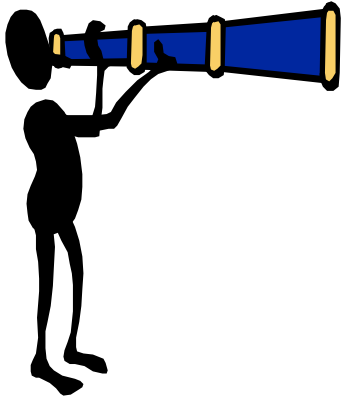


Experiência do tubo de Pitot

Setembro de 2011

para que serve?



Uma visão sobre tubo de Pitot

20/4/2005 - v3



é construído?

como



funciona?

qual equacionamento?



O instrumento foi apresentado em 1732
por Henry de Pitot:

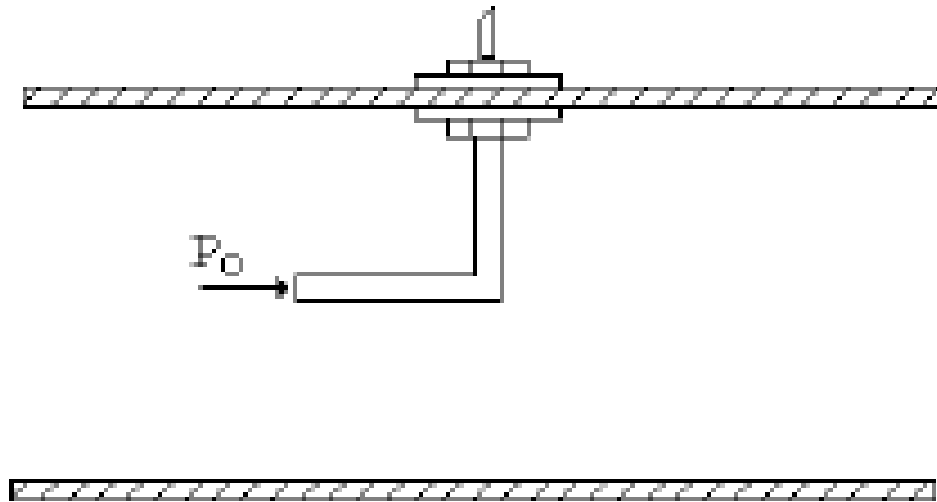


“A idéia deste instrumento era tão simples e natural que no momento que eu o concebi, corri imediatamente a um rio para fazer o primeiro experimento com um tubo de vidro”.
(Benedict, 1984).

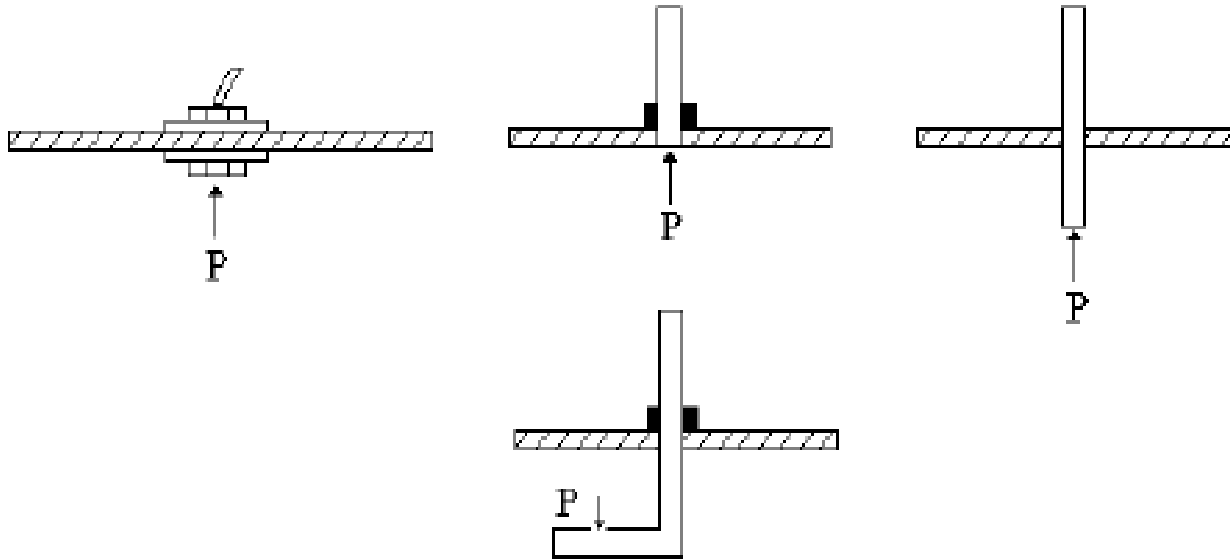
Tubo de Pitot

É um tubo aberto dirigido contra a corrente do fluido que indica a pressão total.

Pressão total = pressão
estática + pressão dinâmica



Pressão estática = aquela que é obtida perpendicularmente ao escoamento.



Pressão dinâmica é determinada com a transformação da energia cinética em energia de pressão.



