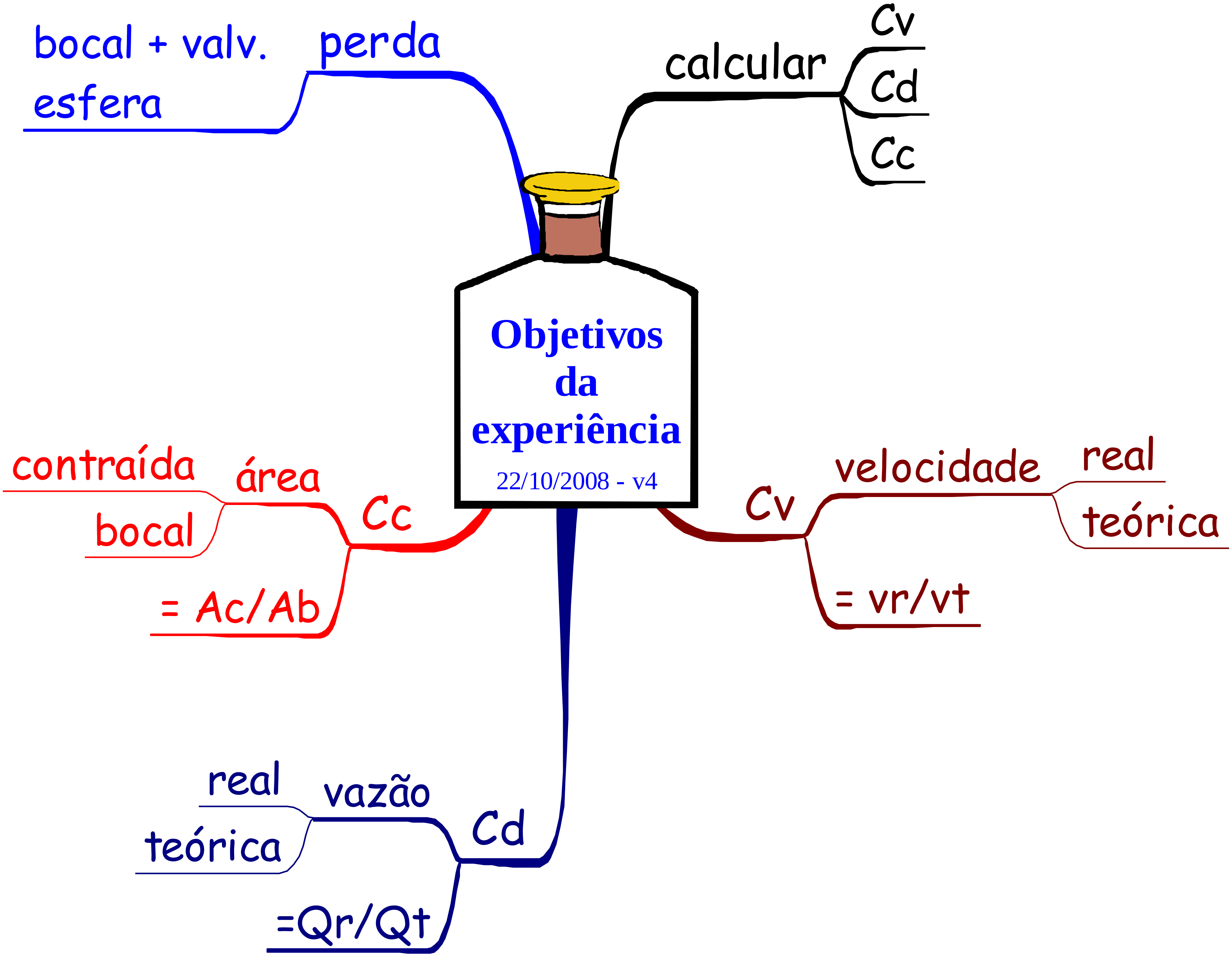
Experiência

Bocal convergente

O inesquecível Professor Azevedo Neto (Em seu livro – Manual de Hidráulica – editado pela Editora Edgard Blücher Ltda – na 7ª edição página 66) define de uma forma clara os bocais:

"Os bocais ou tubos adicionais são constituídos por peças tubulares adaptadas aos orifícios. Servem para dirigir o jato. O seu comprimento deve estar compreendido entre vez e meia (1,5) e três (3,0) vezes o seu diâmetro. De um modo geral, consideram-se comprimentos de 1,5 a 3,0D como bocais, de 3,0 a 500D como tubos muito curtos; de 500 a 4000D (aproximadamente) como tubulações curtas; e acima de 4000D como tubulações longas." Os bocais geralmente são classificados em : cilindros (interiores ou reentrantes) e exteriores - cônicos (convergentes e divergentes).



