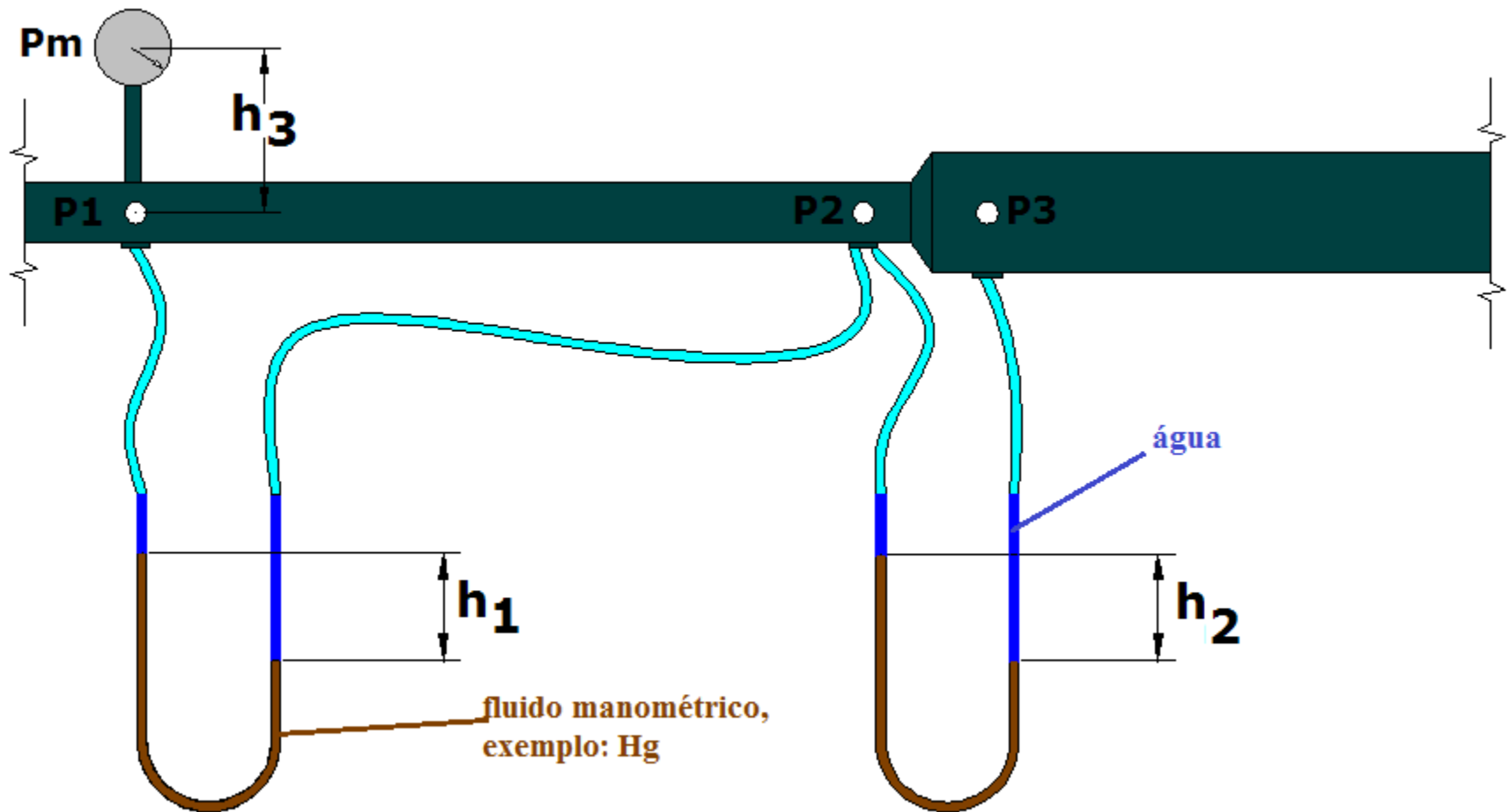

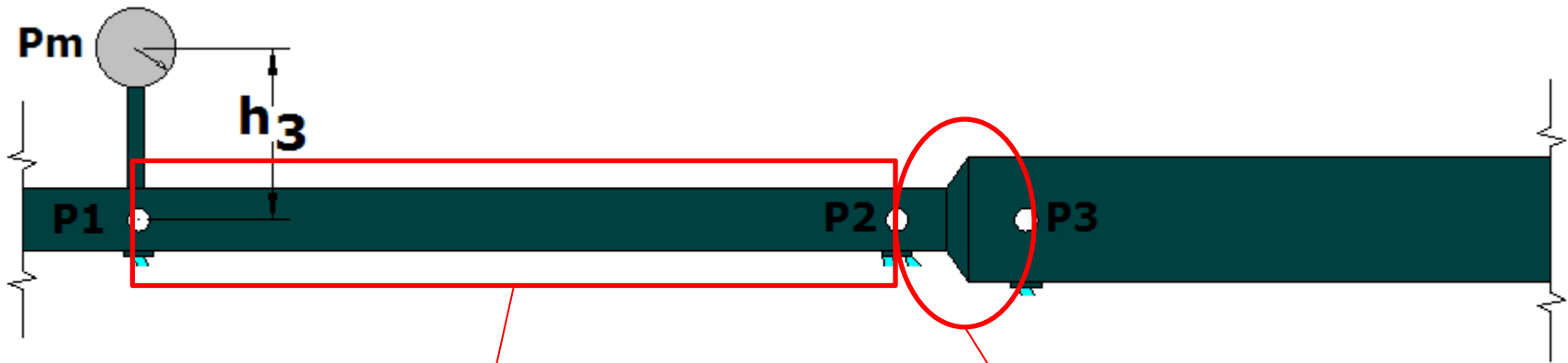



# Experiência de perda de carga





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

+

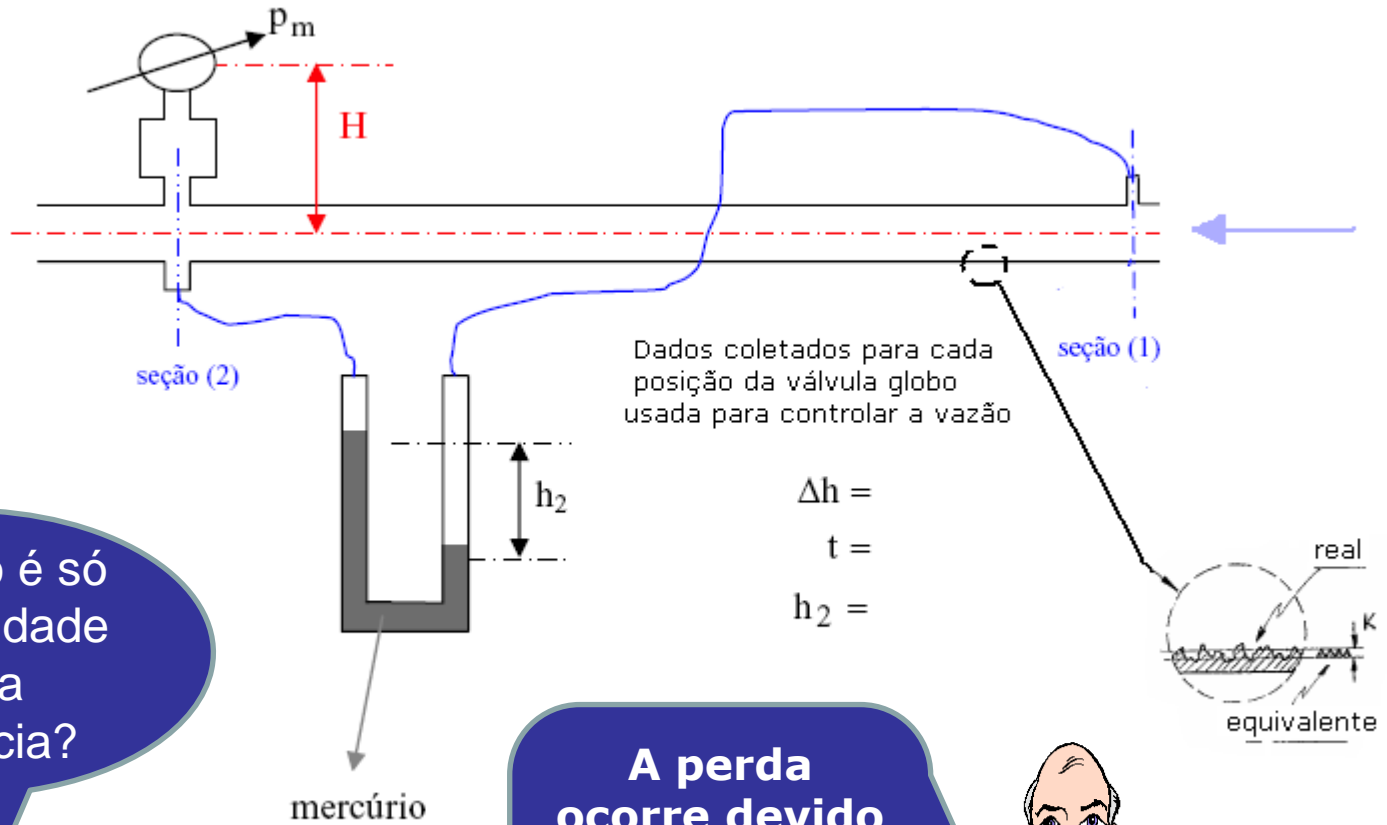


Experiência de perda de carga localizada, a perda ocorre devido a presença de um acessório hidráulico (singularidades)

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

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

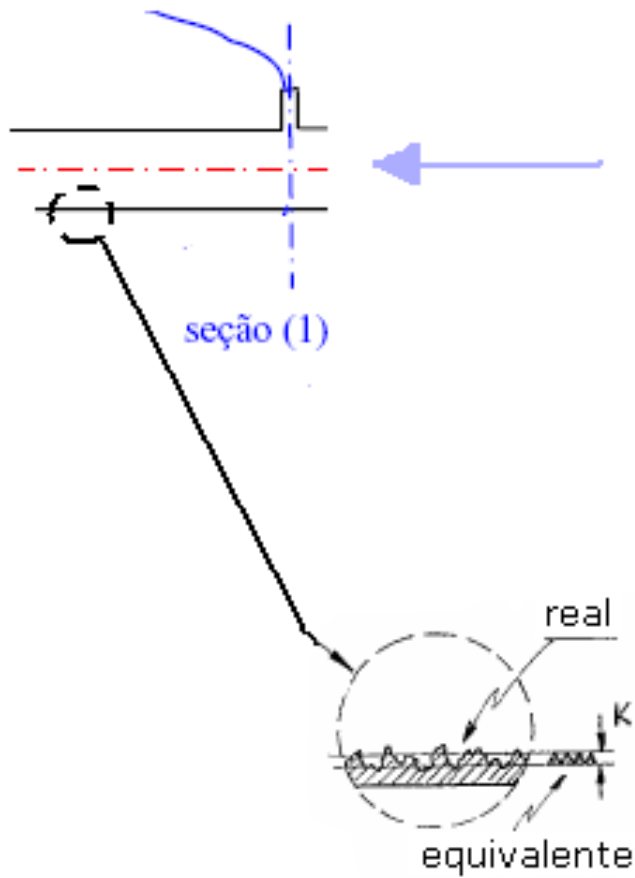




Mas não é só a viscosidade que a influencia?

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





