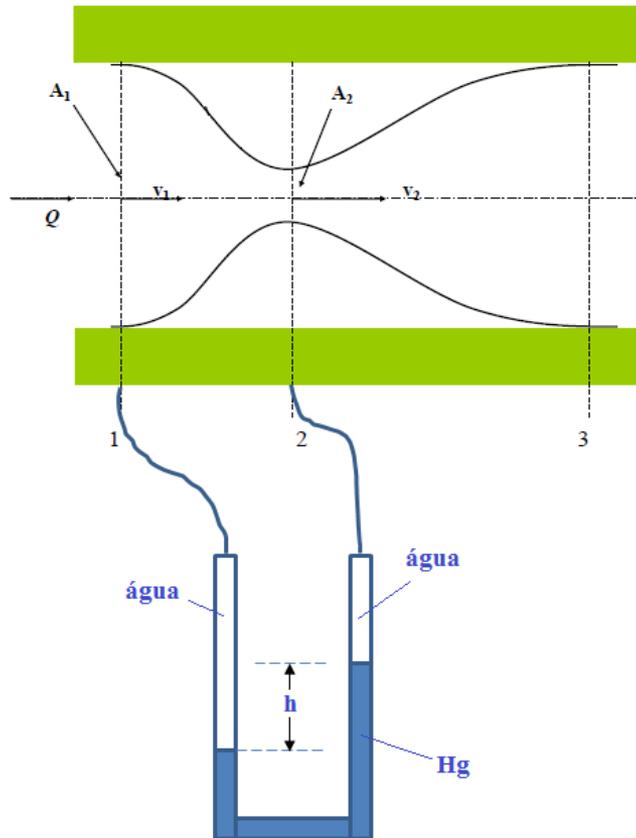
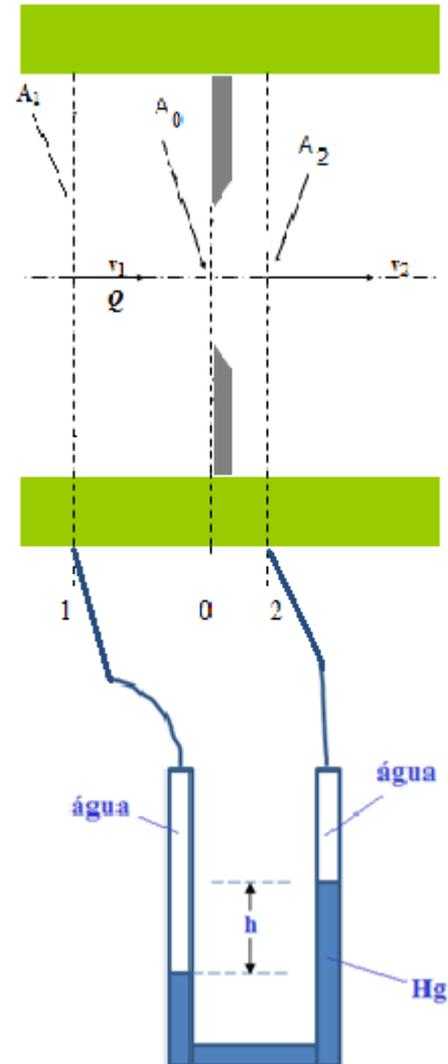