Objetivos da experiência
22/10/2008 - v4
perda
bocal + valv.
esfera
calcular
Cv
Cd
Cc
Cc
área
contraída
bocal
= Ac/Ab
Cv
velocidade
real
teórica
= vr/vt
Cd
vazão
real
teórica
=Qr/Qt

Não esquecer das condições:

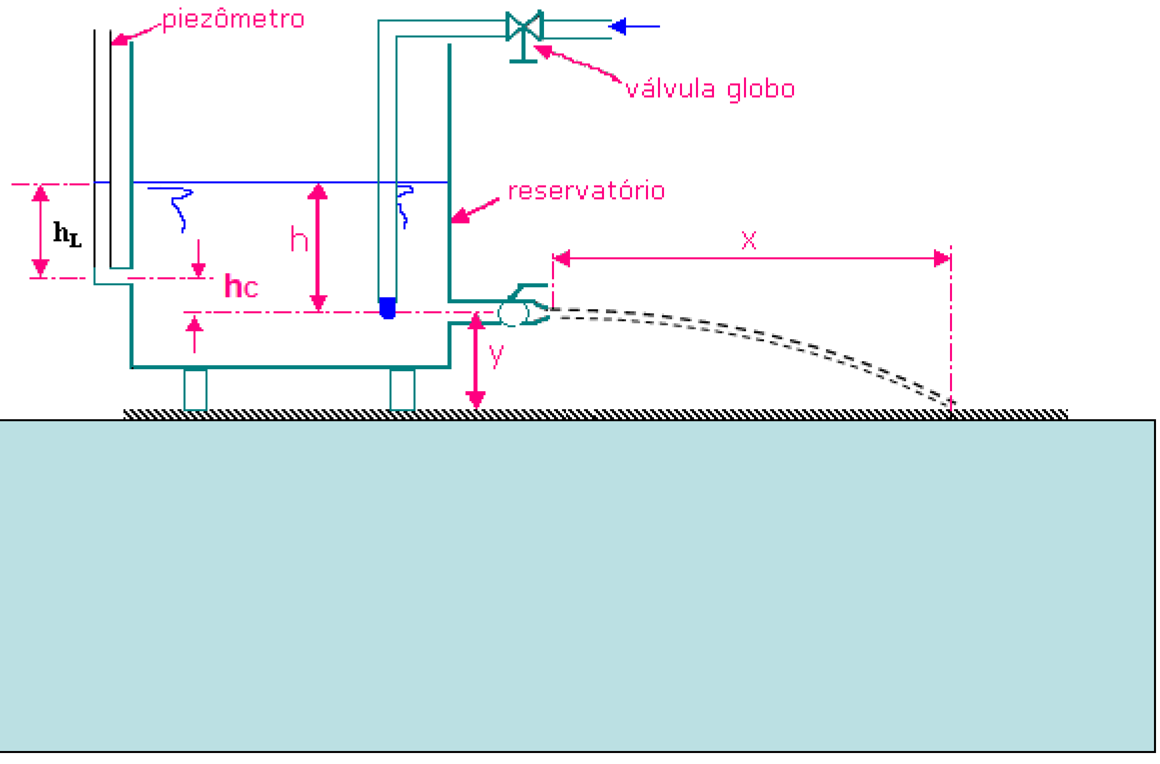
escoamento incompressível e em regime permanente ...

Portanto a massa específica e o peso específico permanecem praticamente constantes ao longo do escoamento e as propriedades em uma dada seção do escoamento não mudam com o tempo, para isto o nível do reservatório tem que permanecer constante.

O reservatório mencionado é representado abaixo e pertence ao laboratório do Centro Universitário da FEI

O Manoel da mecflu está mostrando o escoamento no bocal convergente

Esquematicamente teríamos:



Determinação da velocidade média teórica no bocal, ou simplesmente velocidade teórica

Aplica-se a equação da energia entre (0) e (1)

$$H_{inicial} + H_{máquina} = H_{final} + H_{p_{i-f}}$$

$$H_0 = H_1 + H_{p_{0-1}}$$

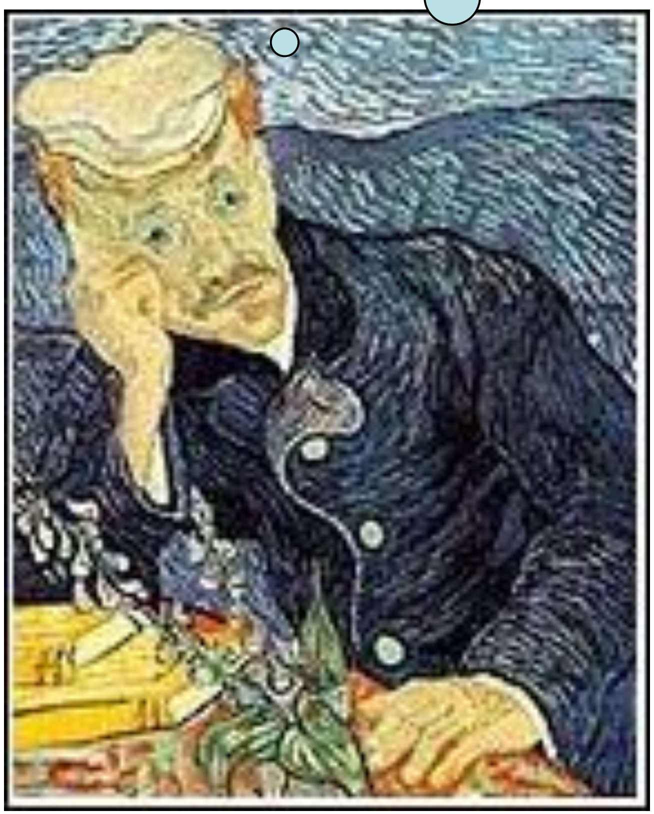
$$Z_0 + \frac{p_0}{\gamma} + \frac{v_0^2}{2g} = Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + H_{p_{0-1}}$$