Tubo de Pitot

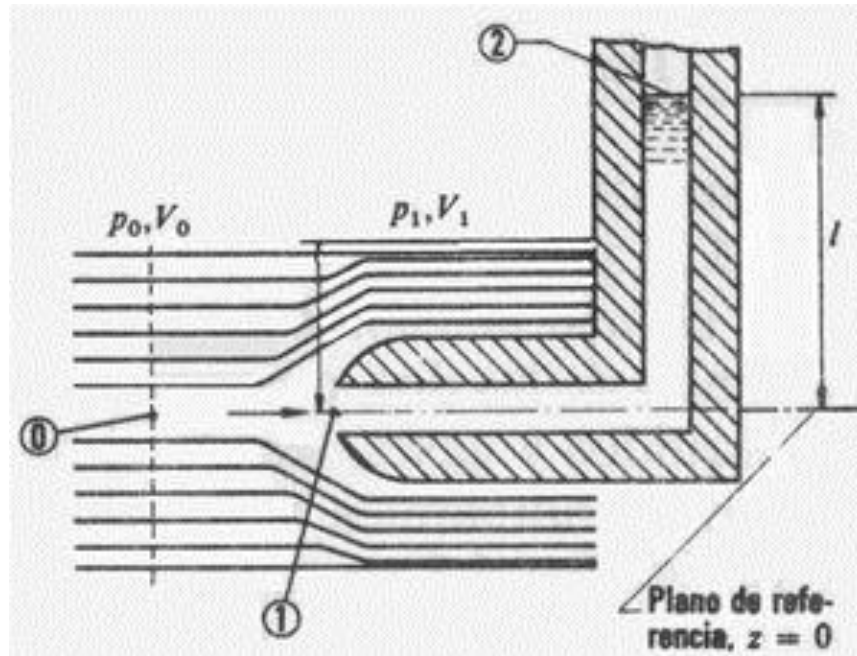


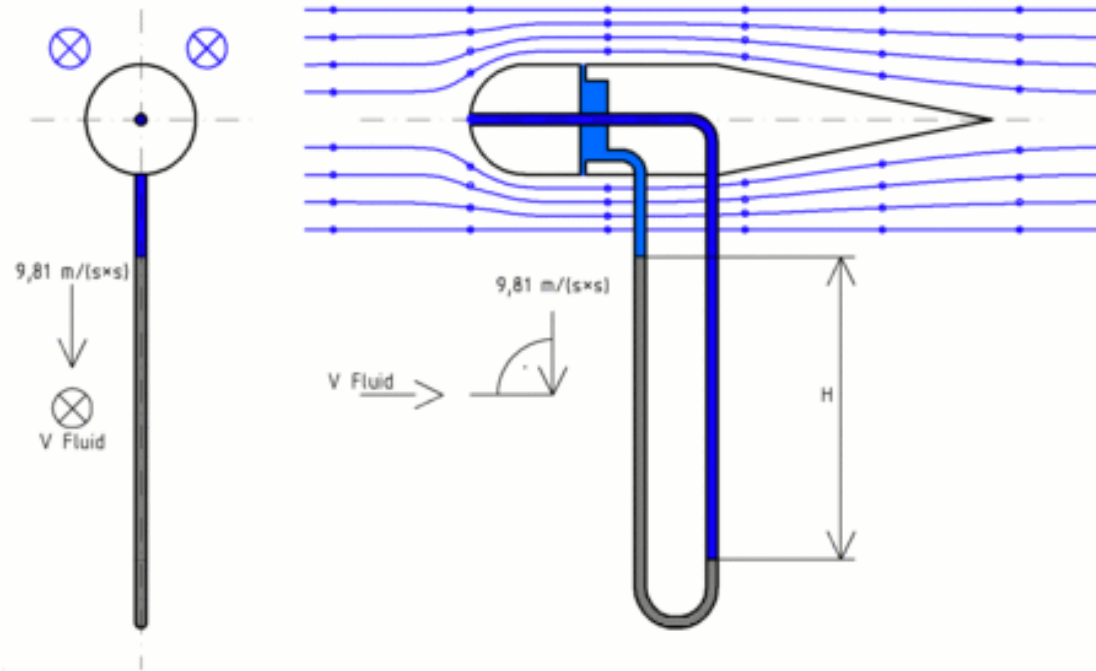
Imagem extraída do sítio:

http://es.wikipedia.org/wiki/Tubo_de_Pitot

Tubo de Prandtl

Consta de um tubo de Pitot unido a outro que o envolve, e possui uma aberturas que permitem medir a pressão estática. Vêm acoplados na extremidade de um manômetro que indica a diferença entre ambos; ou seja a pressão dinâmica.

tubo de Prandtl

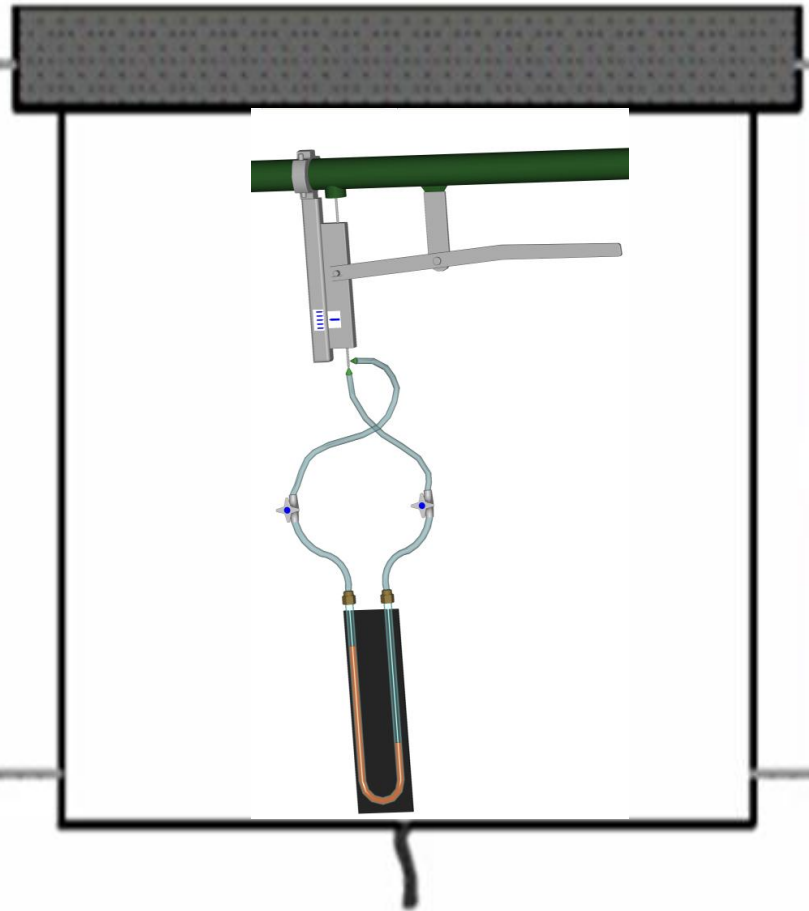




Instalação do tubo de Pitot na bancada do laboratório, onde o manômetro diferencial em forma de U permite a determinação da pressão dinâmica, isto porque em um de seus ramos atua a pressão total e no outro a pressão estática



Hoje o fluido manométrico é o bromofórmio com uma densidade de $2,96 \text{ g/cm}^3$