# Experiência - Medidores de vazão

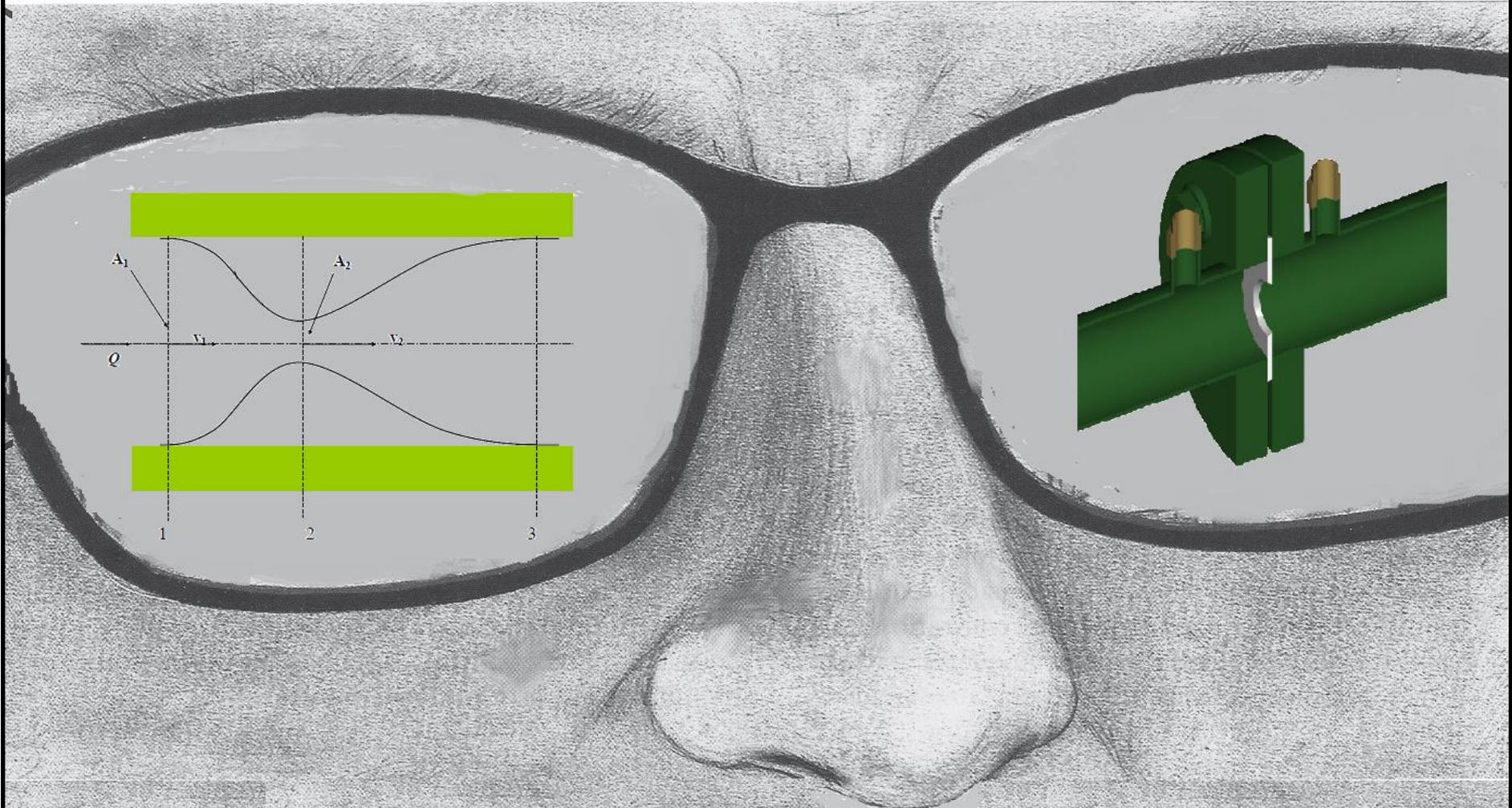
## Venturi



## Placa de orifício



Objetiva-se ter uma visão sobre o venturi e a placa de orifício.



