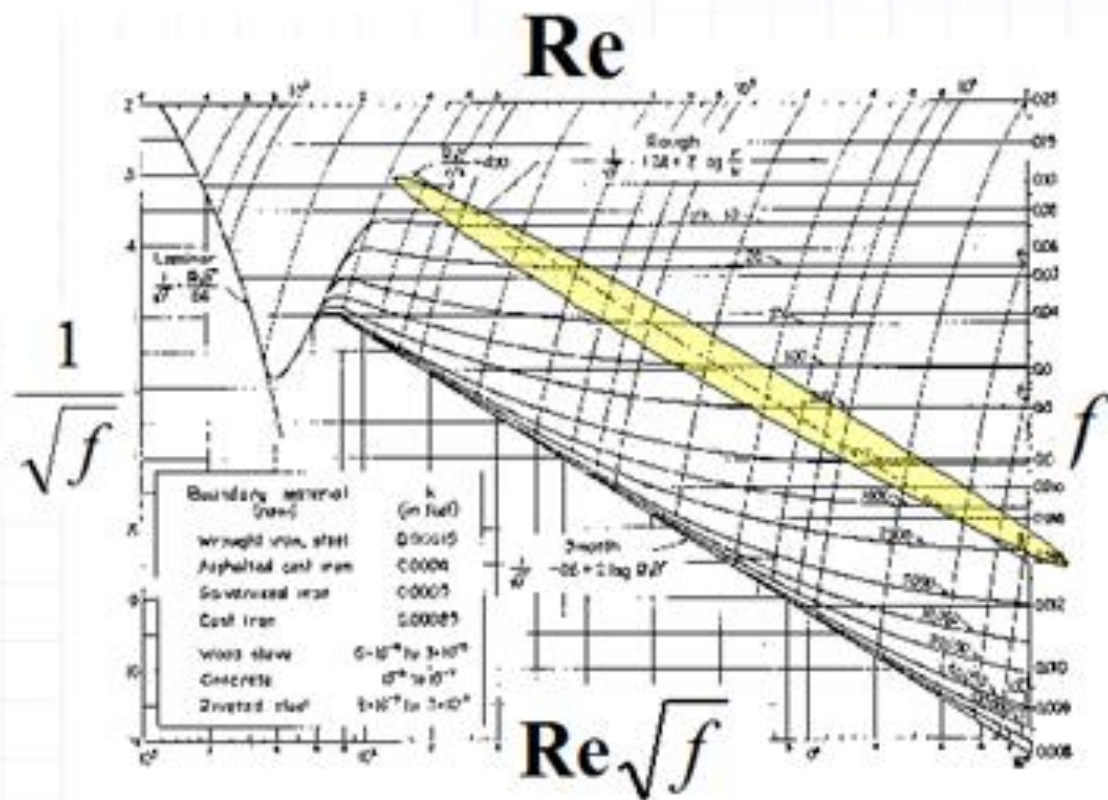
Lewis Moody, 1944



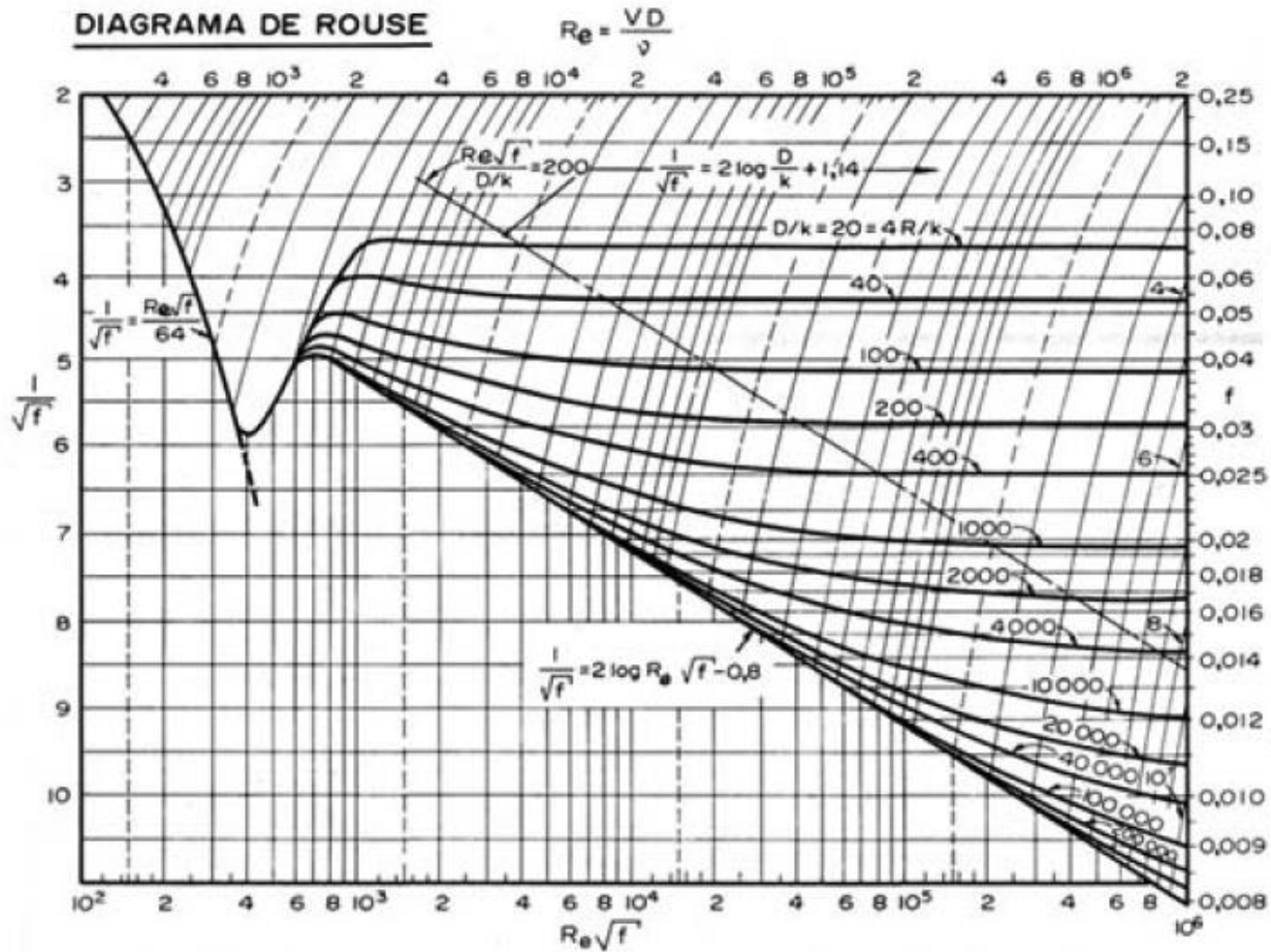