**Não, 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  $k=4,6 \times 10^{-5}$  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**



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

$f$  → coeficiente de perdede carga distribuída

$L$  → comprimento da tubulação

$D_H$  → 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



Como  
achar o f?



Existem  
duas  
maneiras:

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



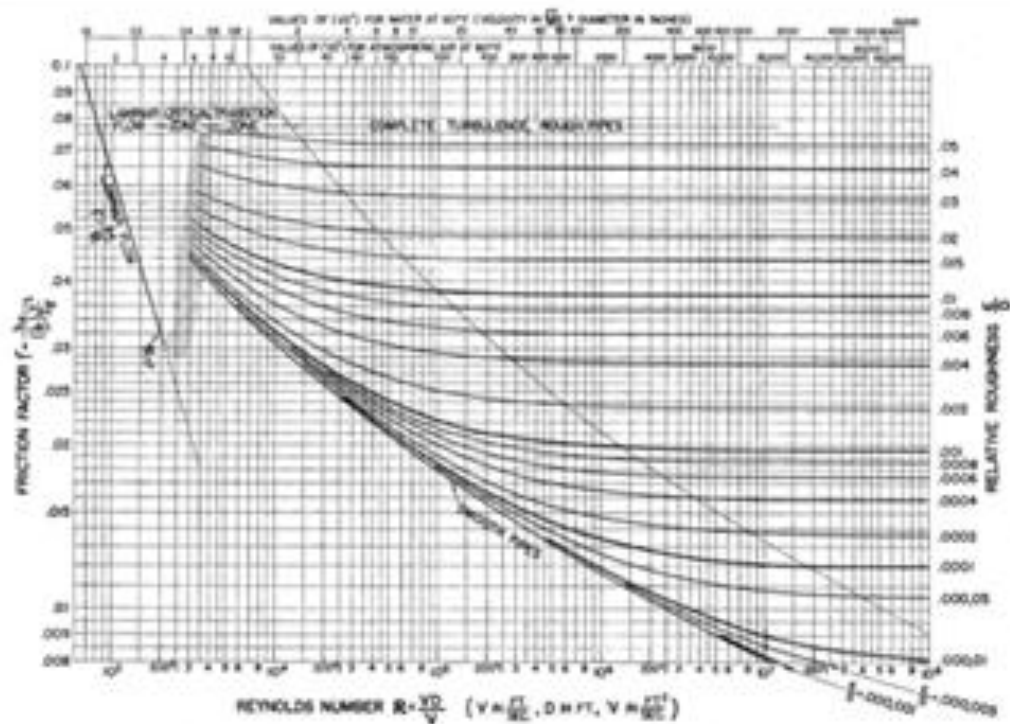
$$Re = \frac{\rho \times v \times D_H}{\mu} = \frac{v \times D_H}{\nu}$$