27 4 2005

leituras pressão total e estática

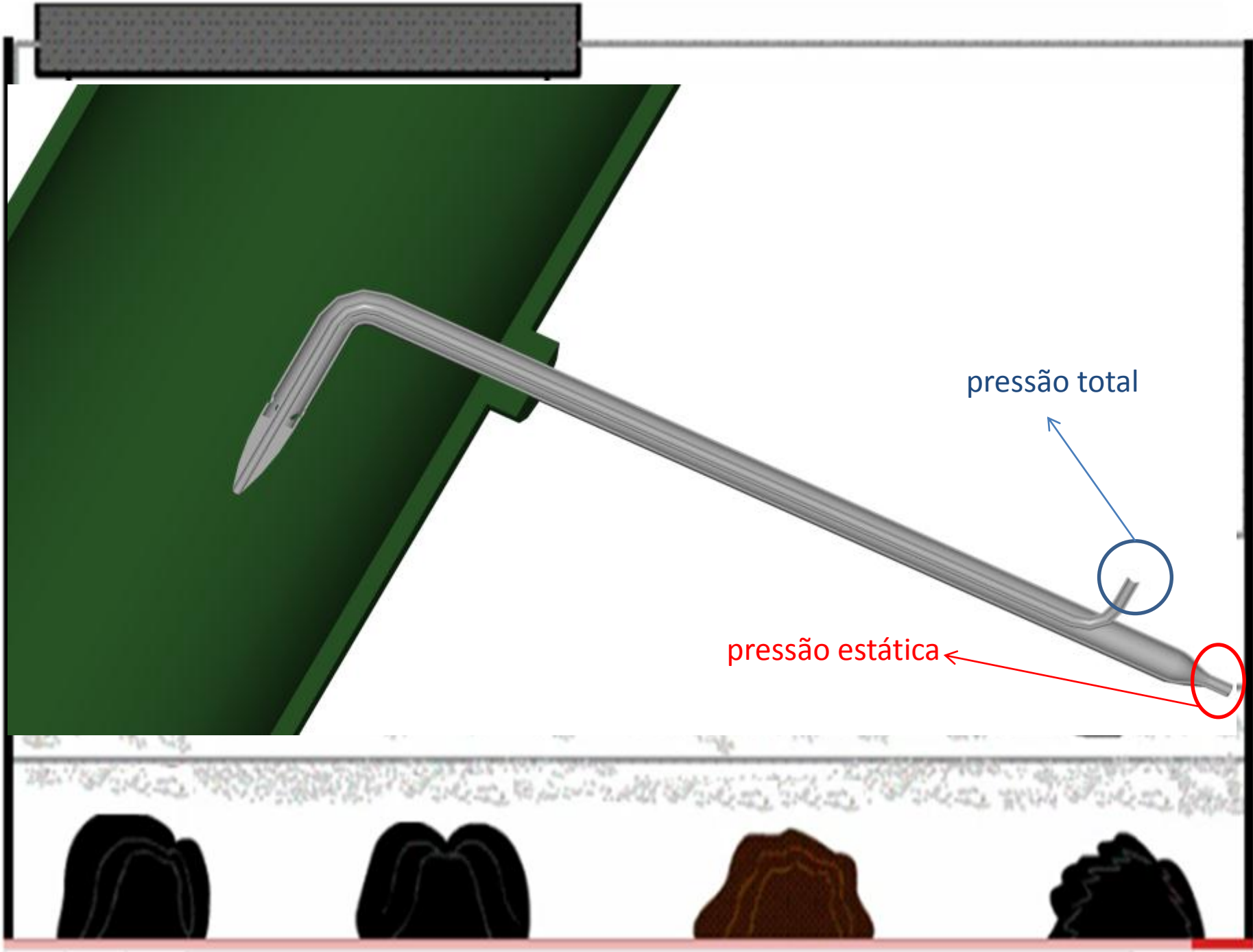
pressão estática

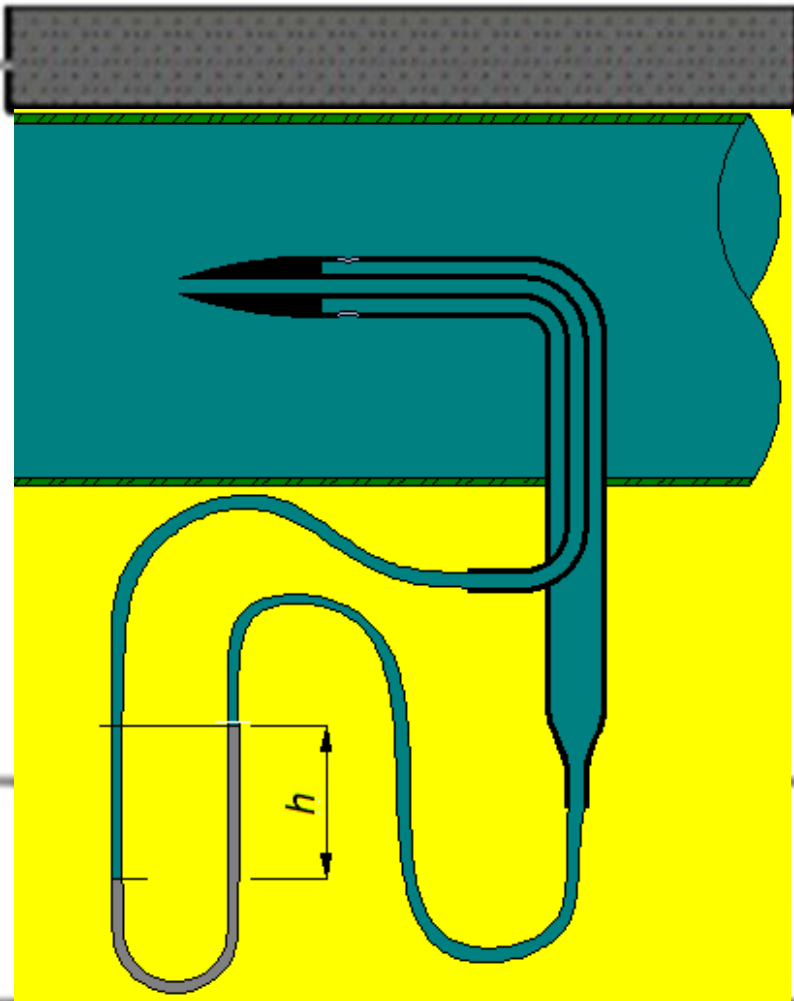
Como êle é internamente.