Detalhes do Moody

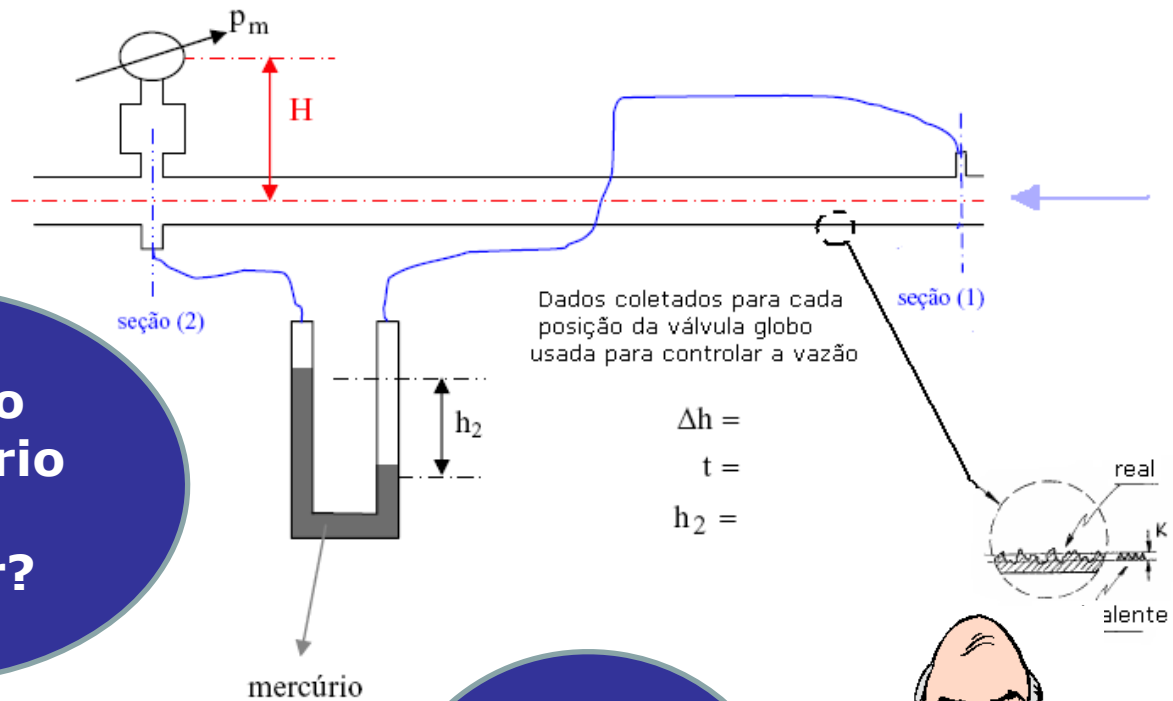


Hunter Rouse, 1942



Rouse