Se  $Re \leq 2000 \rightarrow$  escoamento laminar

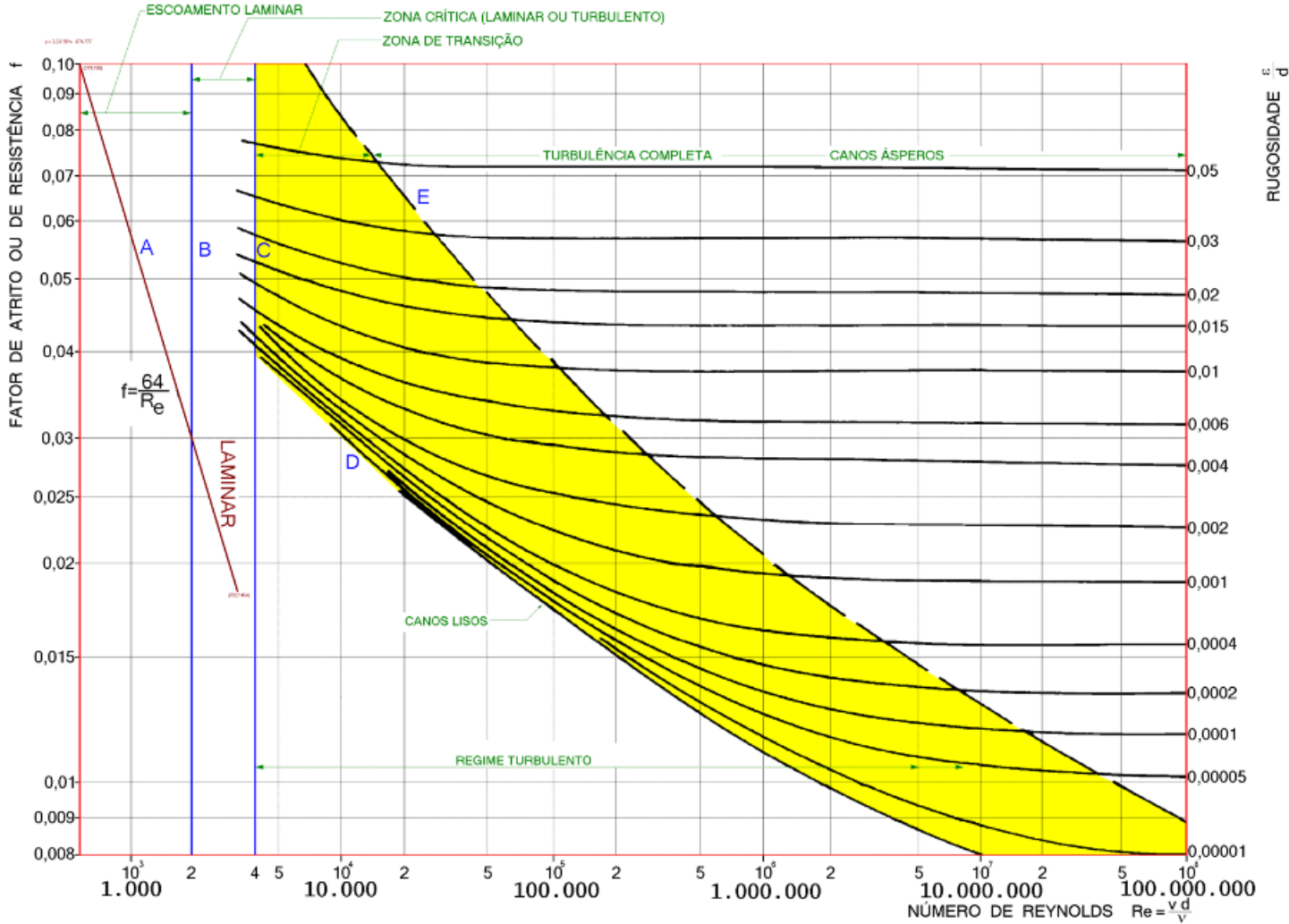
$$\therefore f = \frac{64}{Re}$$

Para o escoamento turbulento recorre - se aos diagramas :