Adotando – se o PHR no eixo do orifício

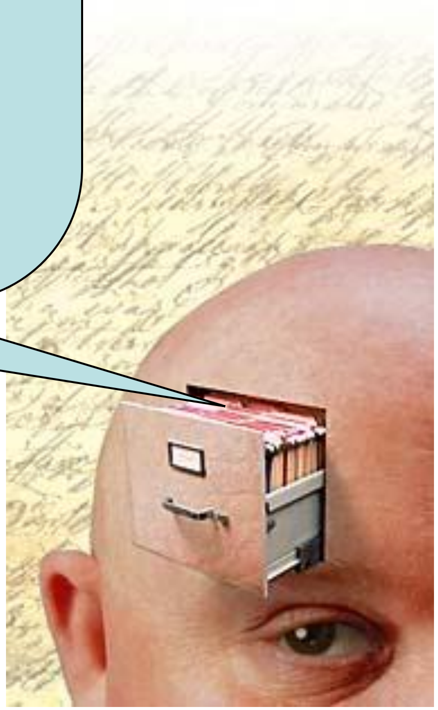
$$h + 0 + 0 = 0 + 0 + \frac{v_1^2}{19{,}6} + H_{p_{0-1}}$$

$$h = \frac{v_1^2}{19{,}6} + H_{p_{0-1}}$$

Uma equação com duas incógnitas e agora?



Para sair desta, vamos considerar o fluido como ideal (viscosidade igual a zero), isto transforma a equação da energia na equação de Bernoulli onde se tem $H_{p\ 0\text{-}1} = 0$, o que nos permite determinar a velocidade média teórica do escoamento, isto porque não se considerou as perdas.



Portanto:

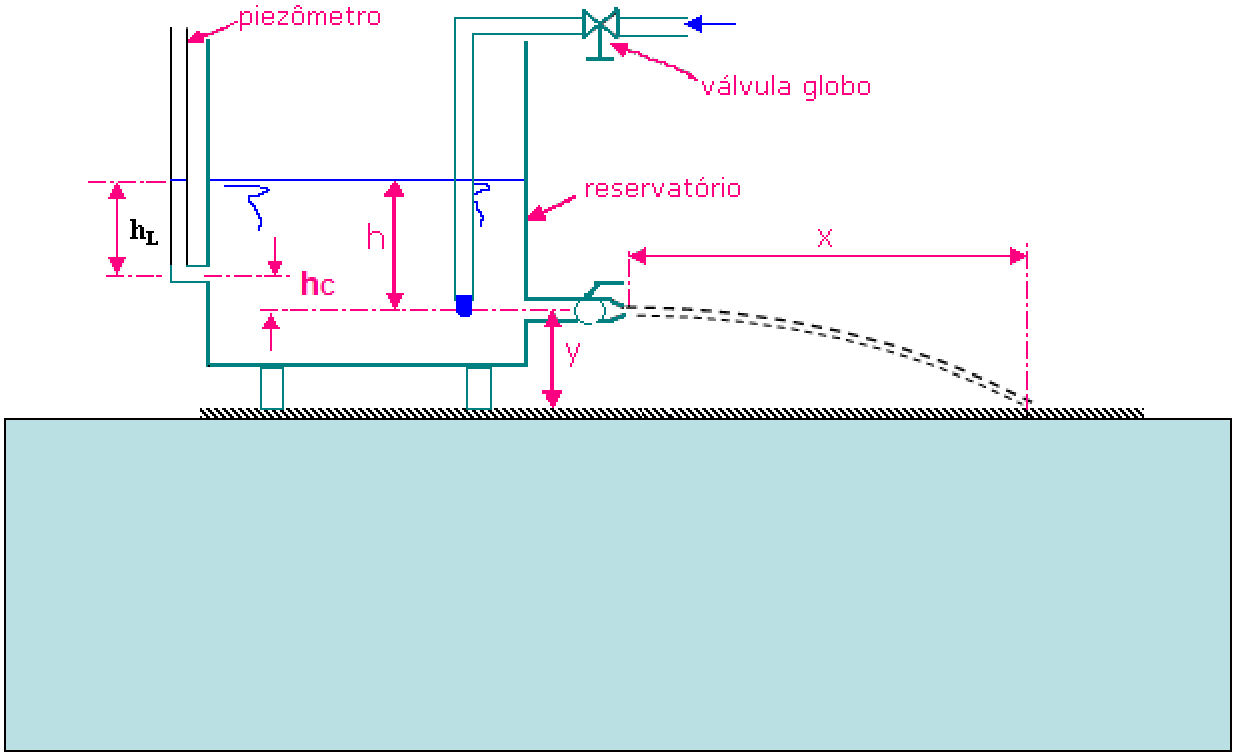
$$h = \frac{v_1^2}{19{,}6} + H_{p0-1}$$

$$h = \frac{v_1^2}{19{,}6}$$

$$\therefore\ v_1 = v_{\text{teórica}} = \sqrt{h \times 19{,}6}$$

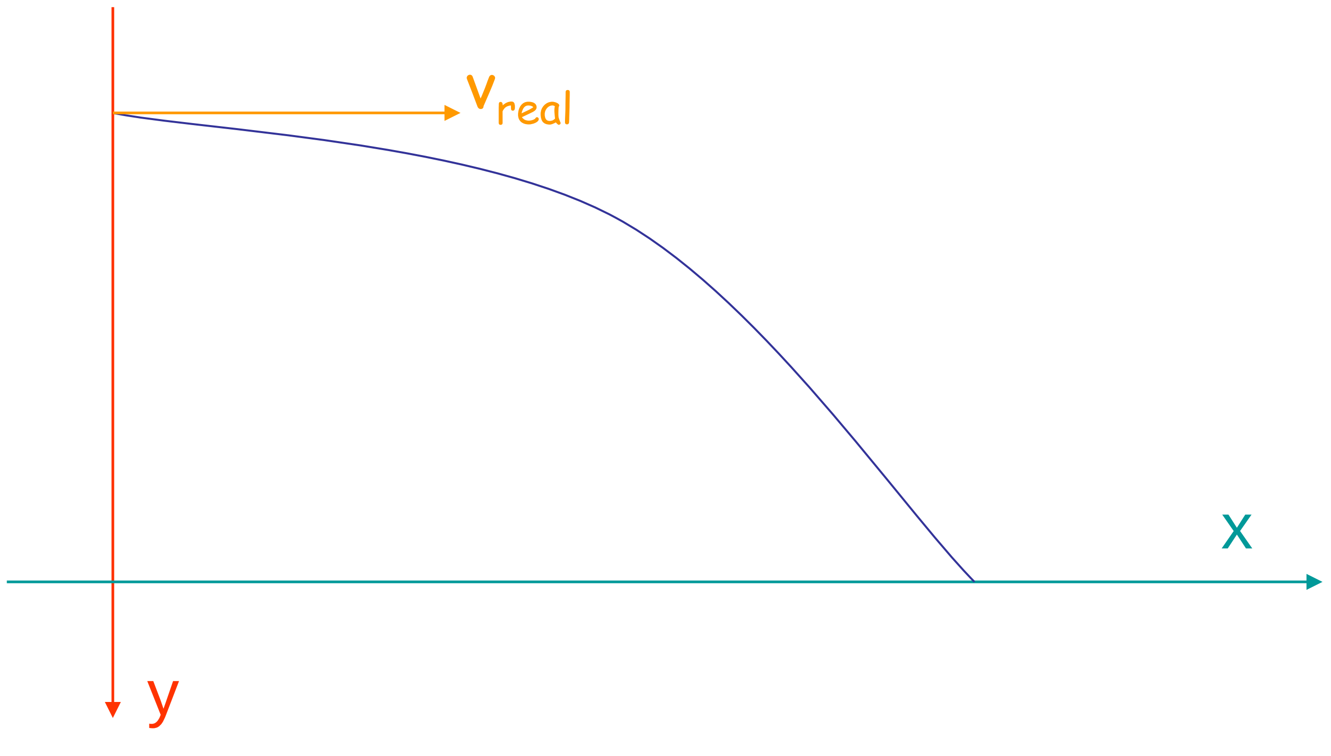
Analisando novamente a figura observa-se um lançamento inclinado no jato lançado!

Através dele nós determinaremos a velocidade real.



piezômetro
válvula globo
reservatório
h_L
h_C
h
x
y

Evocando-se os conceitos abordados nos estudos do lançamento inclinado divide-se o movimento em outros dois:



No eixo y tem-se uma queda livre:

$$y = \frac{1}{2} \times g \times t^2$$

Observa-se que são dados:

$$g = 9{,}8 \frac{m}{s^2} \text{ e } y$$

portanto pode-se determinar t:

$$t = \sqrt{\frac{2 \times y}{g}}$$

Já no eixo x tem-se um movimento uniforme com a velocidade igual a velocidade real.

Importante observar que o que une os dois movimentos é o tempo, ou seja, o tempo para percorrer y em queda livre é igual ao tempo para percorrer x em movimento uniforme com velocidade real.

Logo:

$$x = v_r \times t$$

$$\therefore v_r = \frac{x}{t}$$

Determinação da vazão real
após se ter a certeza que o nível permaneceu constante e se registrou x e h_L.

Fecha-se o bocal e o nível do tanque sobe Δh em Δt, logo:

$$Q_{real} = \frac{Volume}{tempo} = \frac{A_{tanque} \times \Delta h}{t}$$

Cálculo da vazão teórica

Tendo-se a velocidade teórica e a área do orifício é possível calcular a vazão teórica, já que:

$$Q_{teórica} = v_{teórica} \times A_{orifício}$$

$$Q_t = v_{teórica} \times \frac{\pi \times D_o^2}{4}$$

Até este ponto, calculou-se:

Q_r

Q_t

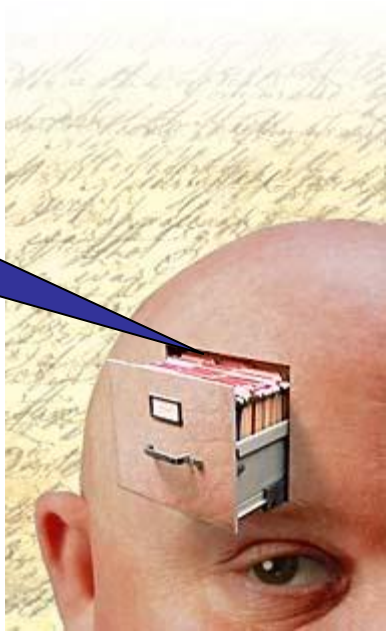
v_r

v_t

O que faremos com todos estes parâmetros calculados?