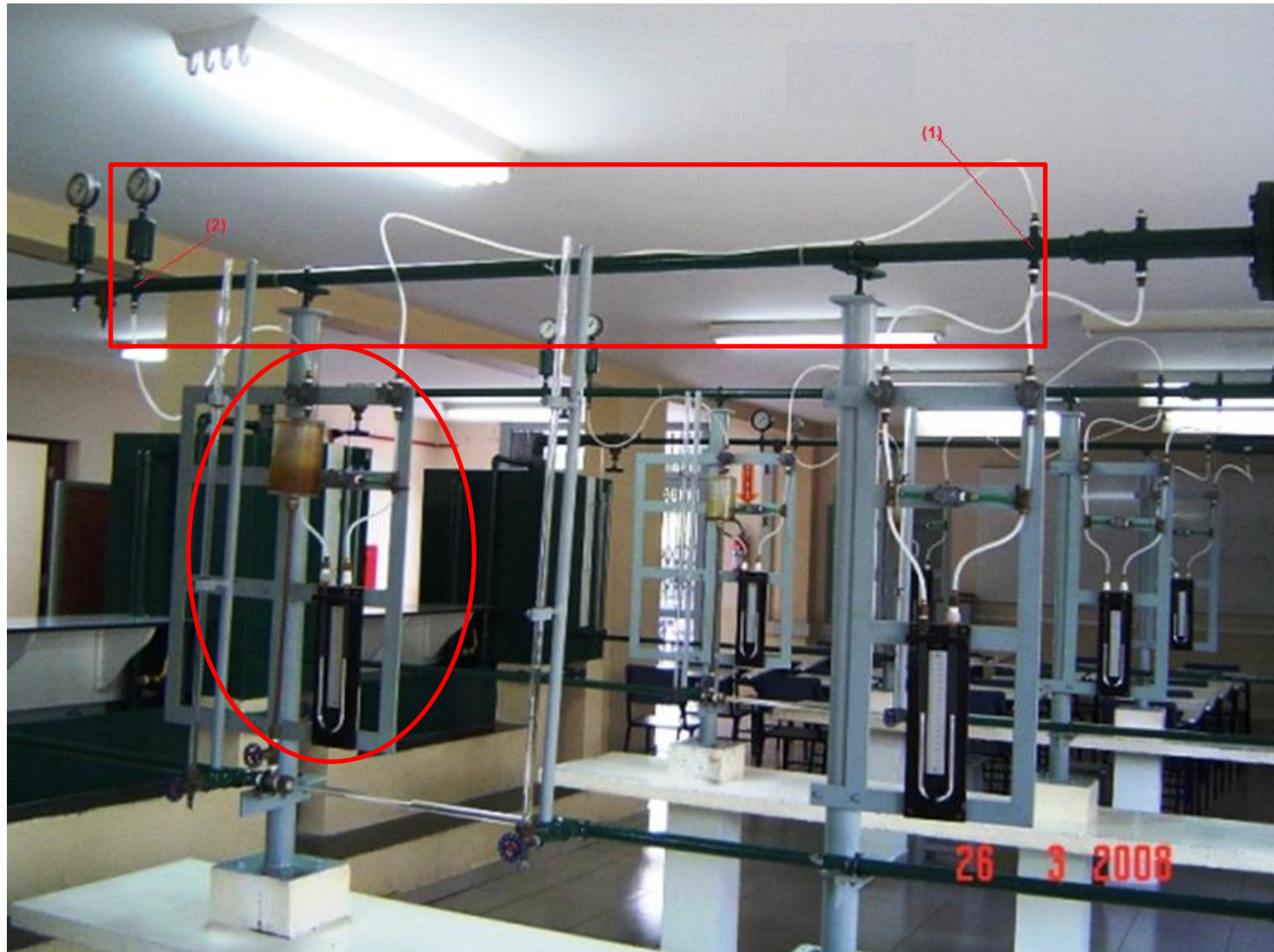
E para o laboratório como calcular?



Vamos localizar o esquema acima na bancada.