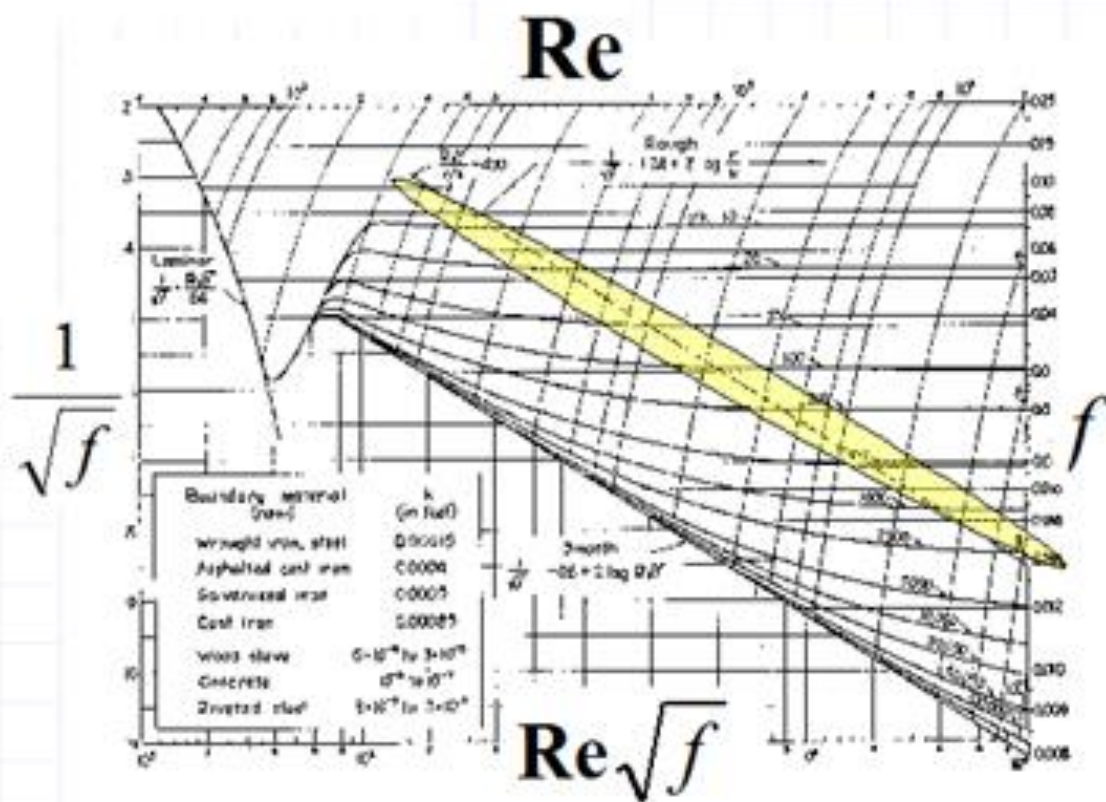
# Lewis Moody, 1944



# Detalhes do Moody

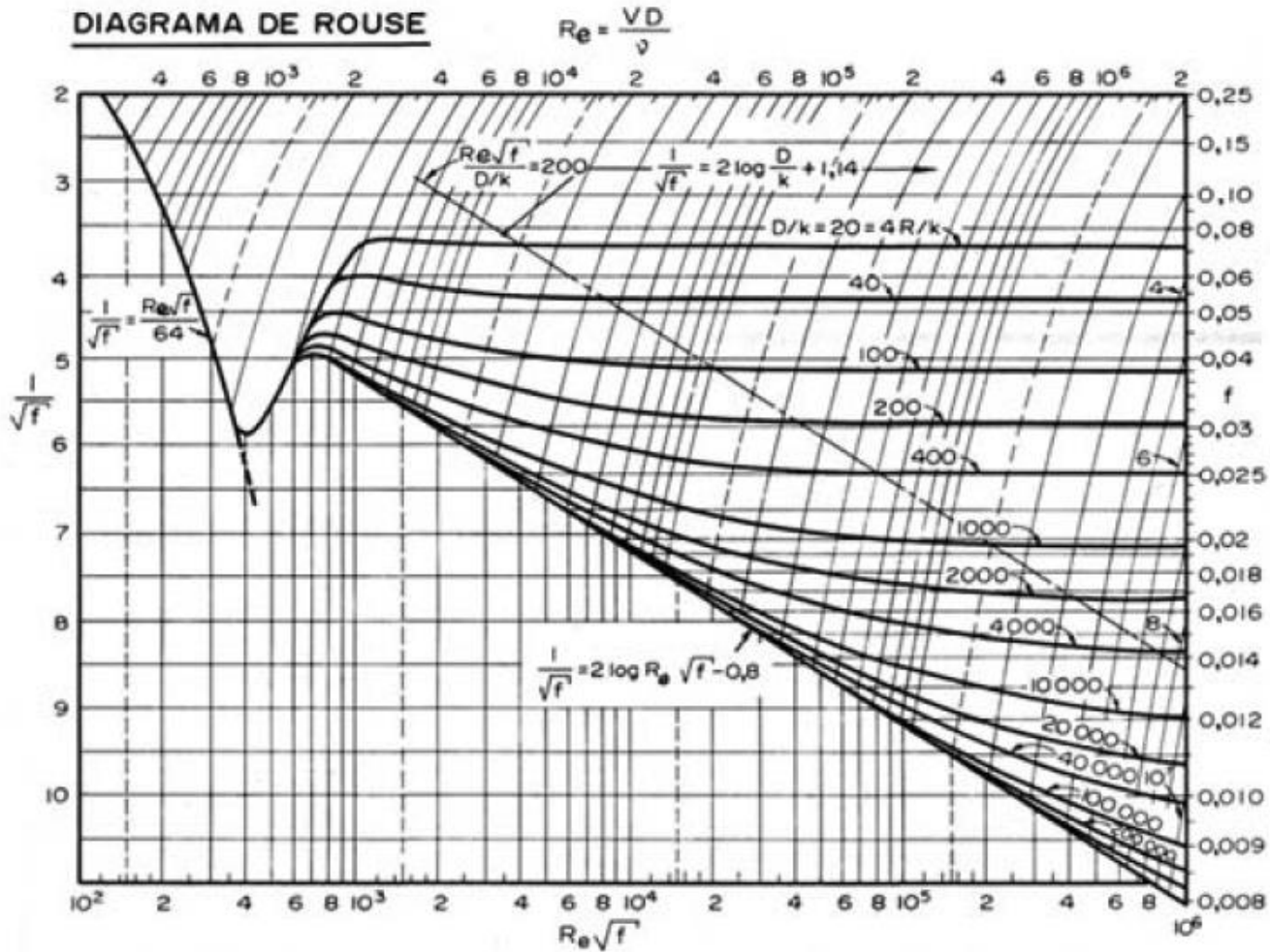


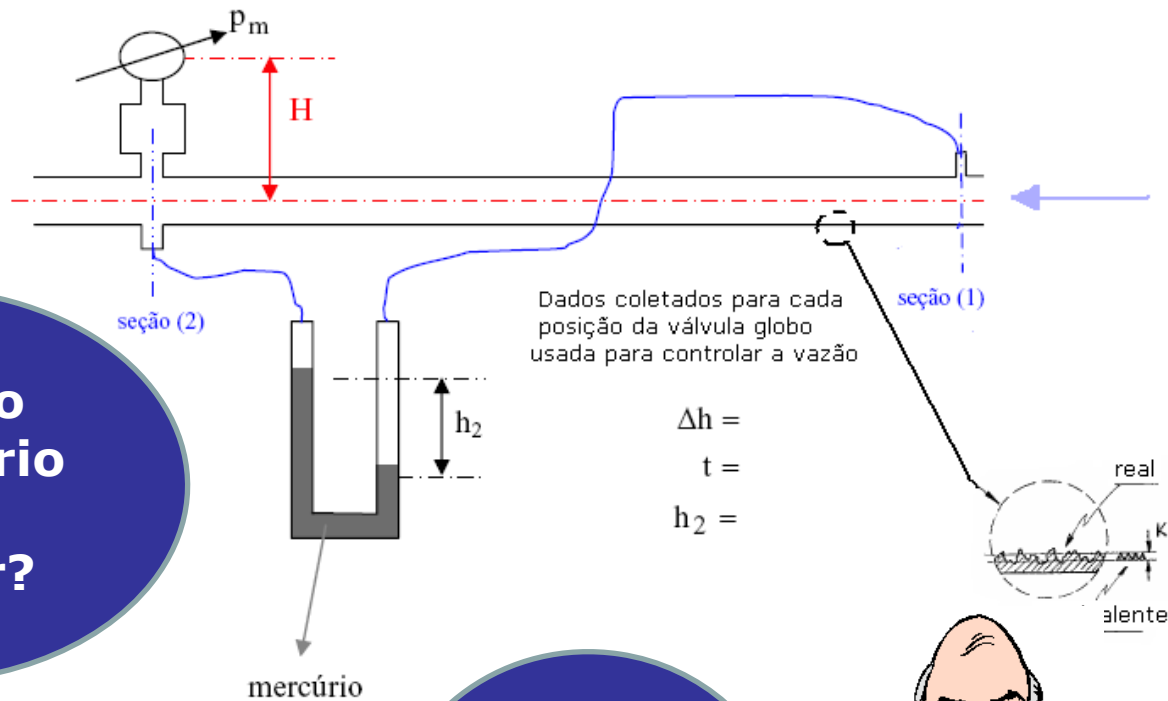
# Hunter Rouse, 1942





# Rouse





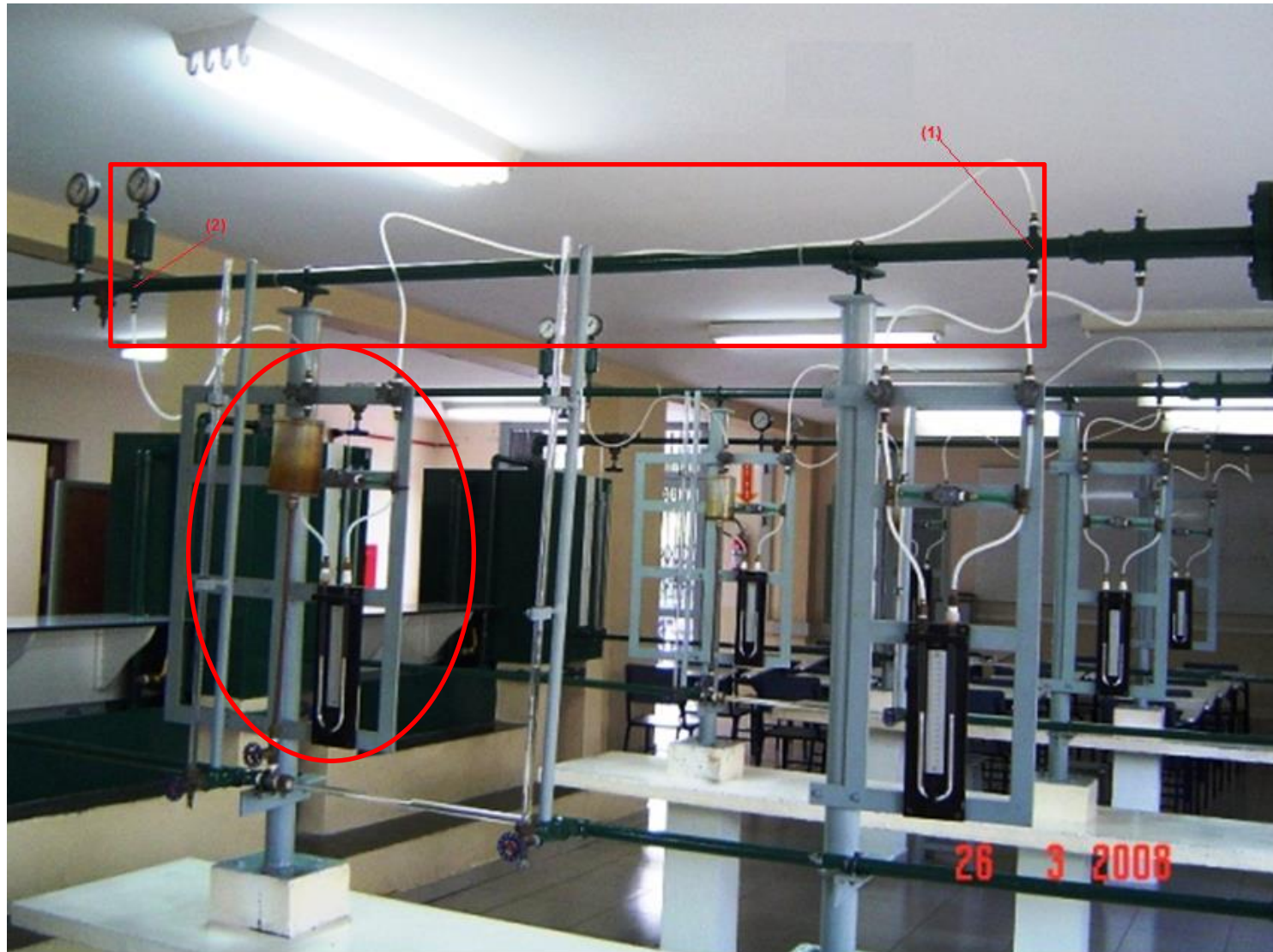
**E para o laboratório como calcular?**

**Vamos localizar o esquema acima na bancada.**





## Trecho da bancada do laboratório



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

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

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

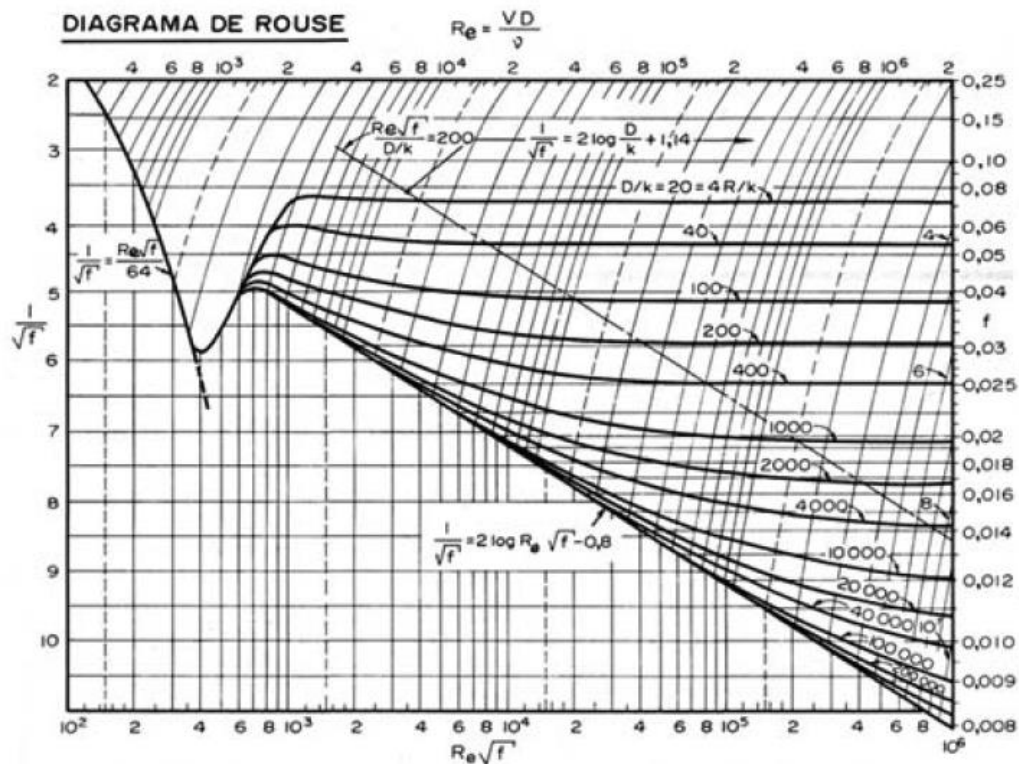
$$h_{f1-2} = \frac{p_1 - p_2}{\gamma} = h \times \left( \frac{\gamma_m - \gamma}{\gamma} \right) = f \times \frac{L}{D_H} \times \frac{v^2}{2g}$$