O que será que  
há de comum  
entre os  
medidores  
anteriores

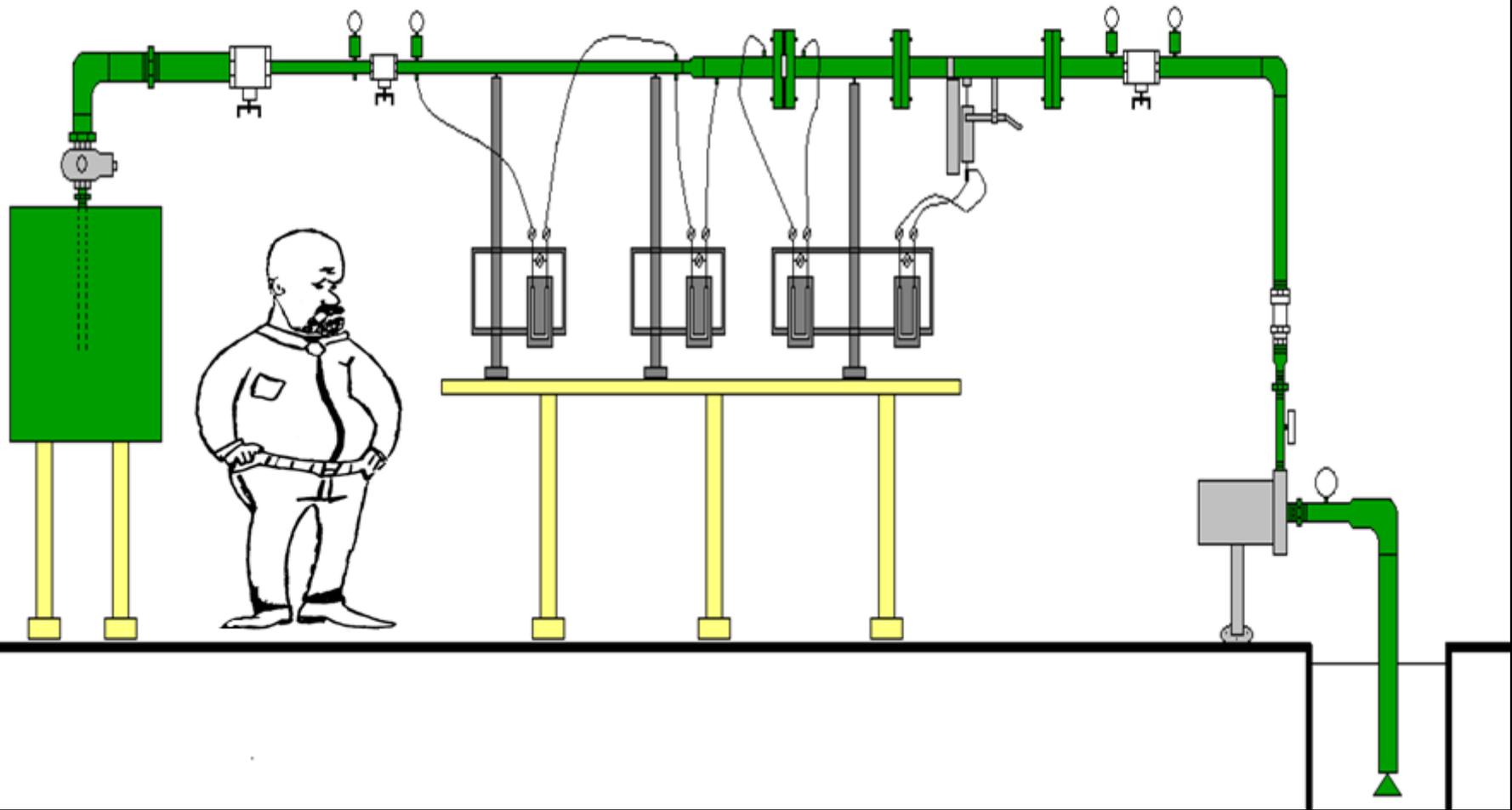


Em ambos os medidores tem-se uma redução de área, no venturi tem-se a área da garganta (seção 2) e na placa de orifício tem-se a área do orifício  $A_0$ .

Portanto o comum é que em ambos se tem uma redução de área.



O que a redução de área origina?





Vai originar um aumento da carga cinética e em consequência uma diminuição da carga de pressão!

# Equacionamento dos medidores

- Considera-se fluido ideal e aplica-se a equação de Bernoulli de 1 a 2:

$$H_1 = H_2$$

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

Como os medidores foram instalados em um plano horizontal tem-se que a carga potencial (z) é constante, portanto:

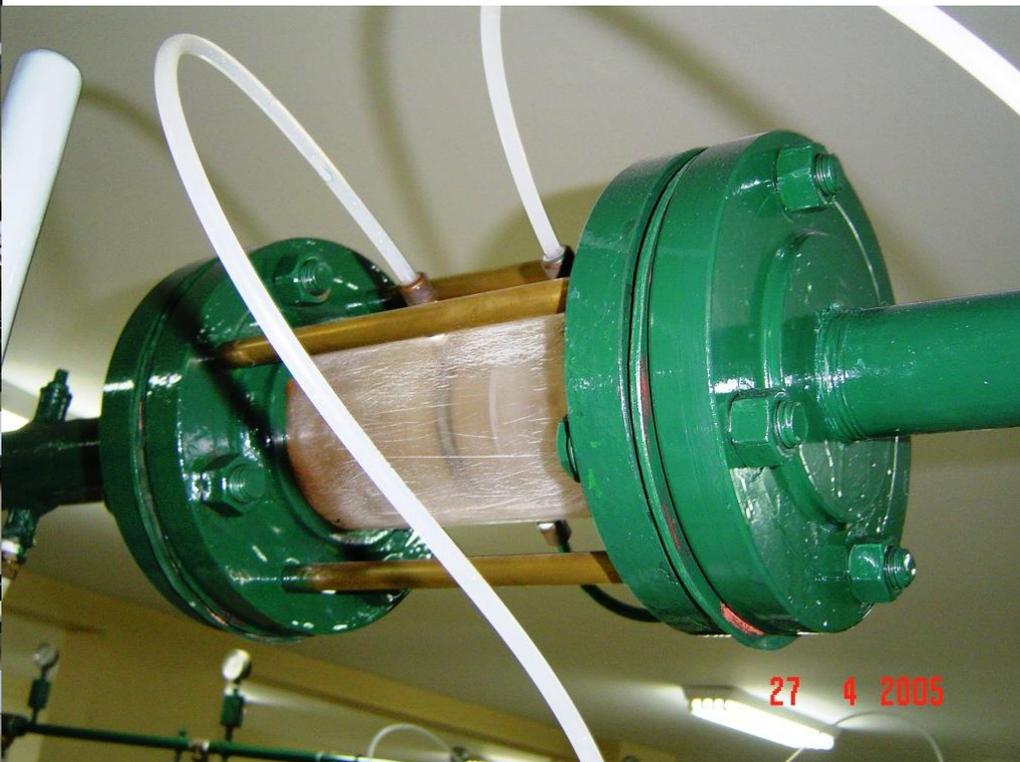
$$\frac{p_1 - p_2}{\gamma} = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g}$$

$$\therefore v_2^2 - v_1^2 = 2g \times \frac{p_1 - p_2}{\gamma}$$

Pelo fato de  $v_2 > v_1$  pode-se concluir que  $p_1 > p_2$  o que comprova que existe um aumento de carga cinética e em consequência uma redução da carga de pressão, veja o redutor de pressão ao lado.



Isto também pode ser comprovado na  
própria bancada





Pela equação da continuidade aplicada a um escoamento incompressível e em regime permanente tem-se:

$$v_1 \times A_1 = v_2 \times A_2$$



O Alemão que vá!

No caso do venturi  $A_2 = A_{\text{garganta}}$  que é a área do diâmetro menor e que é facilmente determinada.  
Na placa de orifício esta área neste semestre será a área do orifício.



**No próximo  
semestre mostrarei  
um  
equacionamento  
diferente para a  
placa de orifício.**



Portanto:

$$v_1 \times A_1 = v_2 \times A_2$$

$$\therefore v_1 = v_2 \times \frac{A_2}{A_1} = v_2 \times \frac{D_2^2}{D_1^2}$$

Substituindo na equação anterior :

$$v_2^2 \left[ 1 - \left( \frac{D_2}{D_1} \right)^4 \right] = 2g \times \frac{p_1 - p_2}{\gamma}$$

Através de uma manômetro diferencial em forma de U instalado entre as seções 1 e 2, tem-se:

$$p_1 - p_2 = h \times (\gamma_m - \gamma)$$

$$\therefore v_2 = \sqrt{\frac{2gh \times \left( \frac{\gamma_m - \gamma}{\gamma} \right)}{1 - \left( \frac{D_2}{D_1} \right)^4}}$$

A velocidade  $v_2$  calculada anteriormente é teórica, isto porque se considerou um fluido ideal, ou seja, um fluido que escoar sem ter perda de carga.