Trecho da bancada do laboratório



**Aplicamos a
equação da
energia de
(1) a (2)**

$$H_1 = H_2 + H_{p1-2}$$

$$Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + h_{f1-2}$$

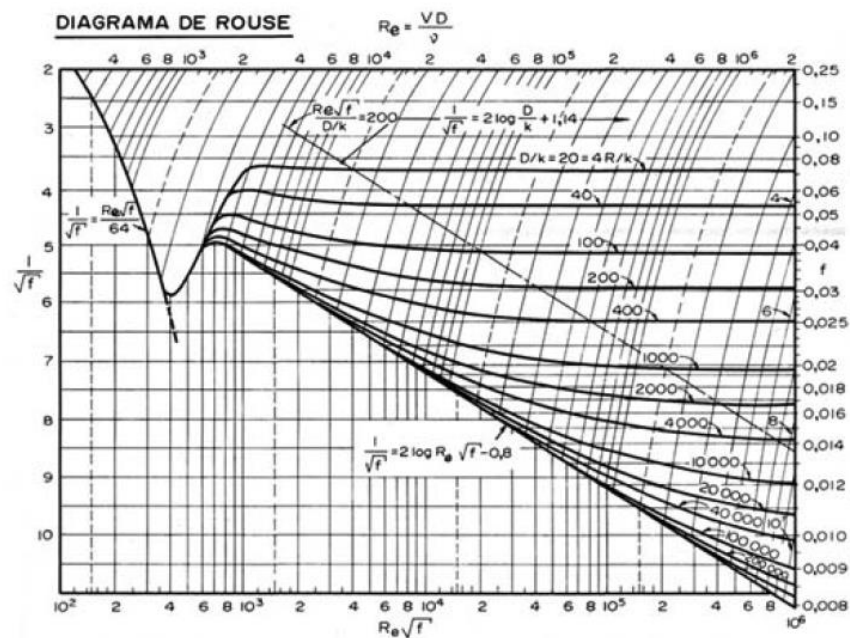
$$h_{f1-2} = \frac{p_1 - p_2}{\gamma} = h \times \left(\frac{\gamma_m - \gamma}{\gamma} \right) = f \times \frac{L}{D_H} \times \frac{v^2}{2g}$$

$$f = \frac{h \times \left(\frac{\gamma_m - \gamma}{\gamma} \right) \times D_H \times 2g}{L \times v^2}$$

$$v = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2} \rightarrow Q = \frac{A_{\text{tanque}} \times \Delta h}{t}$$



Nesta experiência,
com o f e o Re ,
estime o valor da
rugosidade K





Vamos também obter a
representação gráfica
da perda distribuída em
função da vazão

$$h_f = f(Q)$$

Onde a vazão
novamente será
determinada de
forma direta.

$$Q = \frac{V}{t}$$





**Agora, vamos
abordar a
experiência de
perda de carga
singular**

$$h_S = K_S \times \frac{v^2}{2g} = K_S \times \frac{Q^2}{2g \times A^2}$$

Exemplos de singularidades



**Como calcular as
perdas singulares
(ou localizadas)?**

**Podemos
também
calculá-las de
duas maneiras:**



**Para
projeto:**

$$h_S = K_S \times \frac{v^2}{2g} = K_S \times \frac{Q^2}{2g \times A^2}$$

$K_S \rightarrow$ coeficiente de perda singular ou localizada

$v \rightarrow$ velocidade média do escoamento

$g \rightarrow$ aceleração da gravidade

$Q \rightarrow$ vazão do escoamento

$A \rightarrow$ área da seção formada pelo fluido

Existe outra maneira:

$$h_S = f \times \frac{L_{eq}}{D_H} \times \frac{v^2}{2g}$$

$L_{eq} \rightarrow$ comprimento equivalente $\rightarrow L_{eq} = \frac{K_S \times D_H}{f}$



**No
laboratório:**



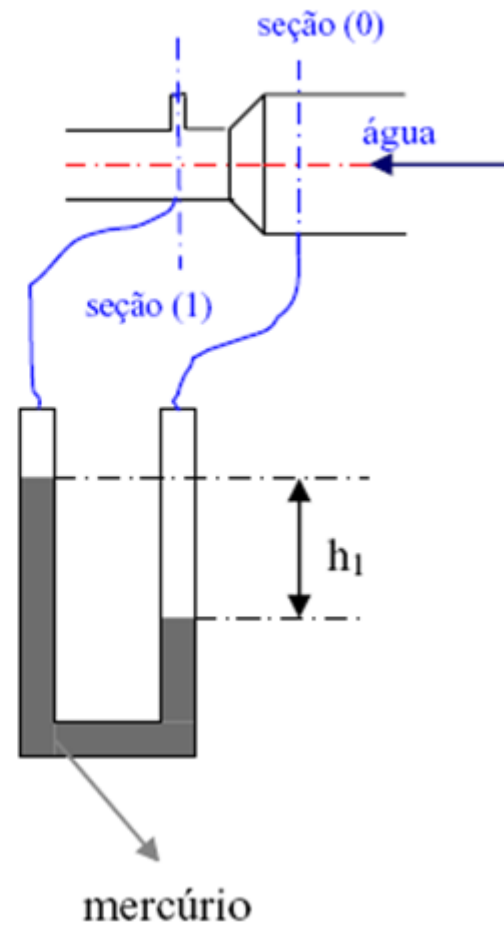
Dados coletados para cada
posição da válvula globo
controladora de vazão