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

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



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:**

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

$K_S$  → coeficiente de perda singular ou localizada

$v$  → velocidade média do escoamento

$g$  → aceleração da gravidade

$Q$  → vazão do escoamento

$A$  → área da seção formada pelo fluido

Existe outra maneira:

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

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





No  
laboratório:



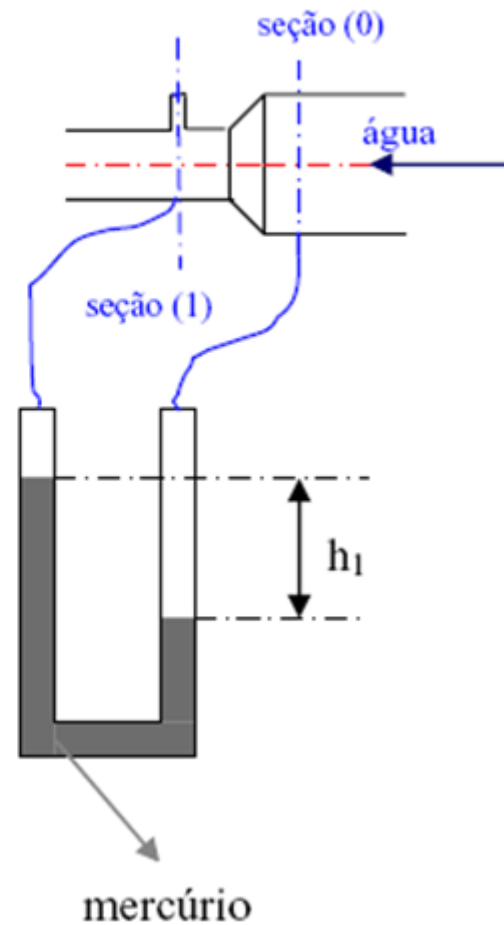
Dados coletados para cada  
posição da válvula globo  
