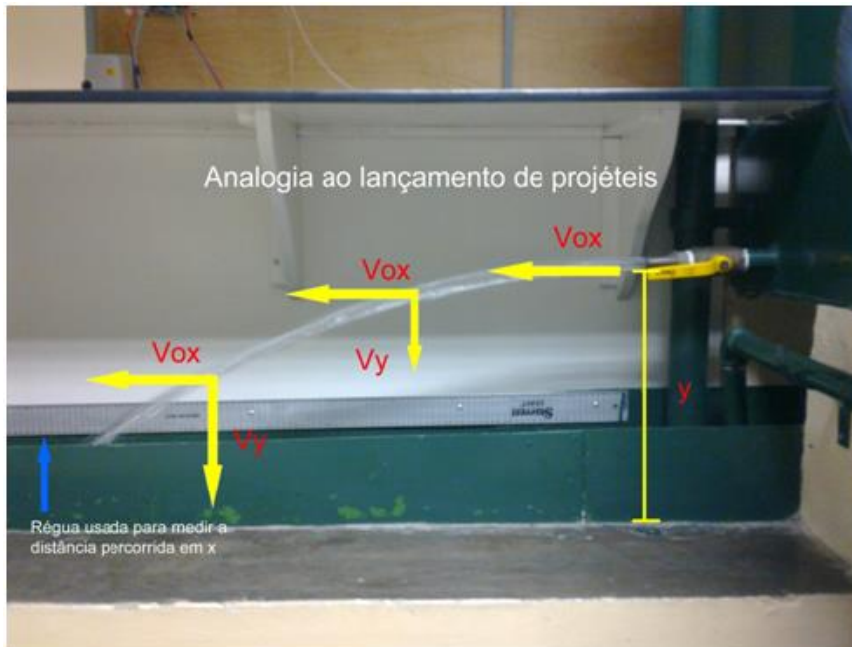
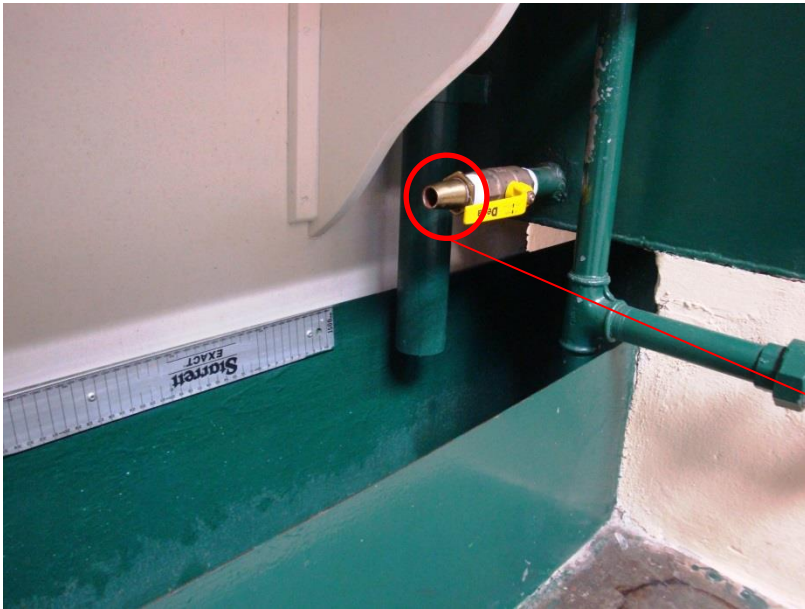


Experiência

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).





A dimensão do
nosso bocal se
enquadra na
definição do
Azevedo Netto

"...comprimentos
de 1,5 a 3,0D
como bocais..."





Nesta experiência temos
um bocal cônico
convergente acoplado a
uma válvula esfera, esta
acoplada a um tubo muito
curto e este a um orifício.

Então por que é
denominada de
experiência do bocal
convergente?

A black and white cartoon illustration of a classroom. A professor with a beard and a white shirt stands at the front, looking towards the students. Several students are seated at desks, some looking at books or papers. One student on the right is wearing sunglasses and holding a book. The scene is set in a simple classroom with a chalkboard in the background.

É porque desejamos obter os seus coeficientes, bem como as curvas relacionadas com os mesmos.

Você poderia sintetizar todos os objetivos?



A black and white cartoon illustration of a classroom. A man with a beard and a white shirt stands at the front, hands on hips, addressing a group of students. The students are seated at desks, some looking at papers or books. One student on the right is wearing sunglasses and holding a book. The man is speaking, and a speech bubble contains his text. A student in the foreground is responding with another speech bubble.