Vamos introduzir os conceitos de:

1. Coeficiente de vazão – C_d
2. Coeficiente de velocidade – C_v
3. Coeficiente de contração – C_c
4. Outra maneira de se calcular a vazão real - Q_r



$$C_d = \frac{\text{vazão real}}{\text{vazão teórica}} = \frac{Q_r}{Q_t}$$

$$C_v = \frac{\text{velocidade real}}{\text{velocidade teórica}} = \frac{v_r}{v_t}$$

$$C_c = \frac{\text{área contraída}}{\text{área do orifício}} = \frac{A_c}{A_o}$$

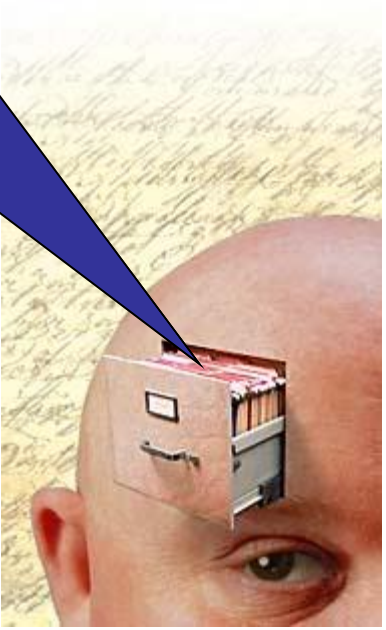
$$Q_r = v_r \times A_c = C_v \times v_t \times C_c \times A_o$$

$$Q_r = C_v \times C_c \times v_t \times A_o = C_v \times C_c \times Q_t$$

$$\frac{Q_r}{Q_t} = C_d = C_v \times C_c$$

E ainda dá para se calcular a perda no bocal + válvula esfera + saída do reservatório

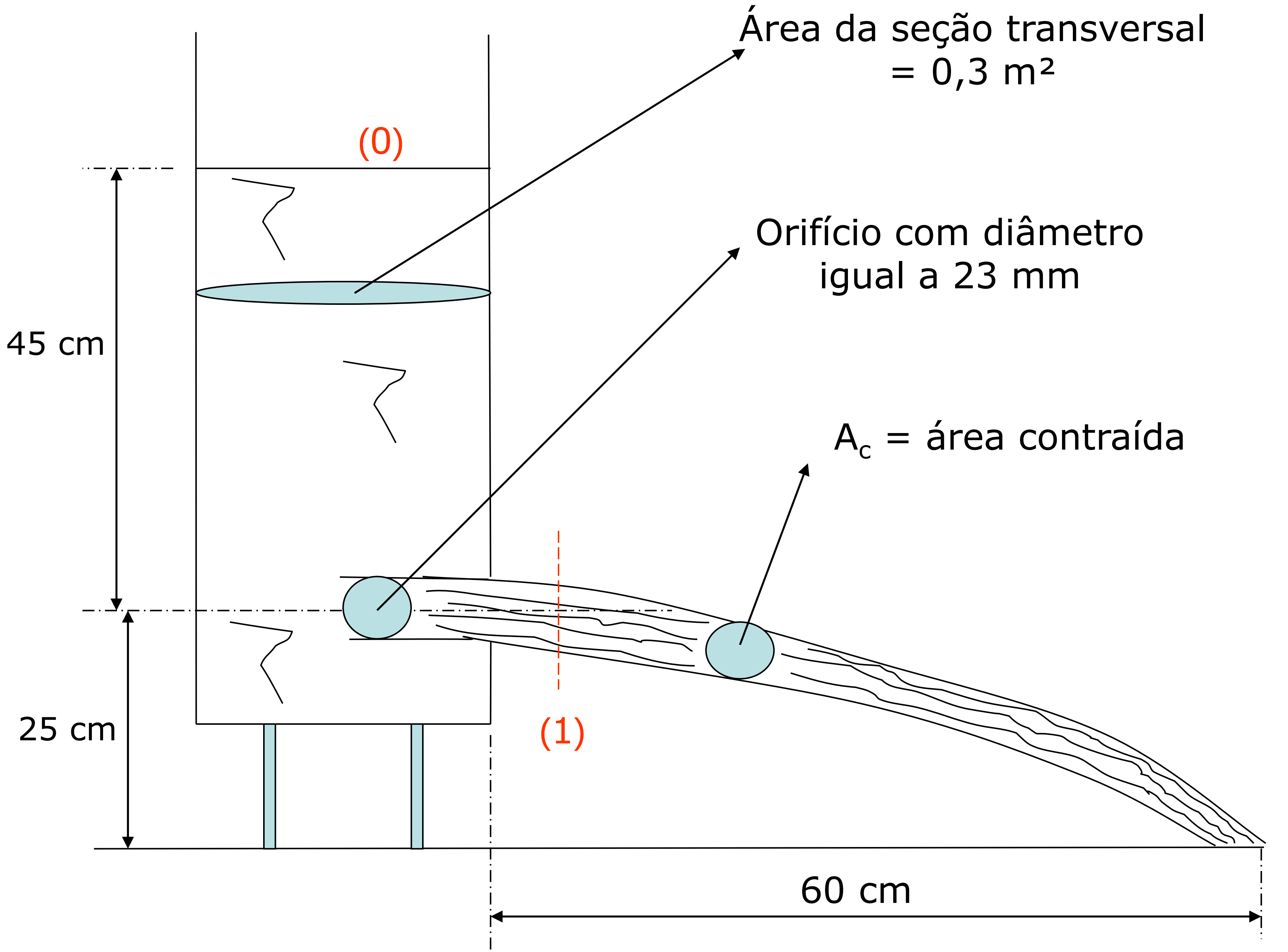
Vamos analisar um exemplo numérico ...