ponto de estagnação



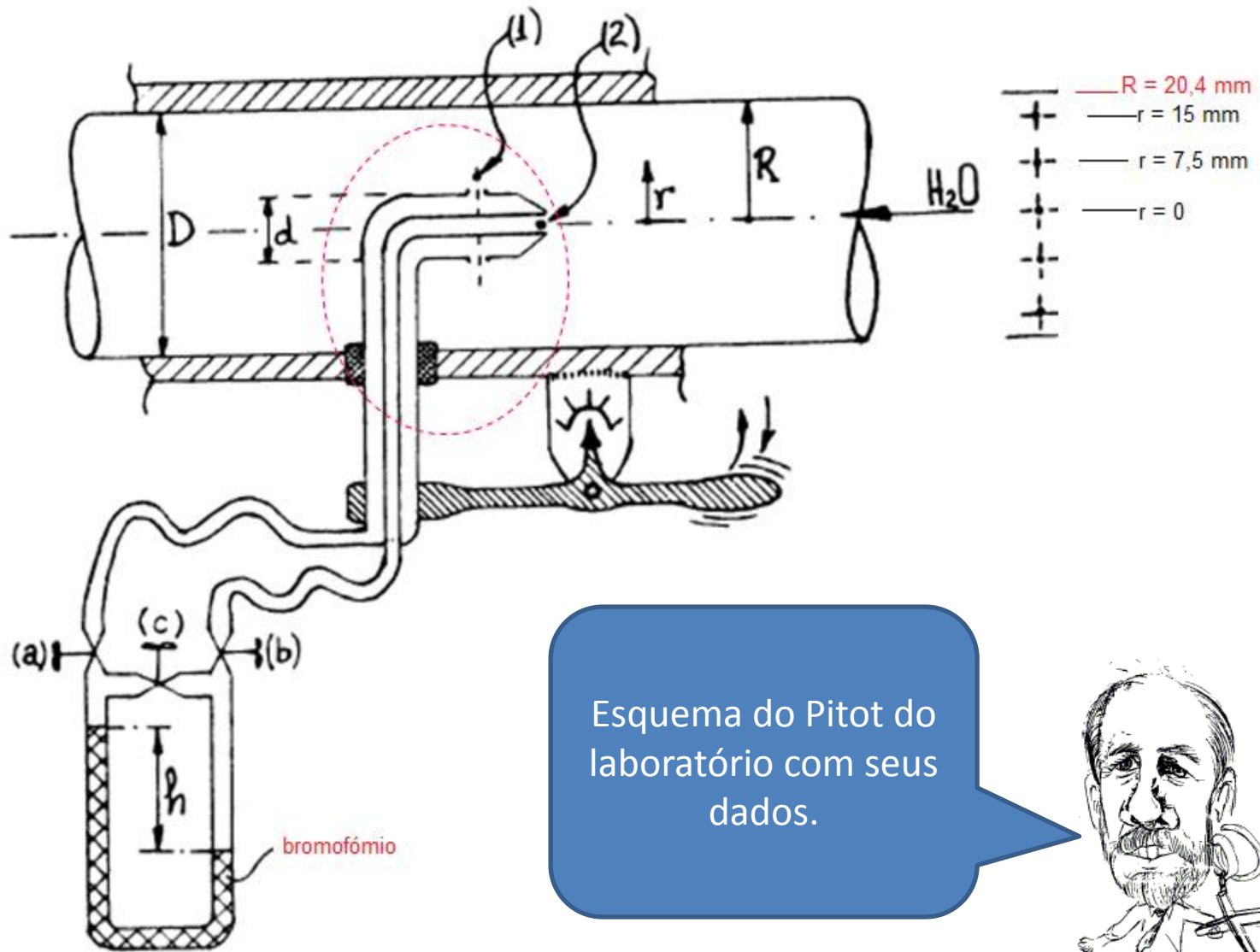




Observem a pressão total e estática no desenho ao lado, o desnível representa a pressão dinâmica.

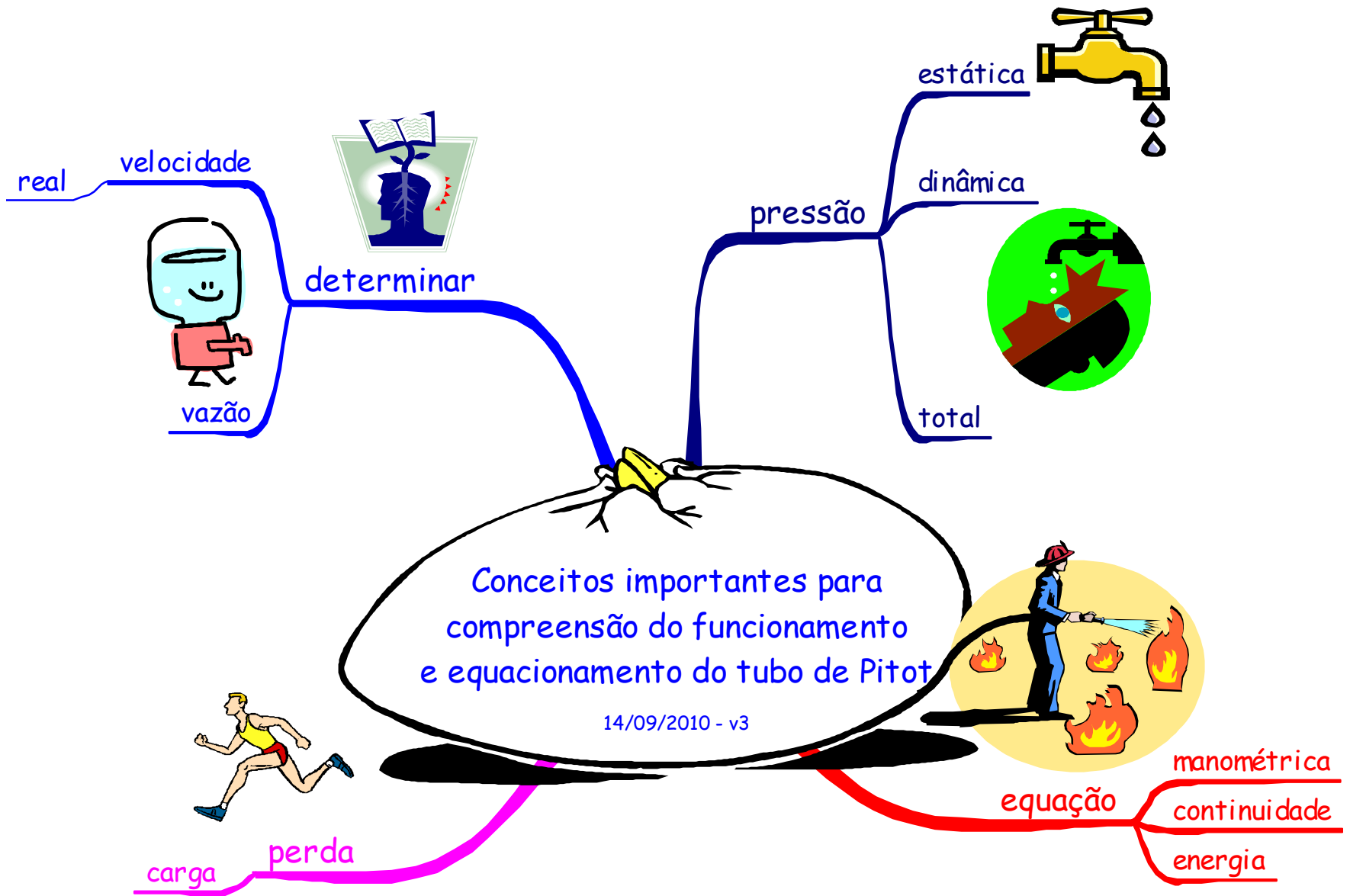
Verdade, já que indica a diferença entre a pressão total e a pressão estática!