$\Delta h =$

$t =$

$h_1 =$

temperatura =



Aplica-se
a equação
da energia
de (0) a
(1)



$$H_0 = H_1 + H_{p0-1}$$

$$Z_0 + \frac{p_0}{\gamma} + \frac{v_0^2}{2g} = Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + h_{s0-1}$$

$$h_{s0-1} = \frac{p_0 - p_1}{\gamma} + \frac{v_0^2 - v_1^2}{2g} = K_S \times \frac{v_1^2}{2g}$$

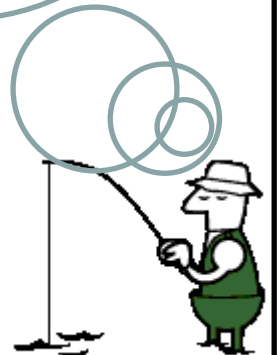
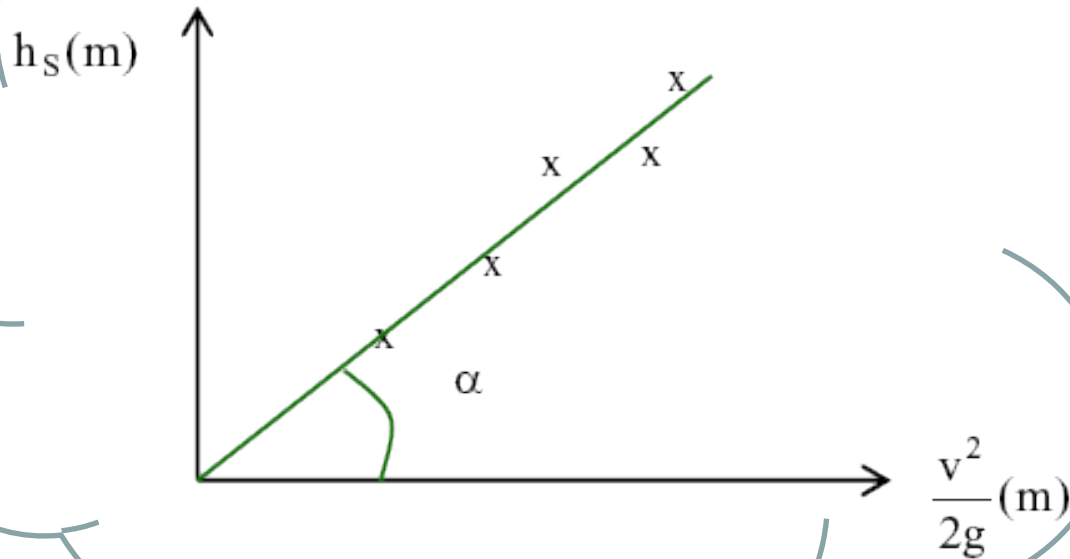
$$\therefore K_S = \frac{\frac{p_0 - p_1}{\gamma} + \frac{v_0^2 - v_1^2}{2g}}{\frac{v_1^2}{2g}}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = K_S$$

$$y = \text{número} \times x \Rightarrow y = h_S \rightarrow x = \frac{v^2}{2g}$$

$$\text{número} = K_S$$

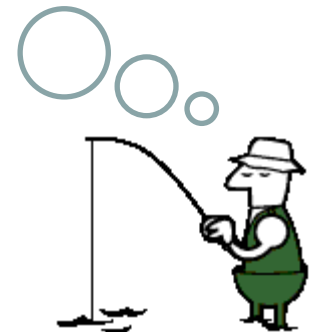
Pede-se também
a determinação
do K_S .