Claro e os
apresento no
próximo slide.

Obrigada!

bocal + valv esfera + perda
saída de reservatório

calcular $\begin{cases} C_v \\ C_d \\ C_c \end{cases}$

Objetivos da experiência

contraída área C_c
bocal
 $= A_c / A_b$

C_v velocidade $\begin{cases} \text{real} \\ \text{teórica} \end{cases}$
 $= v_r / v_t$

real vazão C_d
teórica
 $= Q_r / Q_t$

Através dos resultados obter a representação gráfica de C_v , C_d e C_c em função do Re real e teórico e a representação da perda do conjunto em função da vazão real.



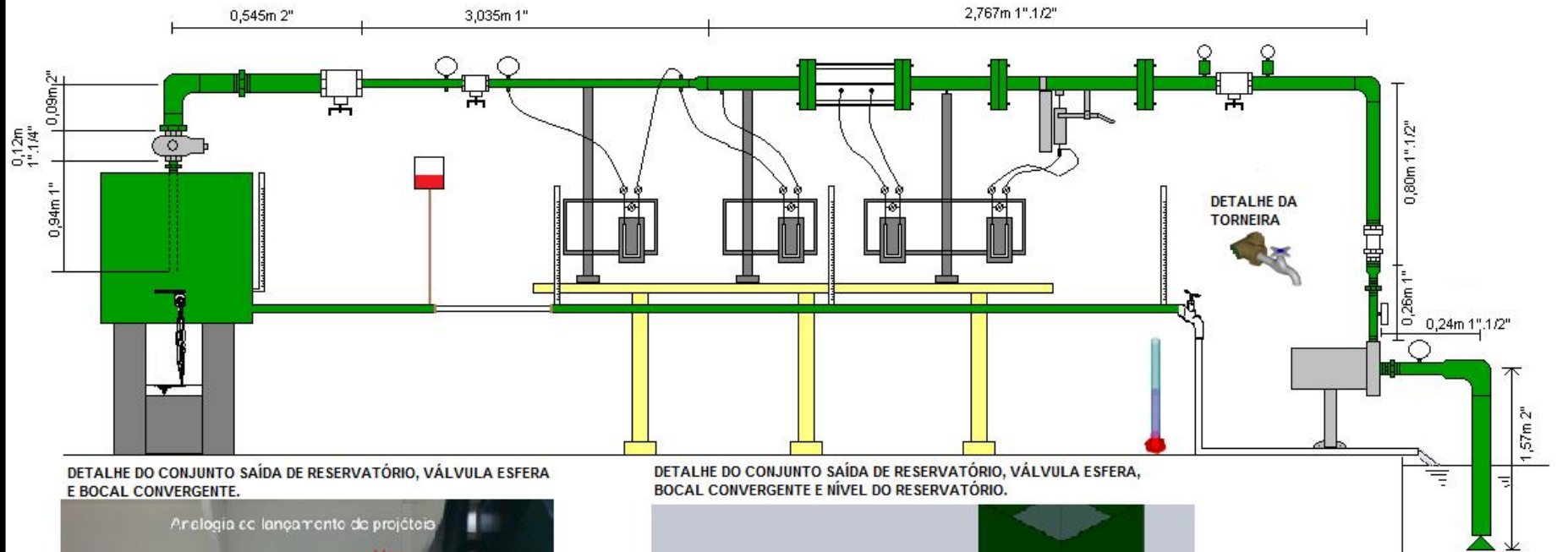


Não esquecer das condições:
escoamento
incompressível e em
regime permanente.

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

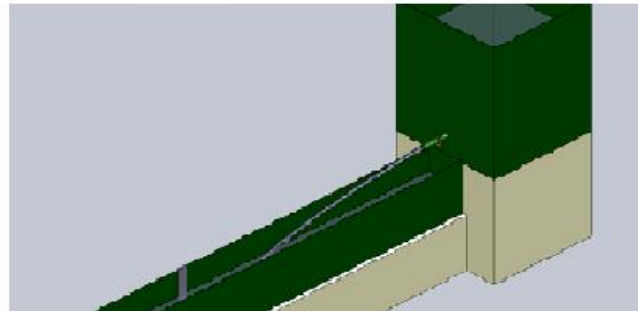


BANCADA 1



DETALHE DO CONJUNTO SAÍDA DE RESERVATÓRIO, VÁLVULA ESFERA E BOCAL CONVERGENTE.