Esquema do Pitot do laboratório com seus dados.





Para qualquer Pitot:

como a distância entre as seções (2) e (1) é desprezível, podemos aplicar a equação da energia que se transforma na equação de Bernoulli já que para a situação a perda de carga é desprezível.

Através da equação de Bernoulli é possível a determinação da velocidade real referente ao ponto (1) como mostramos a seguir:

Equação de Bernoulli: $H_2 = H_1$

Portanto:

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

Como $Z_2 = Z_1$ e $v_2 = 0$ e ainda $p_2 - p_1 = p_d$

tem-se:

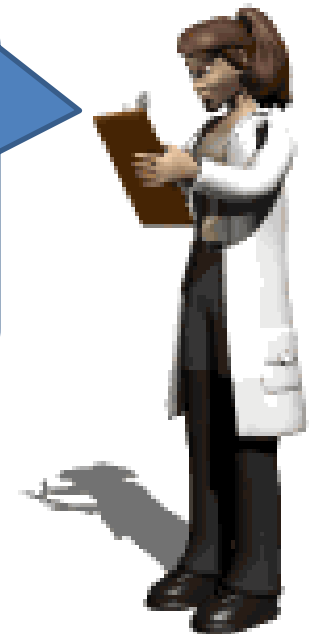
$$v_1 = \sqrt{2g \times \frac{p_d}{\gamma}}$$

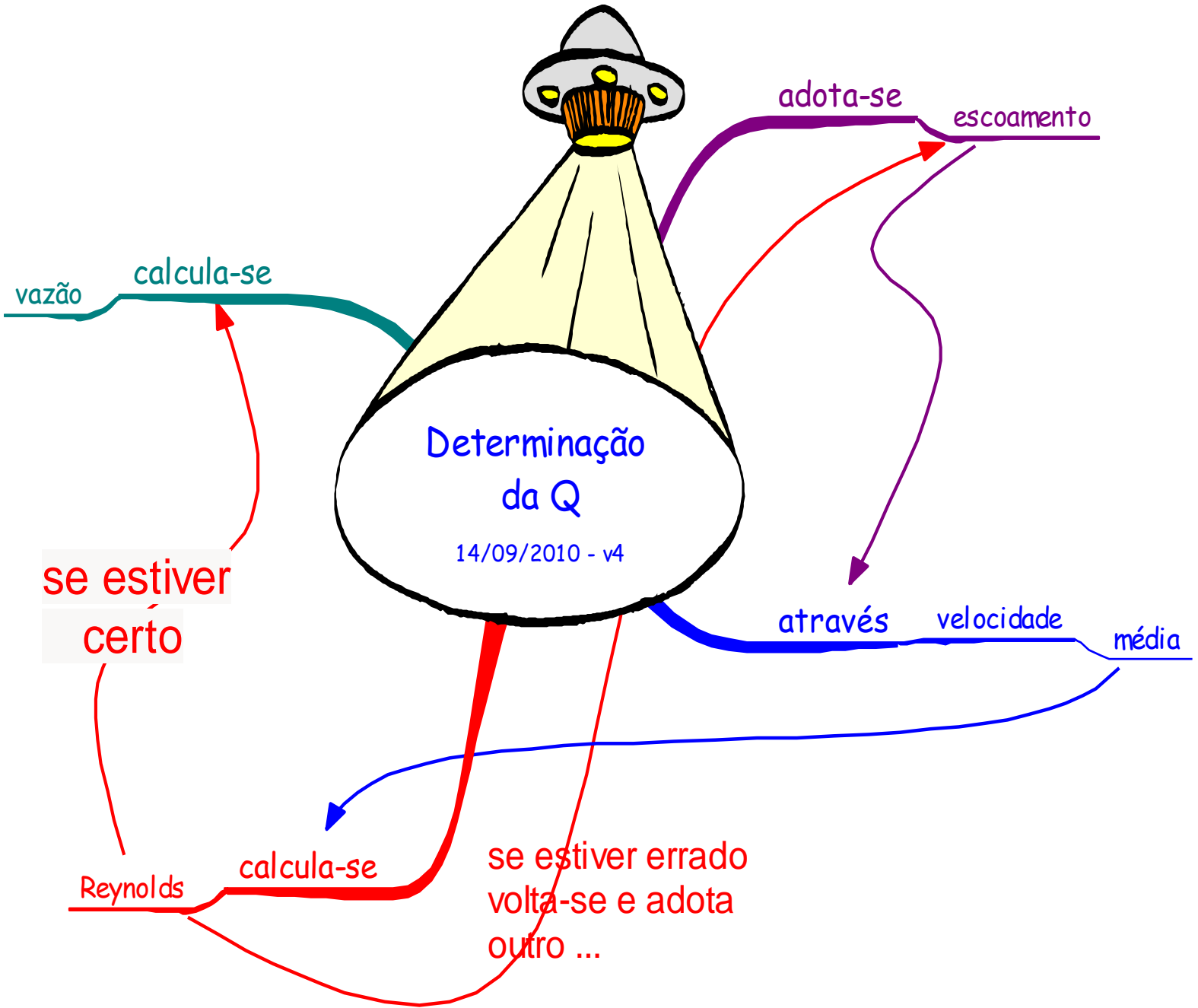
Pela equação manométrica se tem:

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

$$V_{\text{real}} = \sqrt{2g \times \frac{(\gamma_m - \gamma)}{\gamma}} \times \sqrt{h}$$

Tendo a velocidade real e estando o tubo de Pitot no eixo da tubulação pode-se determinar a vazão do escoamento





Se o Pitot não estiver no eixo da tubulação

Adota-se o escoamento, por exemplo o turbulento, onde se sabe que:

$$V_{\text{real}} = V_{\text{máx}} \times \left(1 - \frac{r}{R}\right)^{1/7}$$

Tendo-se a velocidade real calcula-se a velocidade máxima e média:

$$V_{\text{média}} = \frac{49}{60} \times V_{\text{máx}}$$

Com a velocidade média verifica-se o Reynolds.