controladora de vazão

$\Delta h =$

$t =$

$h_1 =$

temperatura =



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



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

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

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

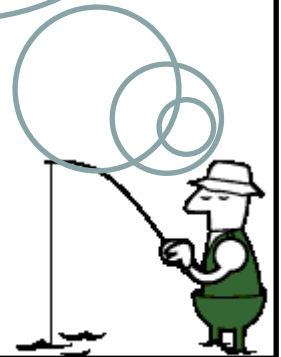
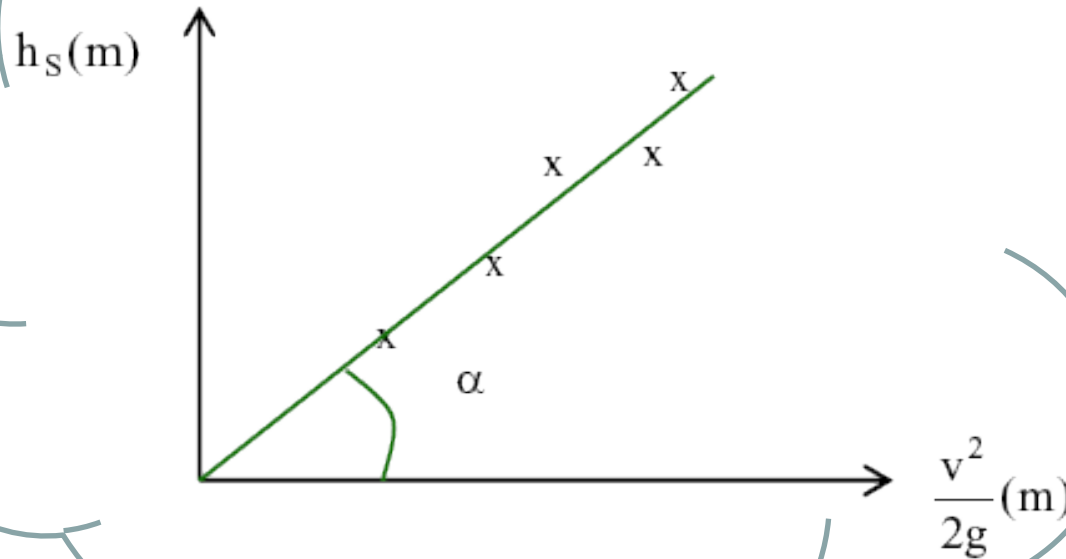
$$\therefore K_S = \frac{\frac{p_0 - p_1}{\gamma} + \frac{v_0^2 - v_1^2}{2g}}{\frac{v_1^2}{2g}}$$

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

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

$$\text{número} = K_S$$

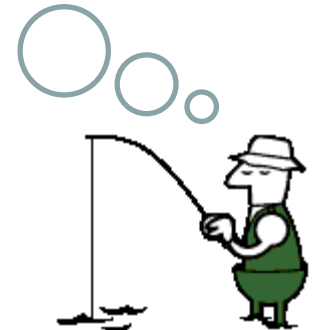
Pede-se também  
a determinação  
do  $K_S$ .