Portanto determinamos a vazão teórica e com a definição de coeficiente de vazão a vazão real:

$$Q_{\text{teórica}} = v_2 \times A_2$$

$$\text{Coeficiente de vazão} \rightarrow C_D = \frac{Q_{\text{real}}}{Q_{\text{teórica}}}$$

$$\therefore Q_{\text{real}} = C_D \times A_2 \times \sqrt{\frac{2gh \times \left( \frac{\gamma_m - \gamma}{\gamma} \right)}{1 - \left( \frac{D_2}{D_1} \right)^4}}$$



# Tabela de dados

Ensaio	$\Delta h$ (mm)	t(s)	$h_{med}$ (mm)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			

$D_{medidor} =$

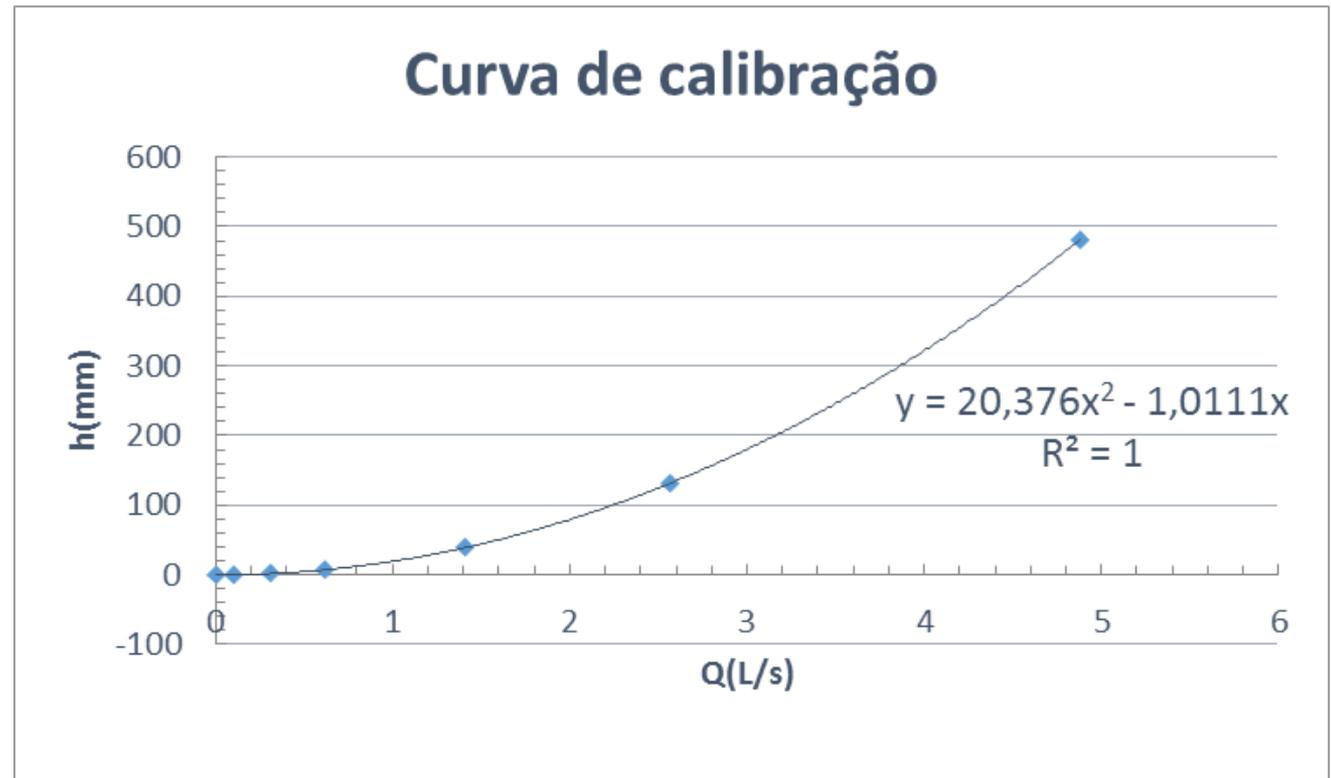
$D_1 = 40,8\text{mm} \rightarrow A_1 = 13,1\text{cm}^2$

temperatura = ..... $^{\circ}\text{C}$ ;  $\rho_{\text{água}} = \dots\dots\dots \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ;  $\rho_{\text{Hg}} = \dots\dots\dots \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ;