Se não for turbulento:

Repete-se o procedimento anterior adotando-se o escoamento laminar, onde se tem:

$$V_{\text{real}} = V_{\text{máx}} \times \left[1 - \left(\frac{r}{R} \right)^2 \right]$$

$$V_{\text{média}} = \frac{V_{\text{máx}}}{2}$$

Para esta experiência, **além dos exercícios** e da determinação da vazão pelo Pitot, que deve ser comparada com a obtida no tanque, pede-se as representações gráfica das velocidades reais em função do "r", tanto a experimentalmente como a obtida pela expressão:

$$V_{\text{real}} = V_{\text{máx}} \times \left(1 - \frac{r}{R}\right)^{1/7} \quad \text{ou} \quad V_{\text{real}} = V_{\text{máx}} \times \left[1 - \left(\frac{r}{R}\right)^2\right]$$

Obtenção
da Q pelo
tanque



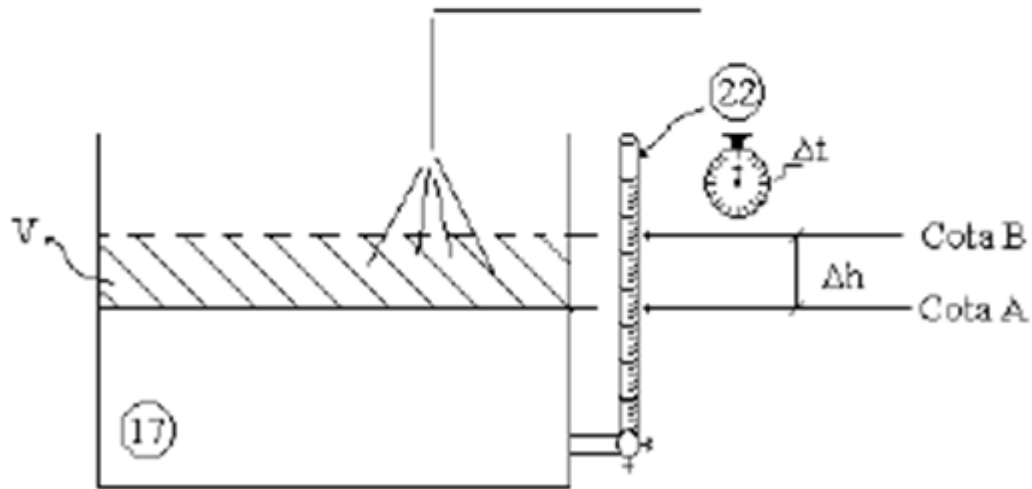
25 8 2004



2 6 2004

Determinação da vazão de forma direta

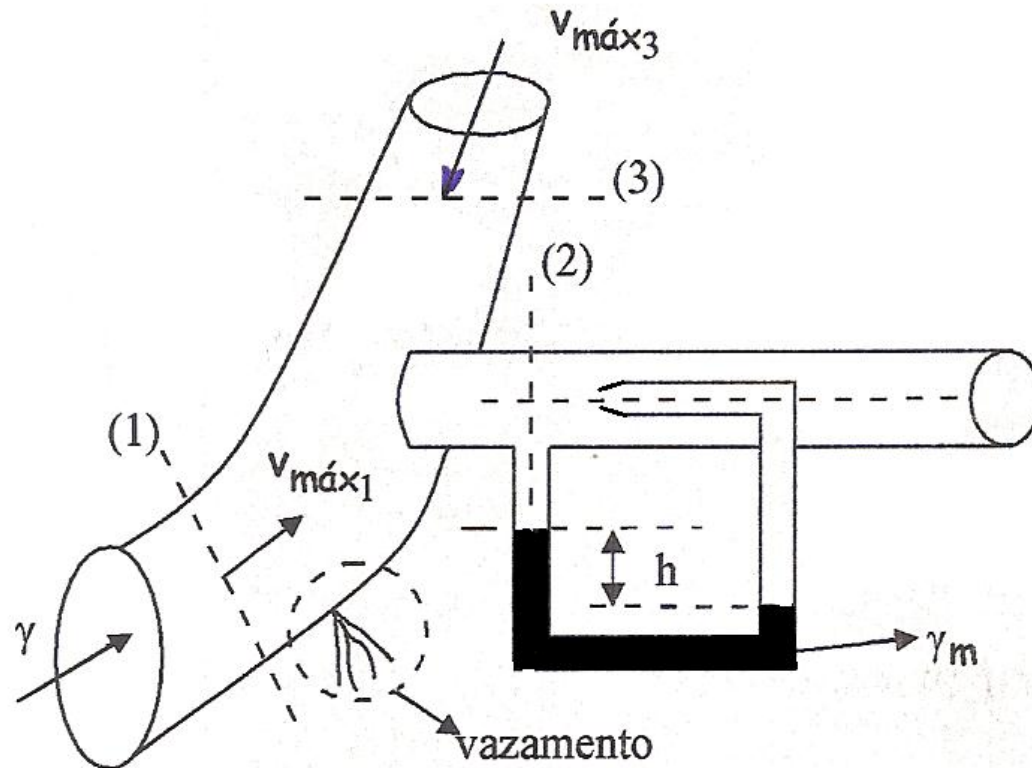
$$Q = \frac{\text{Volume}}{\text{tempo}} = \frac{V}{t}$$