Uma placa de orifício de diâmetro 23 mm é instalada na parede lateral de um reservatório. O eixo da placa fica 25 cm acima do piso. Ajusta-se a alimentação de água do reservatório para que o nível se estabilize a 45 cm acima do eixo do orifício. O jato de água que sai do orifício, alcança o piso a 60 cm do plano vertical que contém a placa de orifício. Sendo , a área da seção transversal do reservatório, num plano horizontal, igual a 0,3 m^2 e sabendo-se que quando o orifício é fechado com uma rolha o seu nível, anteriormente estável, sobe 10 cm em 30 segundos, pede-se determinar os coeficientes de velocidade, de descarga (ou vazão) e o de contração.

Para a engenharia o desenho é uma das maneiras de comunicação

Portanto vamos praticá-la através do enunciado dado para a questão



Área da seção transversal
= 0,3 m²
(0)
45 cm
Orifício com diâmetro
igual a 23 mm
A c = área contraída
25 cm
(1)
60 cm

Respostas

Podemos resolver o problema proposto:

$$C_d = \frac{1 \times 10^{-3}}{1{,}23 \times 10^{-3}} \cong 0{,}81$$

$$C_v = \frac{2{,}61}{2{,}97} \cong 0{,}88$$

$$C_c = \frac{C_d}{C_v} = \frac{0{,}81}{0{,}88} \cong 0{,}92$$

E a perda no bocal:

$$0{,}45 = \frac{v_1^2}{19{,}6} + H_{p_{0-1}}$$

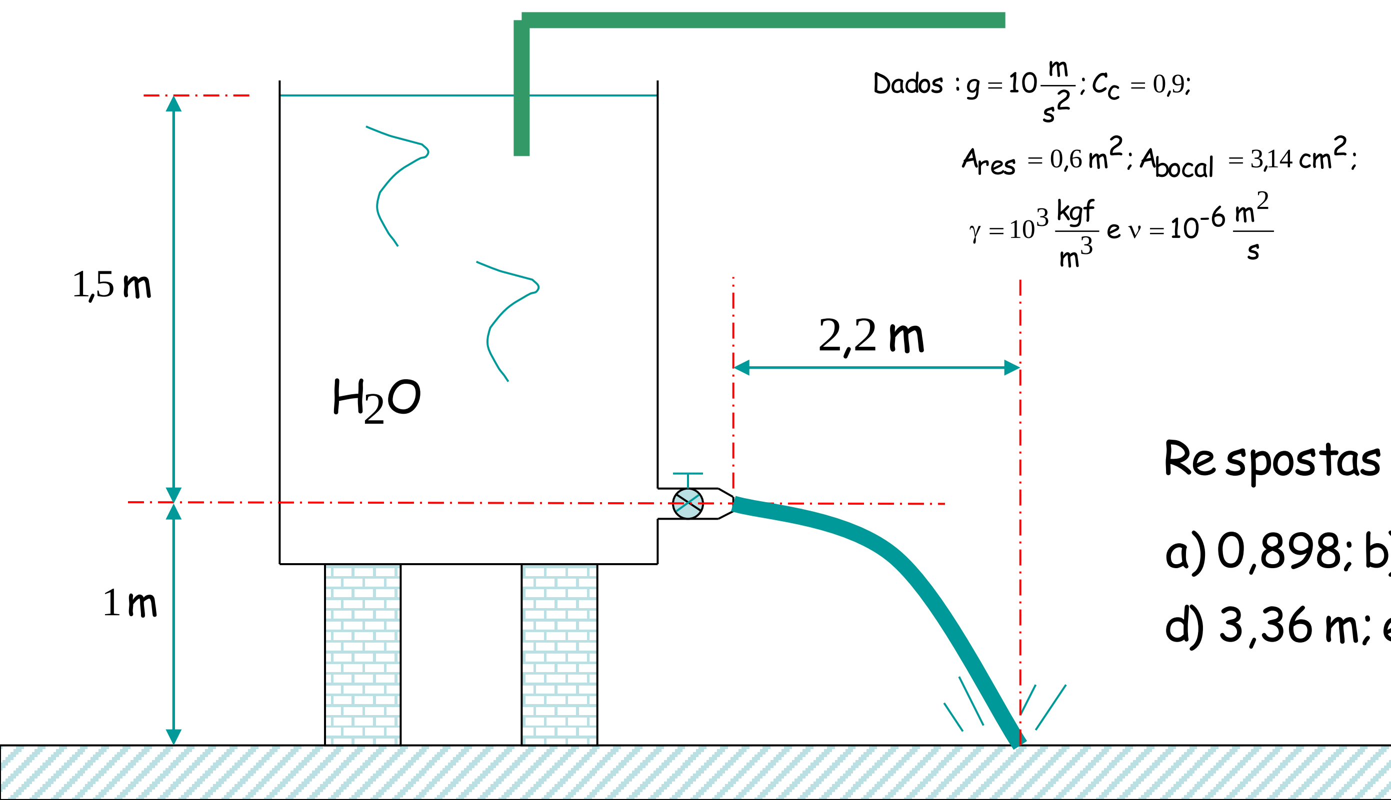
$$v_1 = v_r = \frac{0{,}6}{0{,}23} \cong 2{,}61\,\frac{m}{s}$$