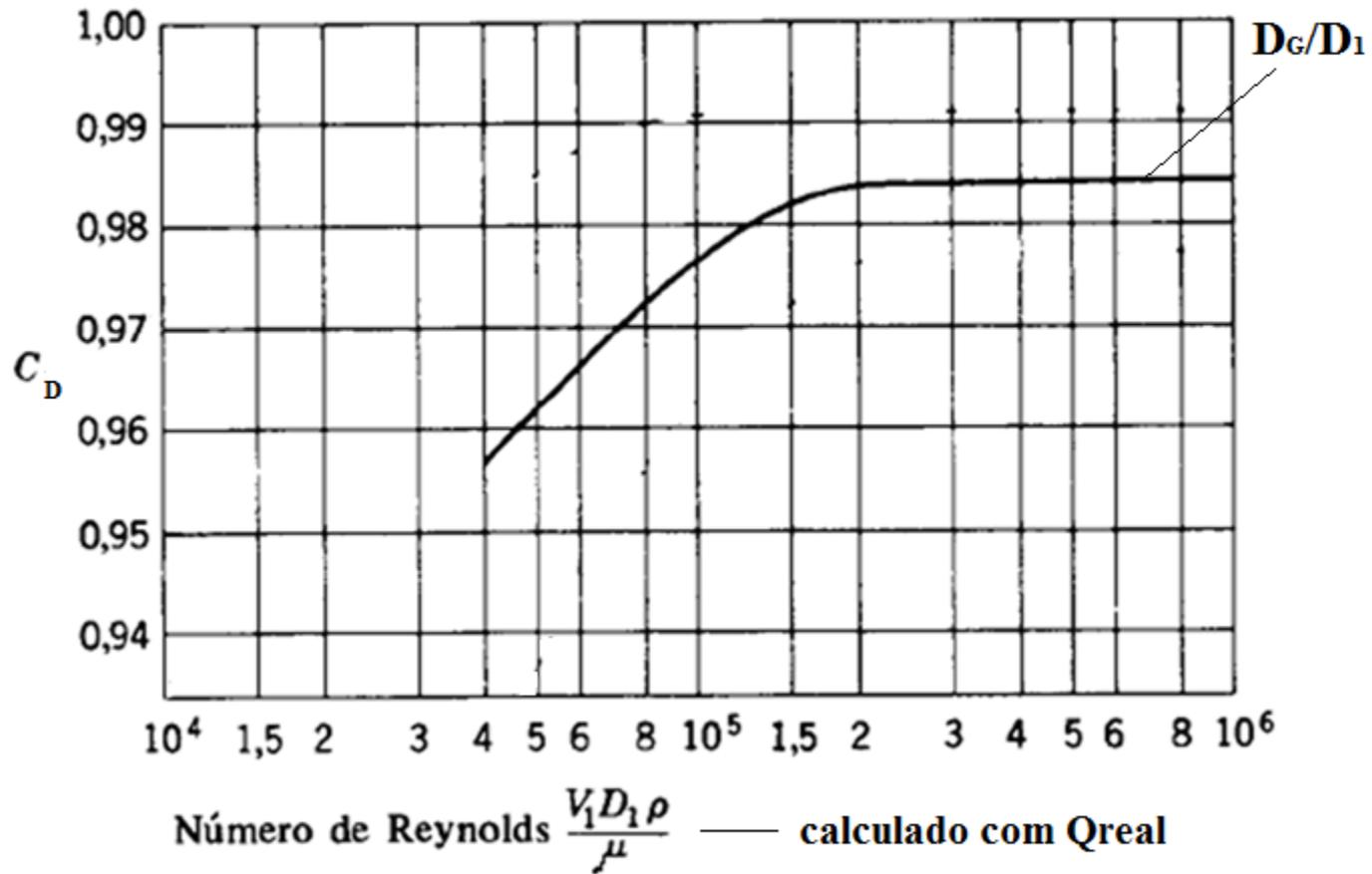
$A_{tan\ que} = \dots\dots\dots \text{m}^2$

# Curva de calibração

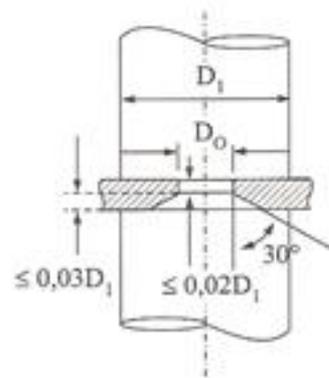
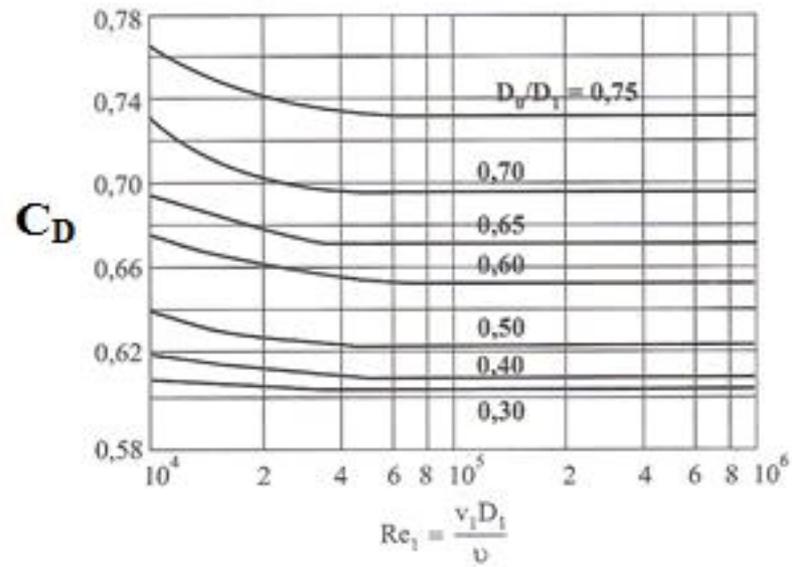
Qreal(L/s)	h(mm)
0	0
0,103	0,167
0,308	1,7
0,616	7,1
1,4	39,1
2,6	131,9
4,9	480,4