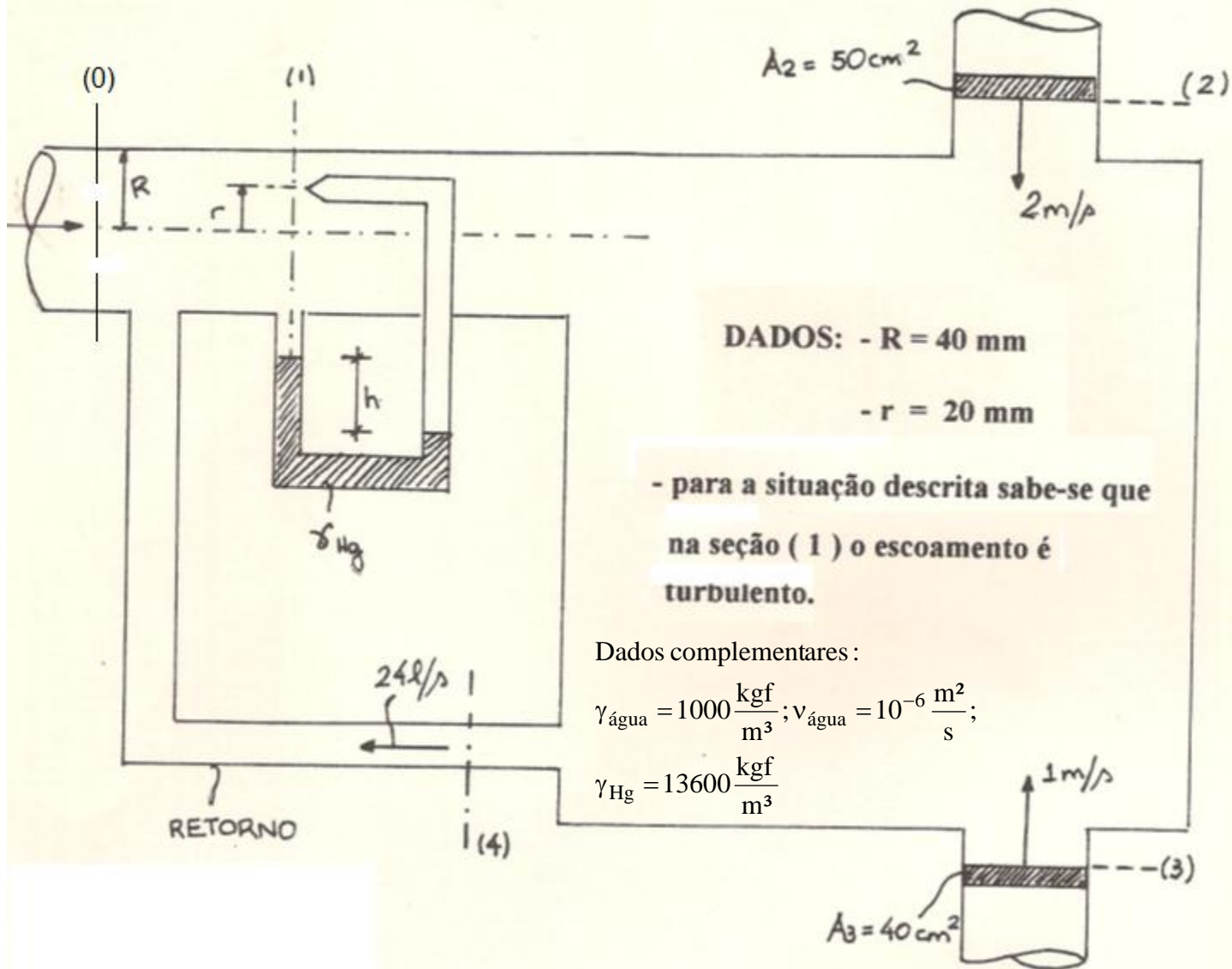
Exercícios

1. O engenheiro de manutenção constatou um vazamento em um trecho de uma dada instalação, como é esquematizado a seguir. Sabendo que o escoamento na seção (1) é laminar e que tem em (2) e (3) turbulento, pede-se determinar a vazão do vazamento.

Dados: nas seções (1), (2) e (3) se considera conduto forçado de seção circular, onde se tem $D_1 = 38,1$ mm; $D_2 = 15,6$ mm; $D_3 = 26,6$ mm; $v_{máx1} = 1$ m/s; $v_{máx3} = 2$ m/s; $h = 3,7$ cm; $\nu = 10^{-5}$ m²/s; $\gamma = 8500$ N/m³; $\gamma_m = 136000$ N/m³; $g = 9,8$ m/s²



2 Considerando o esquema abaixo pede-se determinar o desnível do fluido manométrico utilizado no manômetro diferencial acoplado ao tubo de Pitot e verificar se o sentido indicado para a seção (0) está correto.



DADOS: - $R = 40 \text{ mm}$

- $r = 20 \text{ mm}$

- para a situação descrita sabe-se que na seção (1) o escoamento é turbulento.

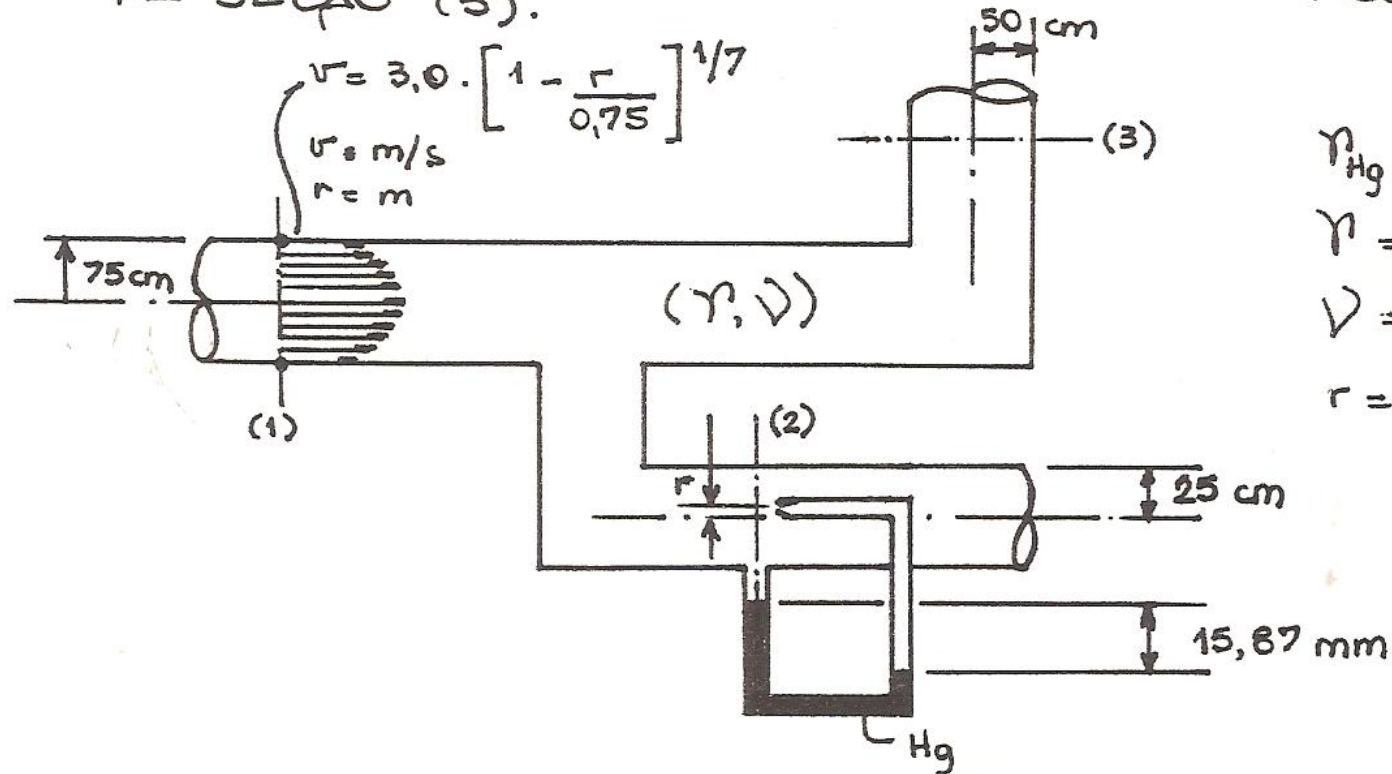
Dados complementares:

$$\gamma_{\text{água}} = 1000 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3}; v_{\text{água}} = 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

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

3ª QUESTÃO : O ESQUEMA A SEGUIR REPRESENTA UM TRECHO DE UMA INSTALAÇÃO HIDRÁULICA ONDE (VALOR 2,5) TODAS AS TUBULAÇÕES SÃO FORÇADAS E DE SEÇÃO TRANSVERSAL CIRCULAR. PEDE-SE :

- AS VAZÕES EM VOLUME NAS SEÇÕES (1), (2) E (3);
- A CLASSIFICAÇÃO DO ESCOAMENTO INCOMPRESSÍVEL NA SEÇÃO (3).