$$\therefore H_{p_{0-1}} = 0{,}45 - \frac{2{,}61^2}{19{,}6} \cong 0{,}103\,m$$


Vamos partir para os exercícios!

1 O nível de água do reservatório esquematizado a seguir é mantido constante. Para esta situação pede-se:

1. o coeficiente de velocidade;
2. o número de Reynolds teórico;
3. ao fechar o bocal, determinar o tempo para que o nível suba 10 cm;
4. pressurizando o reservatório a uma pressão igual a 0,2 kgf/cm², determinar o novo alcance do jato;
5. determinar o "coeficiente de perda singular do bocal".



Dados : $g = 10 \frac{m}{s^2}$; $C_c = 0{,}9$;

$A_{res} = 0{,}6\ m^2$; $A_{bocal} = 3{,}14\ cm^2$;

$\gamma = 10^3 \frac{kgf}{m^3}$ e $\nu = 10^{-6} \frac{m^2}{s}$

Respostas :

a) 0,898; b) $\cong 1{,}1 \times 10^5$; c) 43,2 s;

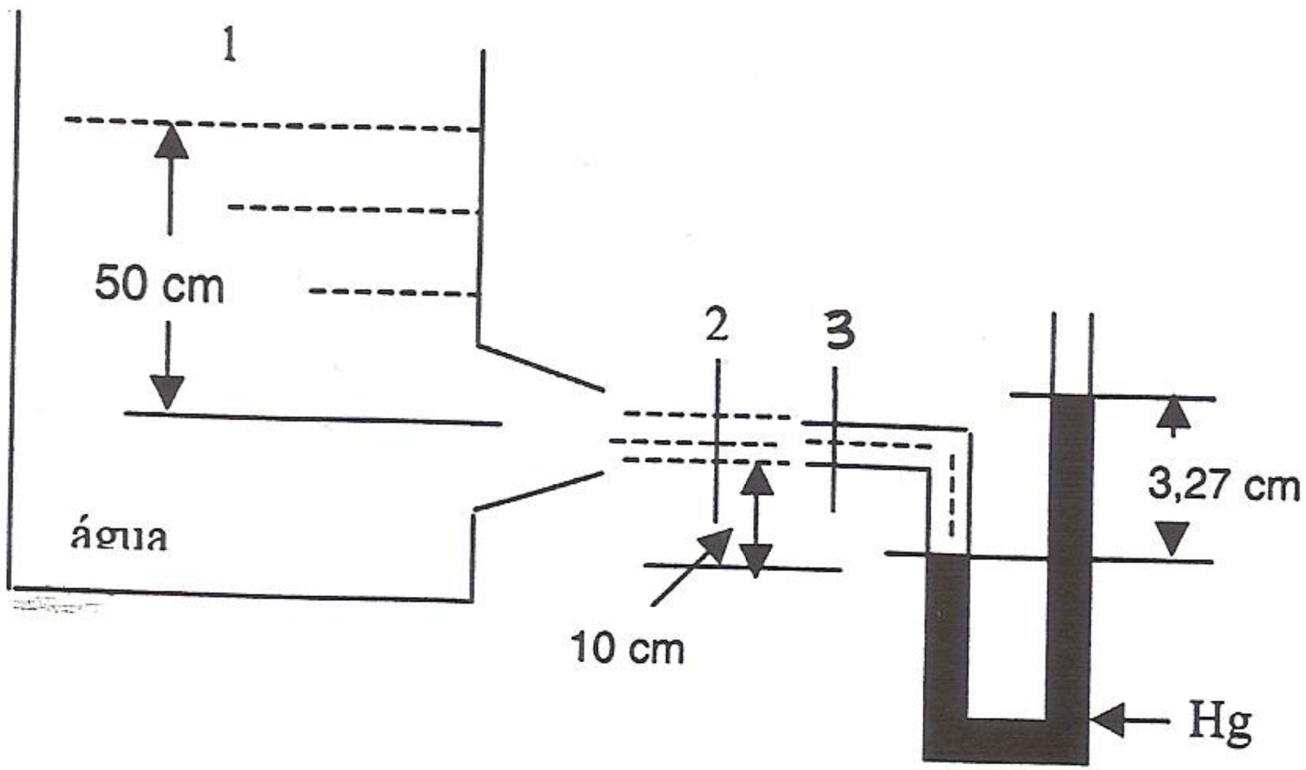
d) 3,36 m; e) 0,24

2

Para a situação descrita abaixo, pede-se calcular:

1. A pressão da água no ponto 3 dentro do tubo de Pitot.
2. A velocidade real e teórica da água na seção 2.
3. A vazão real de água que saí do tanque.