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

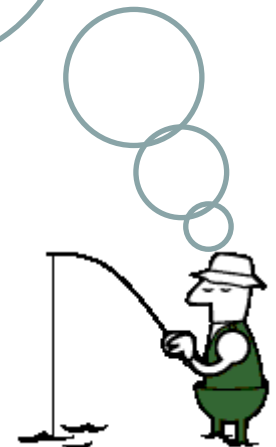
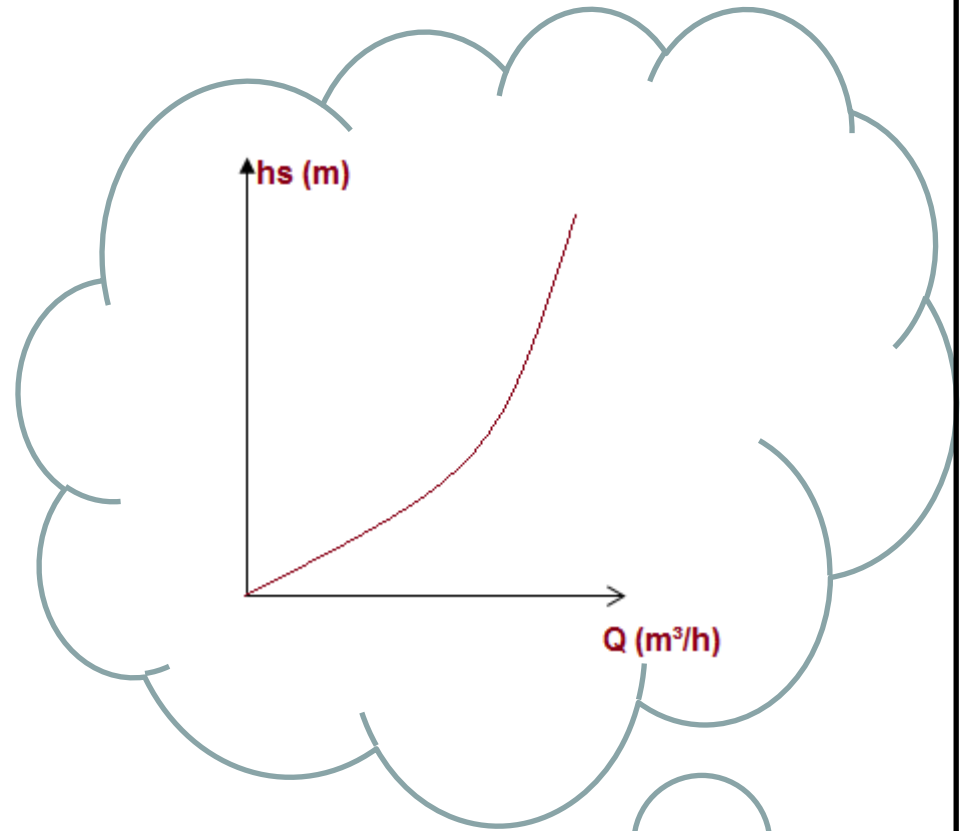


$$L_{eq} = \frac{K_S \times D_H}{f}$$



Pede-se  
também:

$$h_{\zeta} = f(Q)$$



## Trecho para determinação da perda singular



# Tabela de dados

Ensaio	$h_1$ (cm) da perda distribuída	$h_2$ (cm) da perda singular	$\Delta h$ (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.

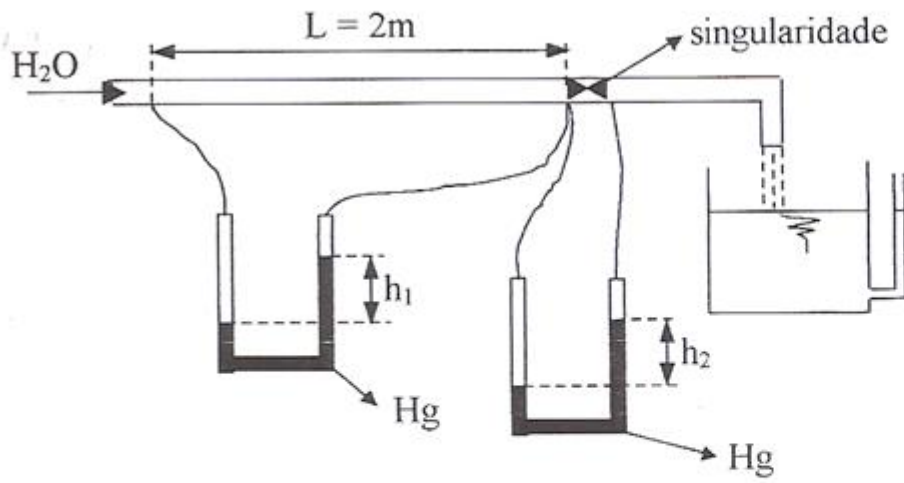
1. Qual o verdadeiro valor do coeficiente de perda de carga distribuída?
2. Qual o comprimento da tubulação?

$\Delta h$ (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.