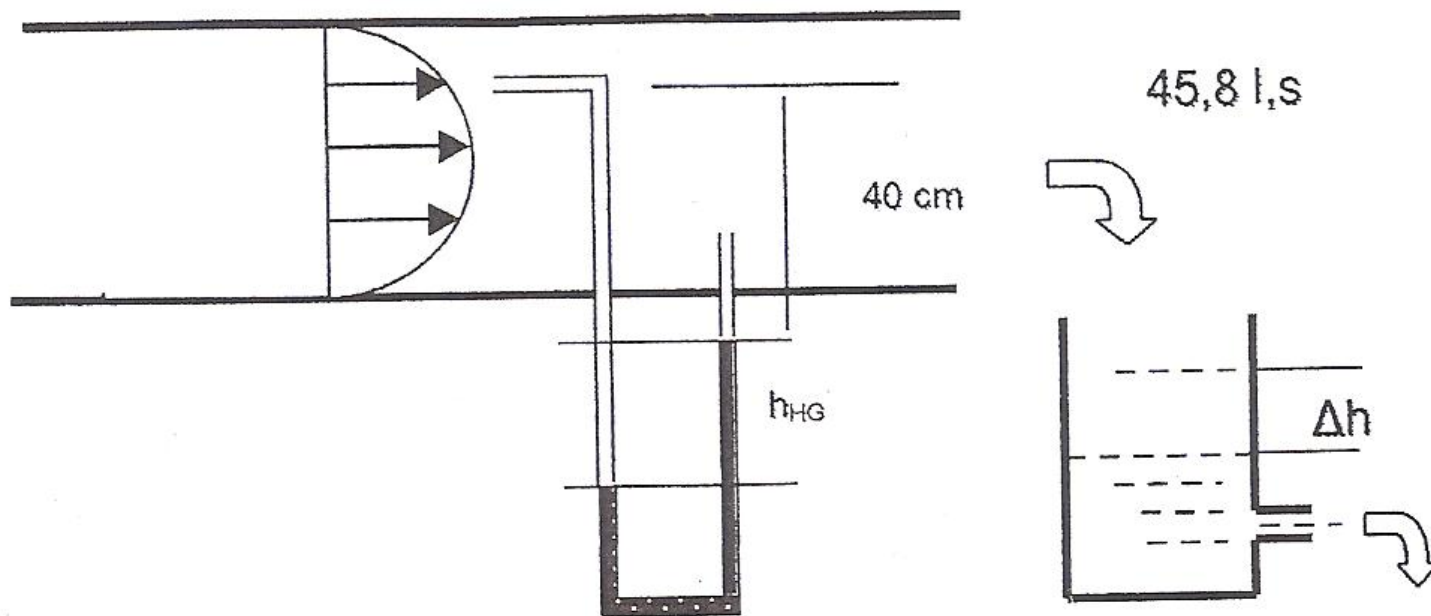


$$\gamma_{Hg} = 13.600 \text{ Kgf/m}^3$$

$$\gamma = 1.000 \text{ Kgf/m}^3$$

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

$$r = \frac{25}{3} \text{ cm}$$



Quarta questão:

1 - Conhecendo a vazão de água que sai do tubo da figura ($45,8 \text{ l/s}$), calcular o tempo necessário para que o nível água dentro do tanque suba $2,8 \text{ m}$. O tanque tem uma base de $2,6 \text{ m}^2$ e contém um tubo de 5 cm de diâmetro, por onde sai a água com a velocidade constante de 6 m/s .

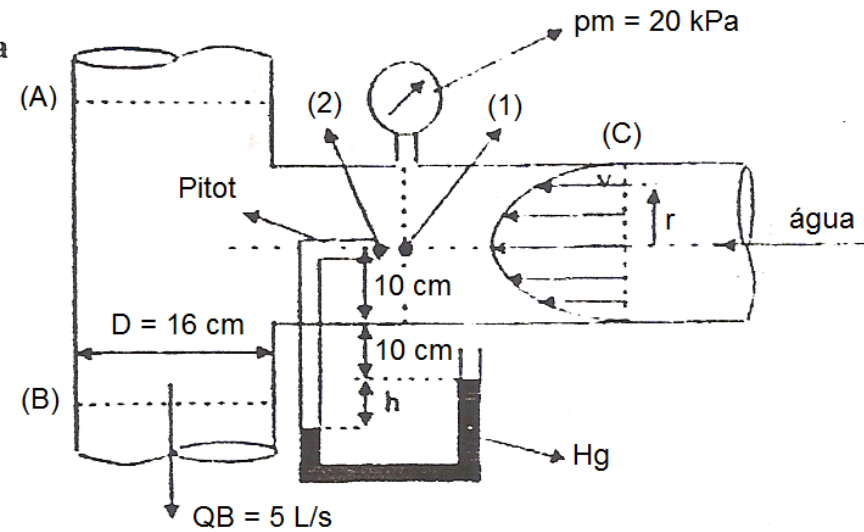
2 - Sabendo que o tubo de Pitot da figura está colocado em um ponto distante 4 cm do eixo do tubo, calcular a velocidade da água neste ponto. Sabe-se que o regime é turbulento e que a vazão é de $45,8 \text{ l/s}$ e que o diâmetro deste tubo é 10 cm .

3 - Conhecendo a pressão da água antes do tubo de Pitot $P = 20 \text{ kPa}$, calcular a altura do mercúrio dentro do manômetro.

$$\gamma_{\text{Hg}} = 136.000 \text{ N/m}^3 \quad \gamma_{\text{a}} = 10.000 \text{ N/m}^3$$

(P3-1ºSem.2007 Diurno) No trecho de instalação da figura o fluido que escoá é água ($\gamma=10000\text{N/m}^3$ e $\nu=10^{-6}\text{m}^2/\text{s}$) e o fluido manométrico é mercúrio ($\gamma=136000\text{N/m}^3$). O diagrama de velocidades na secção (C) é dado por $v=2-100r^2$ (SI). Determinar:

- O desnível h do manômetro; (0,19m)
- A vazão e o sentido do escoamento na seção A. (42,1L/s) para fora
- O tipo de escoamento na seção B (turbulento)



Cada exercício vale 1,6; a determinação da vazão na bancada pelo Pitot vale 1,0 e o diagrama solicitado 1.