Com K_S e o f ,
podemos calcular o
 L_{eq}

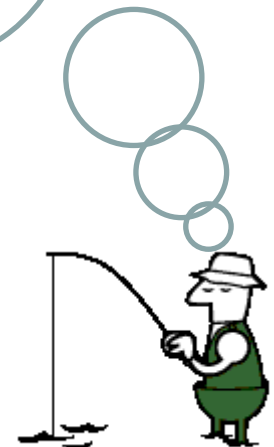
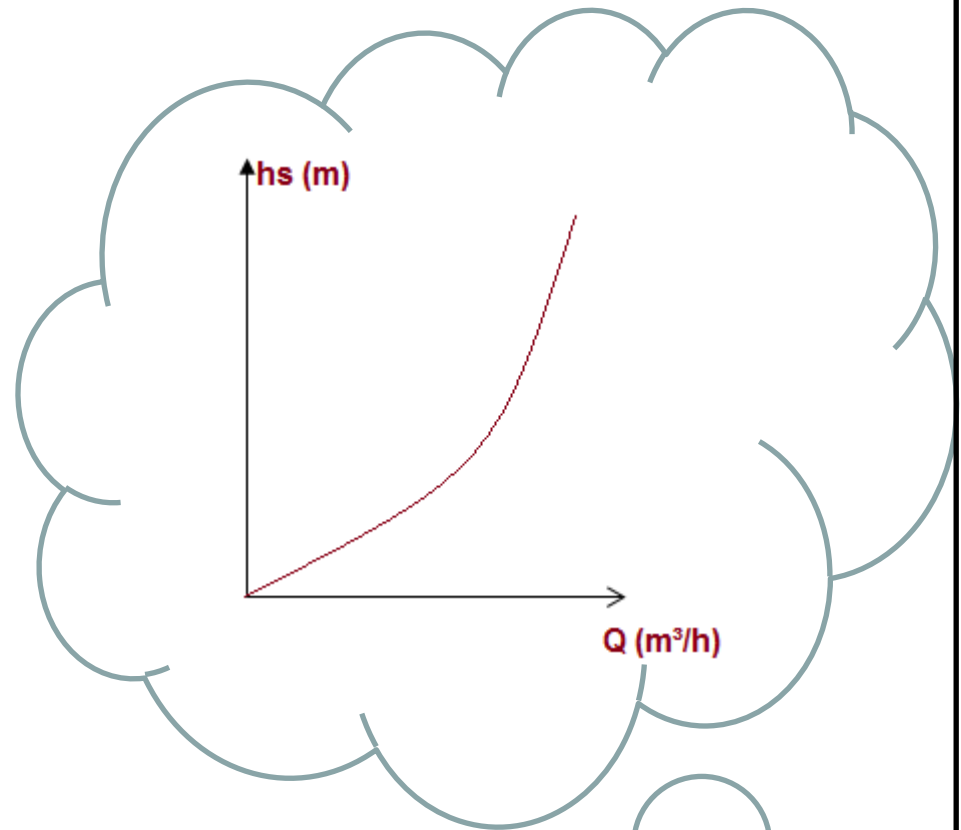


$$L_{eq} = \frac{K_S \times D_H}{f}$$



Pede-se
também:

$$h_S = f(Q)$$



Trecho para determinação da perda singular



Tabela de dados

Ensaio	h_1 (cm) da perda distribuída	h_2 (cm) da perda singular	Δh (cm)	t(s)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				

Exercícios

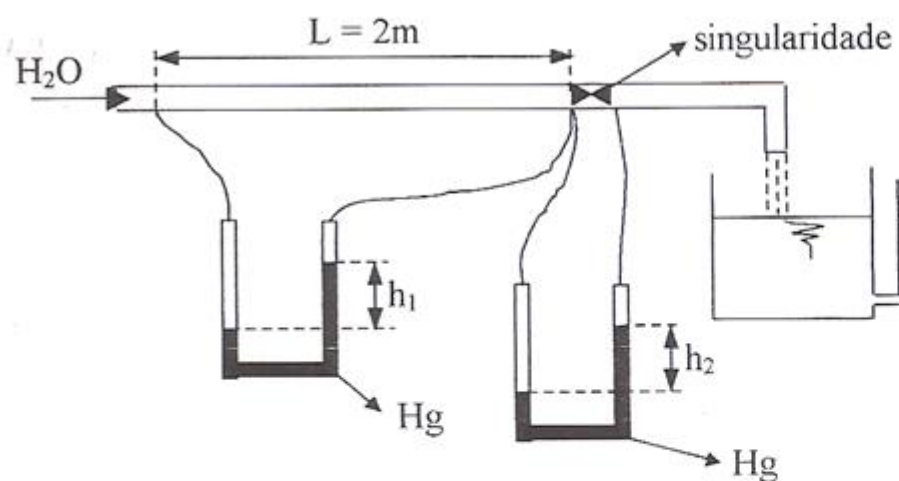
Na experiência de perda de carga distribuída, um aluno preencheu a primeira linha da tabela abaixo, mas posteriormente verificou que o diâmetro do tubo utilizado para os cálculos estava errado, sendo que o verdadeiro tinha 2 mm a menos.

1. Qual o verdadeiro valor do coeficiente de perda de carga distribuída?
2. Qual o comprimento da tubulação?

Δh (m)	t (s)	Q (L/s)	v (m/s)	h (m)	h_f (m)	f
0,2	24	2,27	2,23	0,033	0,395	0,023

Exercícios (cont)

As experiências de perda de carga distribuída e singular foram realizadas simultaneamente no laboratório. Baseado na figura e nos dados, preencher as lacunas na tabela mostrando os cálculos abaixo.