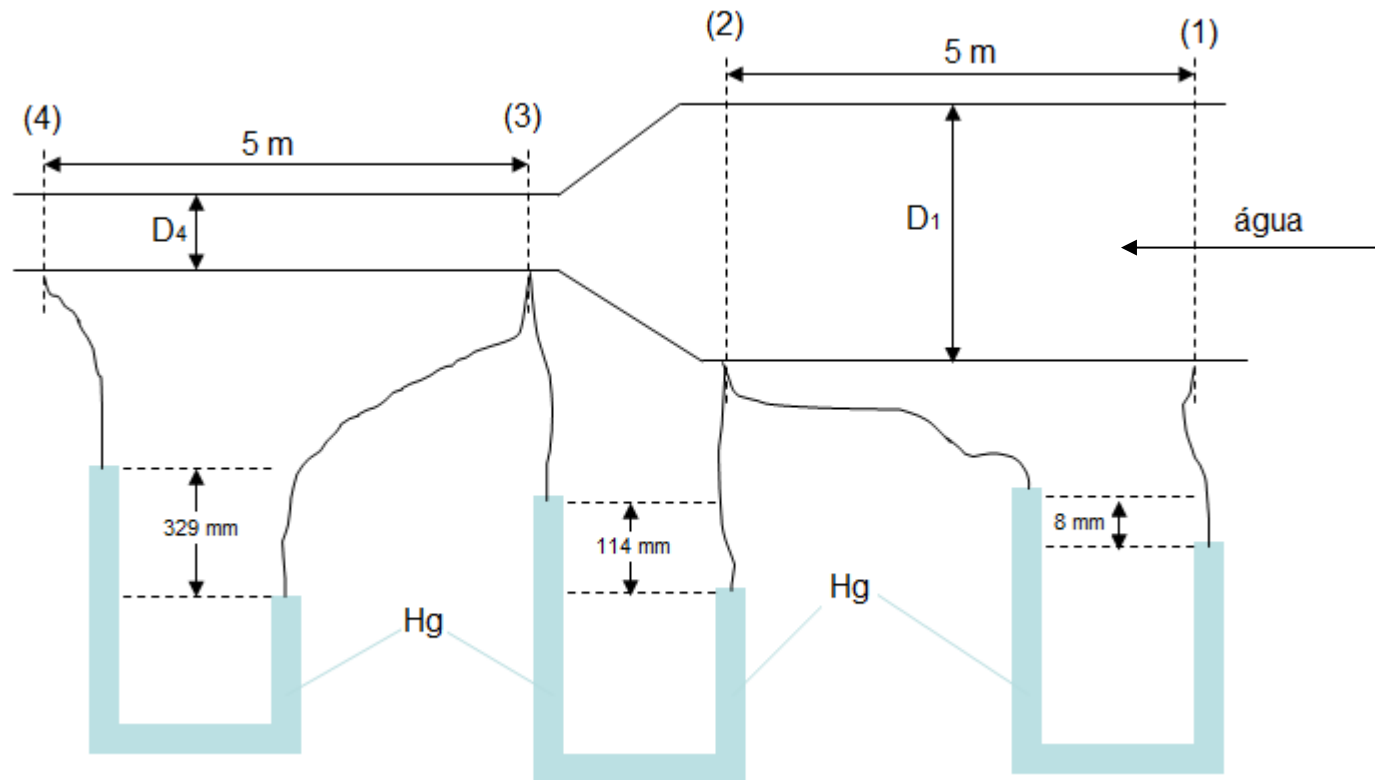


- Dados:
- $\nu = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$
  - $A_{\text{tanque}} = 0,5 \text{ m}^2$
  - $D_{\text{tubo}} = 5 \text{ cm (constante)}$
  - $\gamma_{\text{H}_2\text{O}} = 1000 \text{ kgf/m}^3$
  - $\gamma_{\text{Hg}} = 13600 \text{ kgf/m}^3$

$\Delta h$	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  $10 \text{ cm}$  em um tempo de  $25 \text{ s}$ . 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  $9800 \text{ N/m}^3$  e  $136000 \text{ N/m}^3$ , pergunta-se:

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



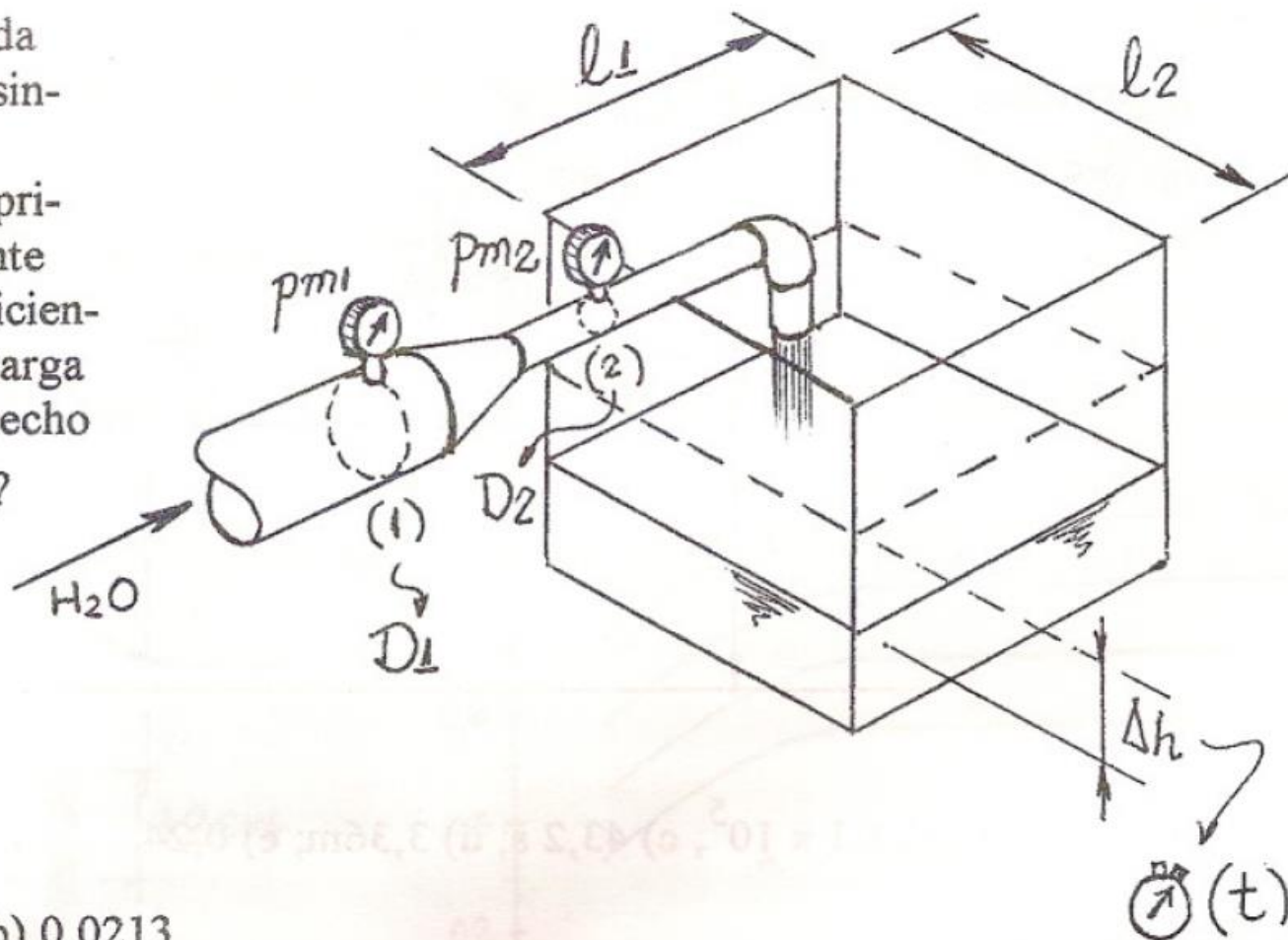
Ex. 14 (Ref.:Exp. 7)

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  $\Delta h = 50 \text{cm}$ ;  $D_1 = 80 \text{mm}$ ;  $D_2 = 48 \text{mm}$ ;  $\gamma_{\text{H}_2\text{O}} = 1000 \text{kgf/m}^3$ ;  $g = 9,8 \text{m/s}^2$ . 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