# Curva característica do venturi



# Curva característica da placa de orifício

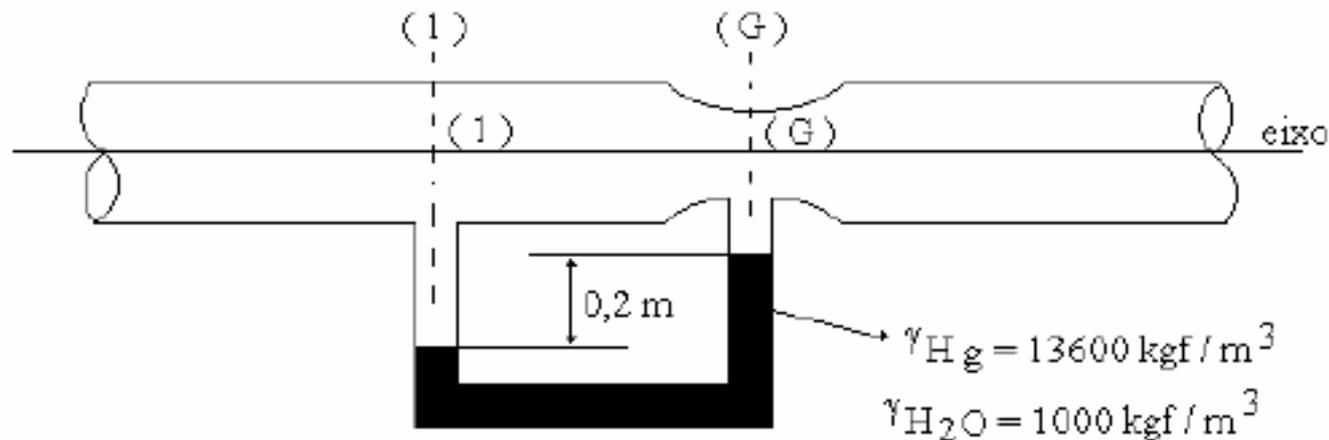


# Exercícios:

1

Em uma instalação hidráulica instalou-se um medidor de vazão do tipo Venturi para estimar a vazão de escoamento da água na instalação. Sabendo-se que  $\varnothing$  máx. do Venturi é igual a 20 mm,  $\varnothing$  garg do Venturi é igual 10 mm. Desnível do mercúrio no manômetro diferencial 20 cm e que o coeficiente de vazão do venturi e 0,95 pede-se:

- a) a diferença de pressão entre a área máx. e a garganta
- b) a vazão teórica no venturi
- c) a vazão real do escoamento.