Dados:

$$\nu = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$A_{\text{tanque}} = 0,5 \text{ m}^2$$

$$D_{\text{tubo}} = 5 \text{ cm (constante)}$$

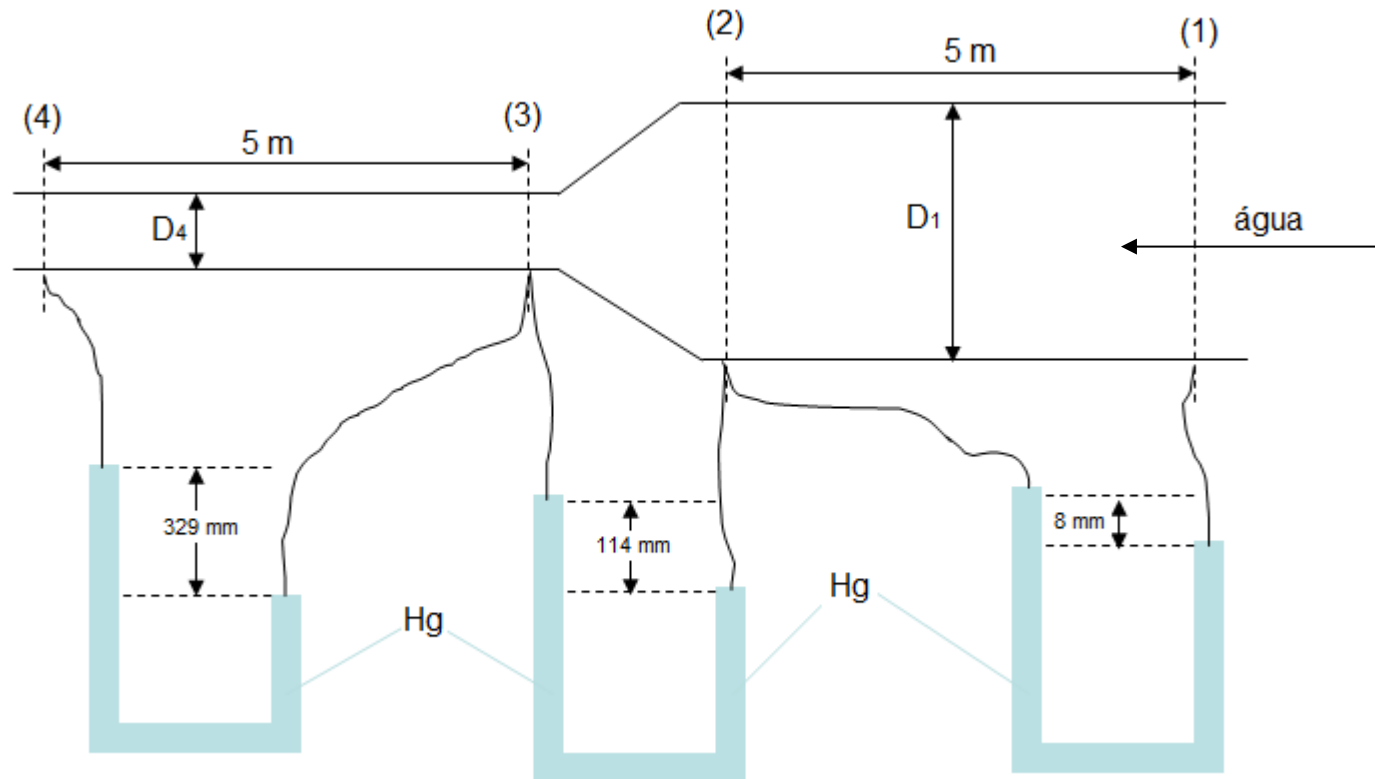
$$\gamma_{\text{H}_2\text{O}} = 1000 \text{ kgf/m}^3$$

$$\gamma_{\text{Hg}} = 13600 \text{ kgf/m}^3$$

Δh	t	h_1	h_2	Q	v	h_f	f	Re	h_s	k_s	L_{eq}
cm	s	cm	cm	L/s	m/s	m	-	-	m	-	m
5		1,3						10^5		8	

Na experiência de perda de carga singular utilizou-se trecho da bancada esquematizada a seguir. O tanque superior tem uma área de seção transversal igual a $0,5 \text{ m}^2$ e no piezômetro utilizado como medidor de nível observou-se uma subida d'água de 10 cm em um tempo de 25 s . Os tubos tem diâmetro respectivamente $D_1 = 50 \text{ mm}$ e $D_4 = 25 \text{ mm}$, sabendo que o peso específico da água e do mercúrio são respectivamente 9800 N/m^3 e 136000 N/m^3 , pergunta-se:

1. quanto vale o coeficiente de perda de carga singular?
2. qual o seu comprimento equivalente?