Dados: C_C = 0,92; diâmetro do bocal = 4 cm; $\gamma_{água}$ = 1000 kgf/m³;
γ_{Hg} = 13600 kgf/m³ e g = 9,8 m/s²

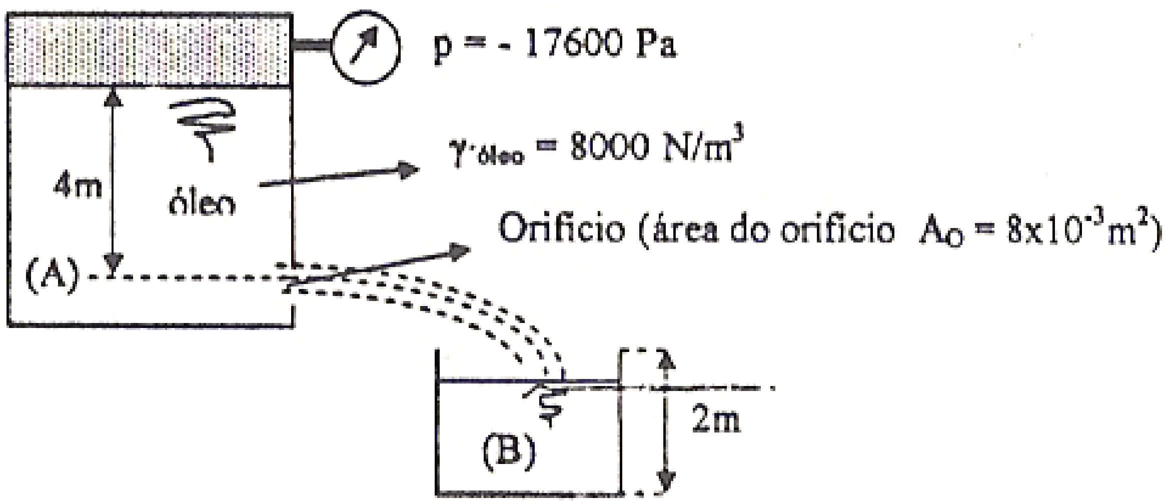


3

Na figura, o reservatório (B) é cúbico e enche em 200s. Sendo o reservatório (A) de grandes dimensões, pede-se:

a) o coeficiente de descarga do orifício;

b) a velocidade real do jato na saída do orifício, se o coeficiente de contração é 0,85.

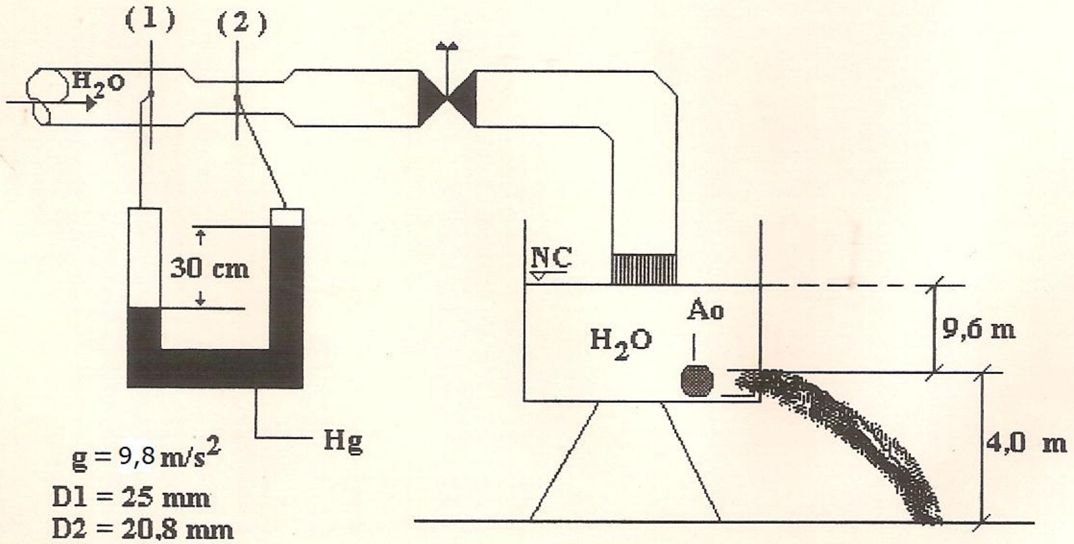


4

O esquema representado a seguir mostra o trecho de uma bancada do laboratório de FT onde realizou-se as experiências do Venturi e orifício. Sabe-se que para situação descrito utilizou-se o coeficiente de vazão de Venturi igual a 0,9. Pede-se :

a) → O coeficiente de vazão do orifício (resposta com 2 casas decimais);

b) → O alcance x sabendo-se que o coeficiente de contração é 0,90



Água a 15^0C:

$\gamma = 999,1\ kg/m^3$;

$\nu = 1,14*10^{-6}\ m^2/s$

$g = 9,8\ m/s^2$

$D1 = 25\ mm$

$D2 = 20,8\ mm$

$Ao = 3,1\ cm^2$

c) → Sabendo-se que a água é transportada a 15° C, verifique se a Cd utilidado (vide curva característica do Venturi) é coerente.