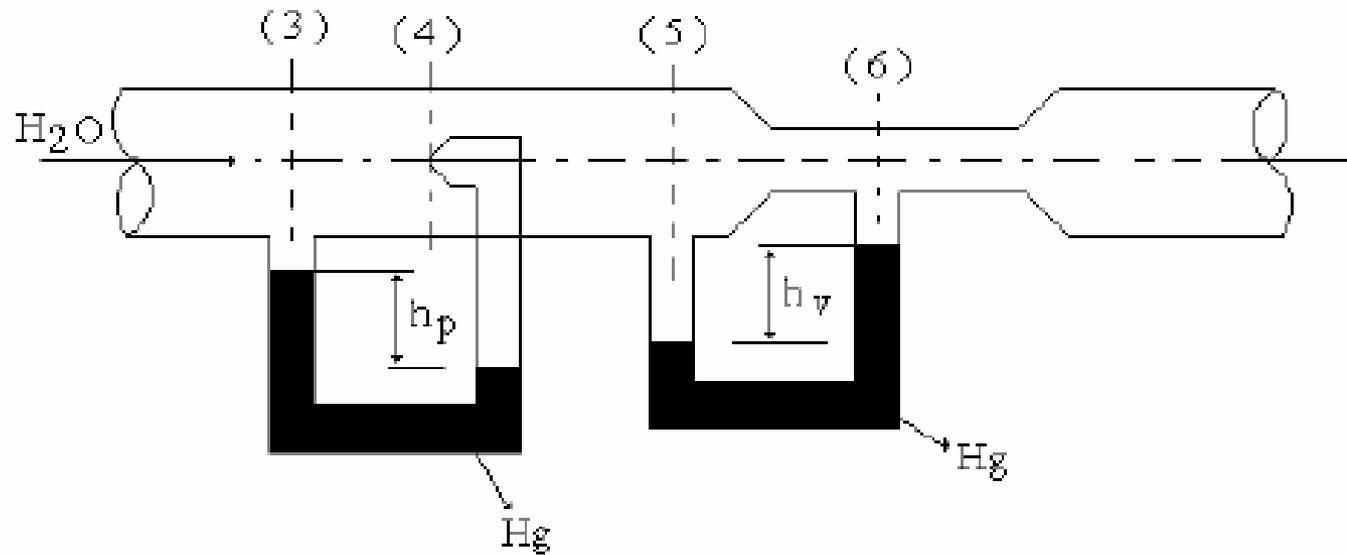


2

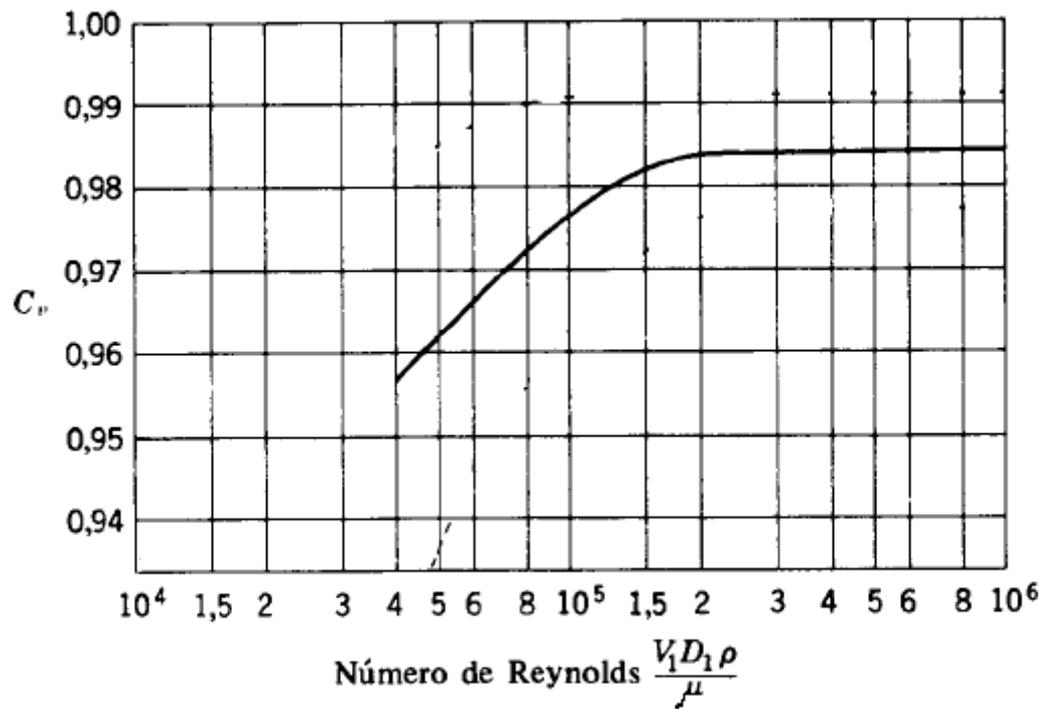
No trecho da instalação representado a seguir a água escoava em regime turbulento e o coeficiente de vazão do Venturi é igual a 0,97. Nesta situação, pede-se:

- a vazão real do escoamento;
- os desníveis  $h_p$  e  $h_v$

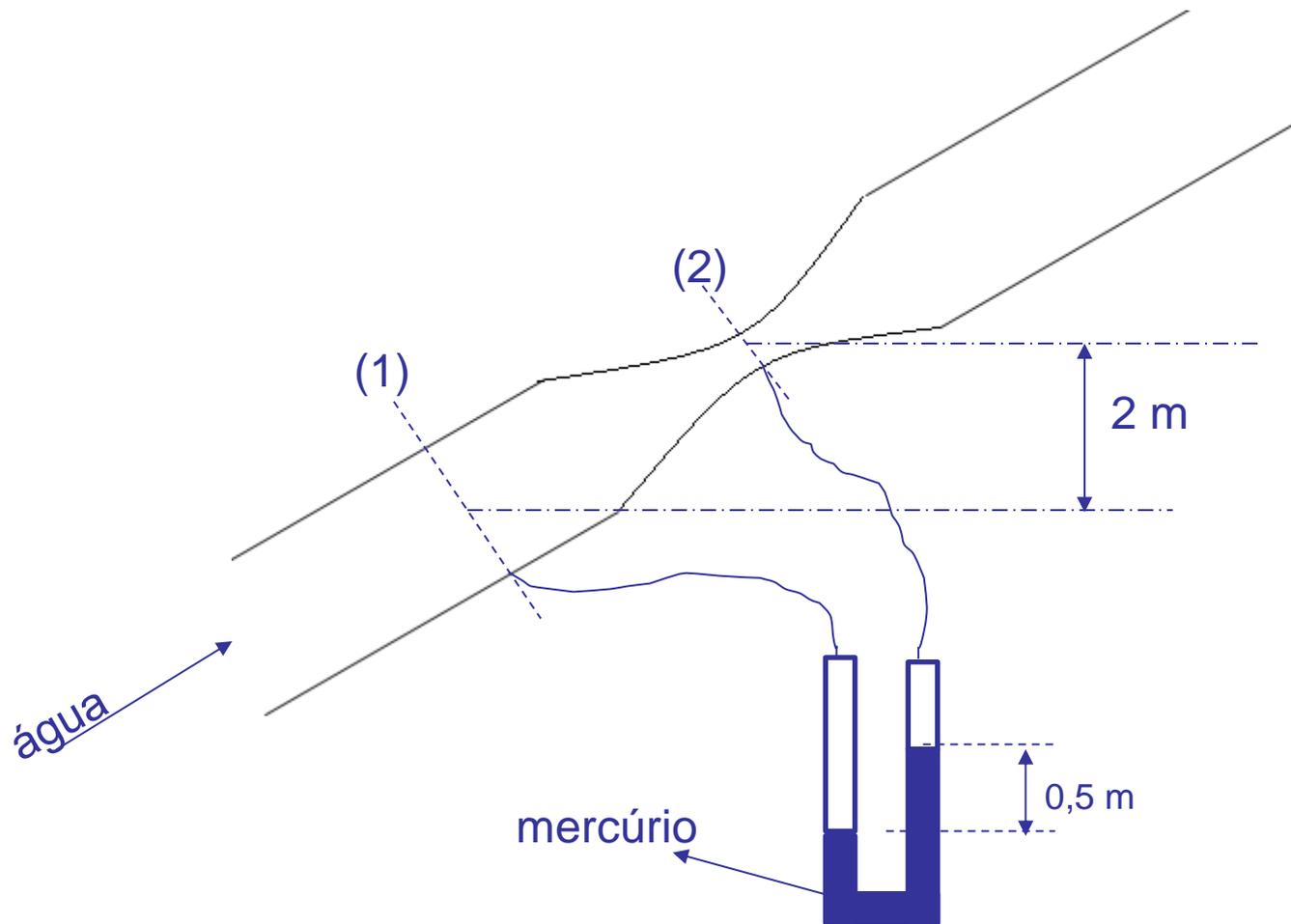
Dados:  $D_6 = 20,8 \text{ mm}$ ;  $D_3 = D_4 = D_5 = 25 \text{ mm}$ ;  $\gamma_{\text{H}_2\text{O}} = 10^3 \text{ kgf/m}^3$ ;  $v_{\text{H}_2\text{O}} = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$   
e  $\gamma_{\text{Hg}} = 13600 \text{ kgf/m}^3$