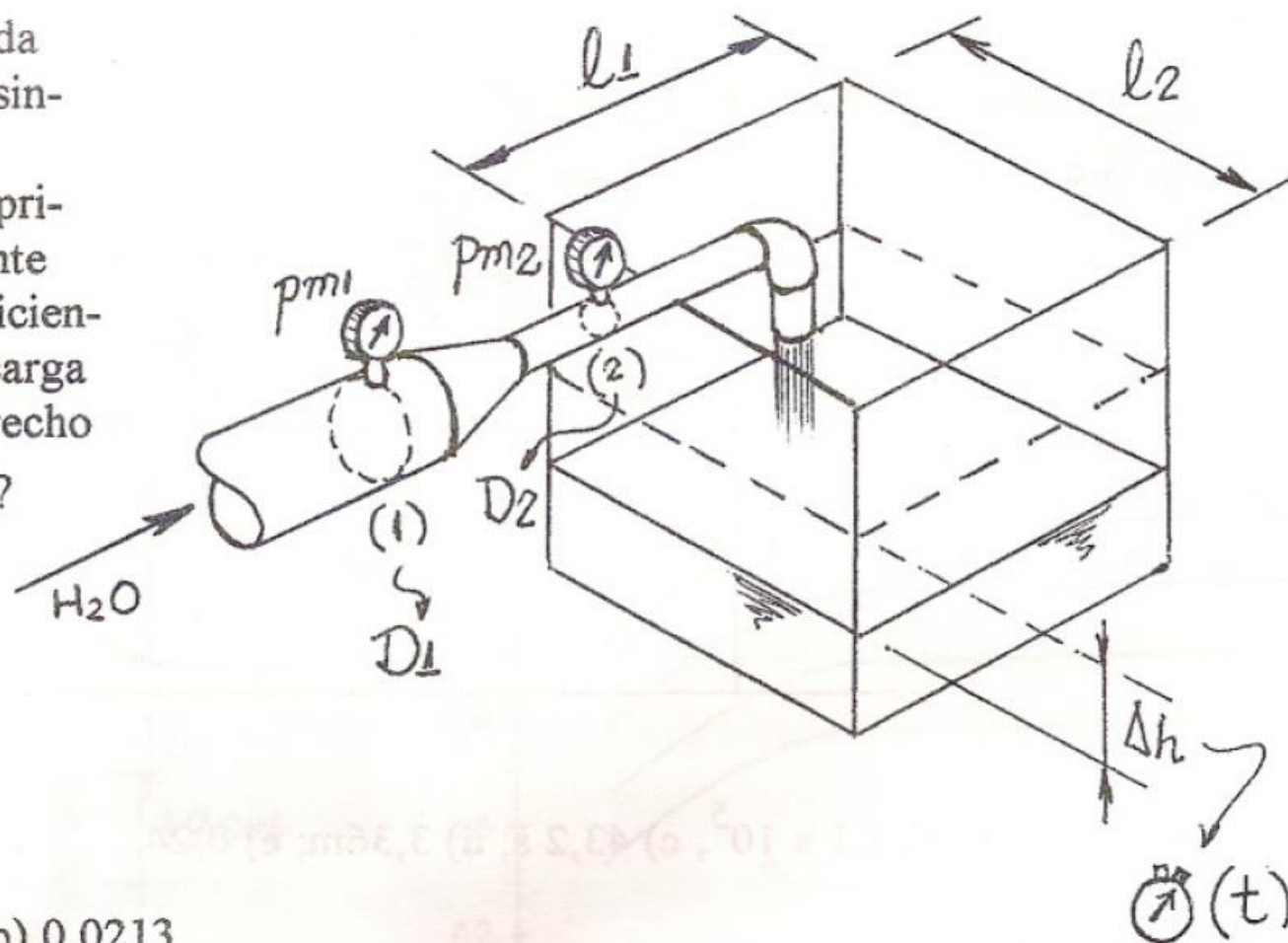
Ex. 14 (Ref.: Exp. 7)

Na Experiência de Perda de Carga Singular, foram obtidos os seguintes dados:

$p_{m1} = 0,82 \text{ kgf/cm}^2$; $p_{m2} = 0,70 \text{ kgf/cm}^2$; $l_1 = 60 \text{ cm}$; $l_2 = 50 \text{ cm}$; $t = 30 \text{ s}$ para $\Delta h = 50 \text{ cm}$; $D_1 = 80 \text{ mm}$; $D_2 = 48 \text{ mm}$; $\gamma_{H_2O} = 1000 \text{ kgf/m}^3$; $g = 9,8 \text{ m/s}^2$. Pede-se:

a) o coeficiente da perda de carga singular.

b) sendo o comprimento equivalente 5m, qual o coeficiente da perda de carga distribuída no trecho de diâmetro D_2 ?



Resp.: a) 2,22; b) 0,0213