# Dado para o exercício 2:

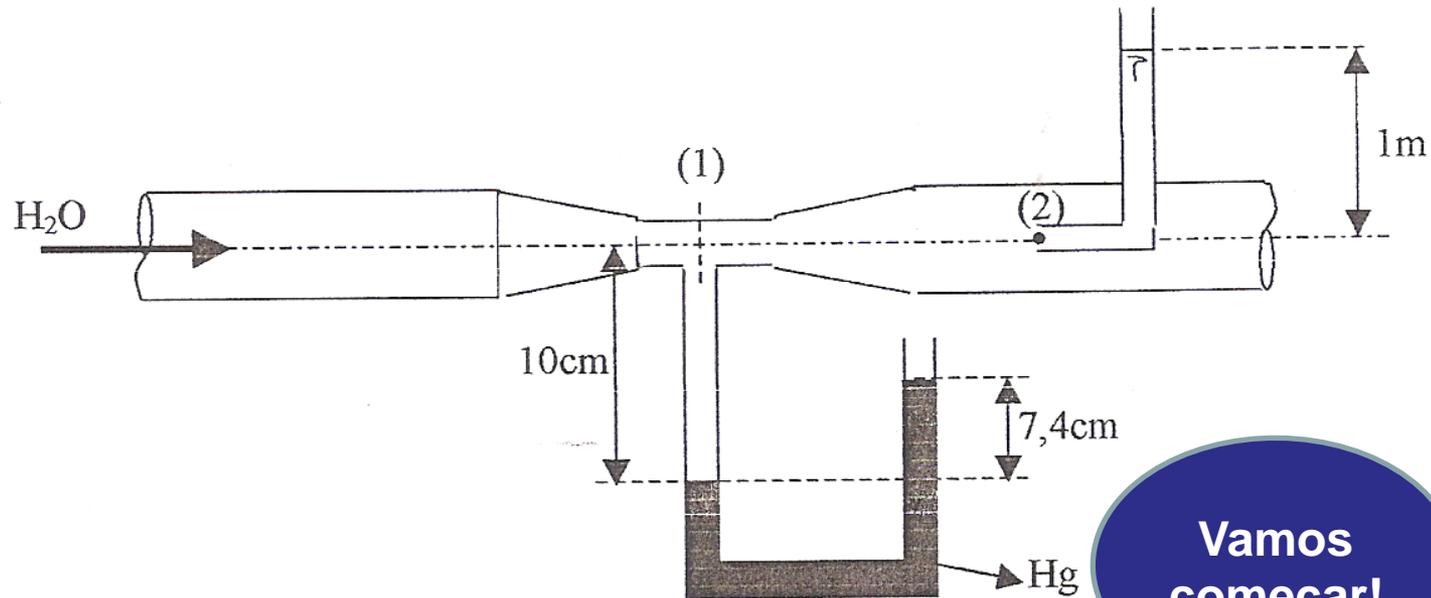


- 3 Sabendo que o Venturi a seguir tem um coeficiente de vazão igual a 0,98, pede-se determinar a vazão real do escoamento, são dados:  $A_1 = 10 \text{ cm}^2$ ;  $A_2 = 5 \text{ cm}^2$ ;  
 $\gamma_{\text{água}} = 1000 \text{ kgf/m}^3$  e  $\gamma_{\text{Hg}} = 13600 \text{ kgf/m}^3$



4

No esquema da figura o escoamento é em regime permanente, unidimensional de um fluido ideal. Determinar a velocidade na garganta do venturi. Dados:  $\gamma_{H_2O} = 1000 \text{ kgf/m}^3$ ;  $\gamma_{Hg} = 13600 \text{ kgf/m}^3$ .



Vamos  
começar!