DETALHE DO CONJUNTO SAÍDA DE RESERVATÓRIO, VÁLVULA ESFERA, BOCAL CONVERGENTE E NÍVEL DO RESERVATÓRIO.



1 = SEÇÃO À MONTANTE DA TORNEIRA

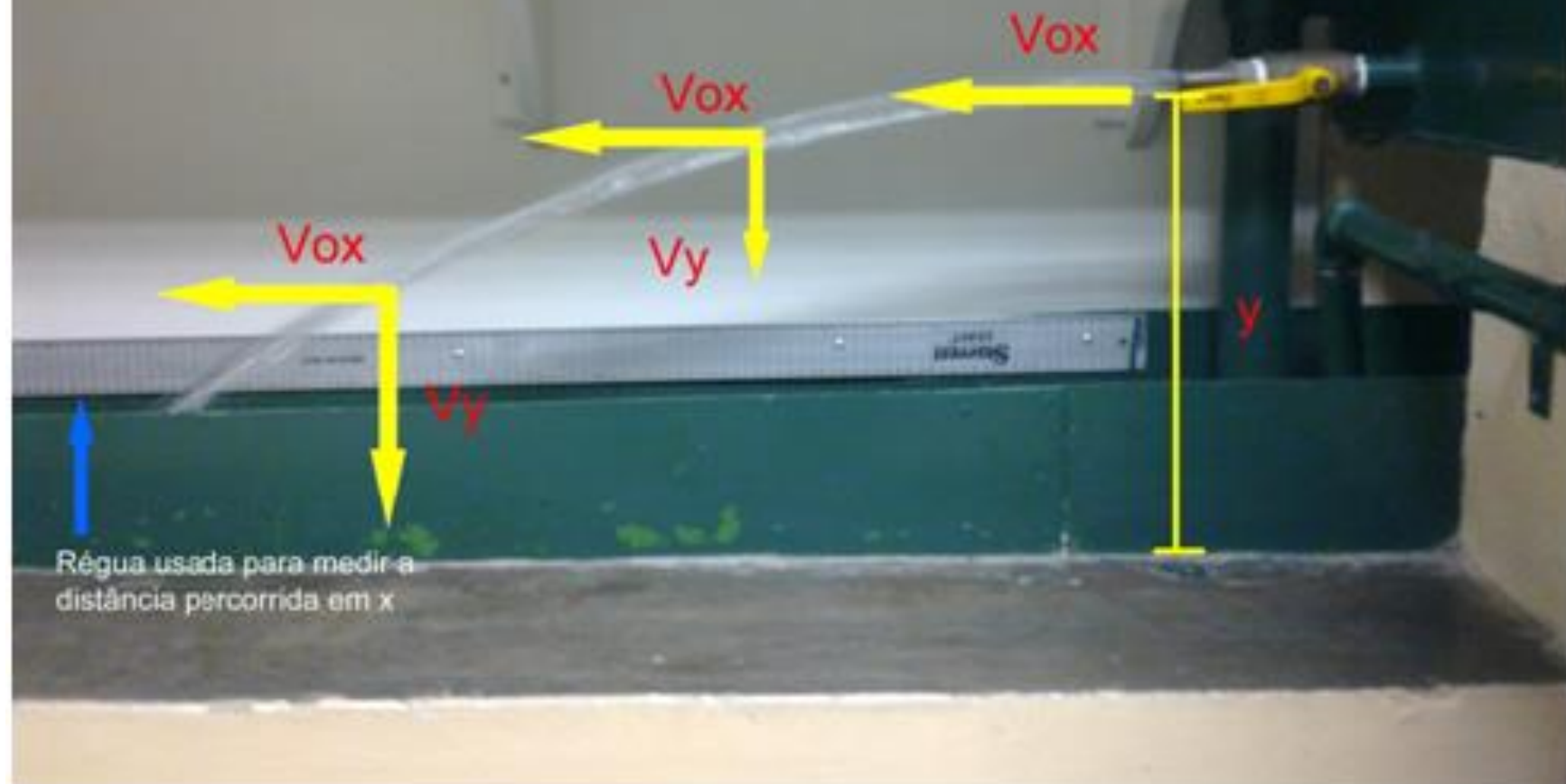
C = NÍVEL DE CAPTAÇÃO

N = NÍVEL DO RESERVATÓRIO SUPERIOR

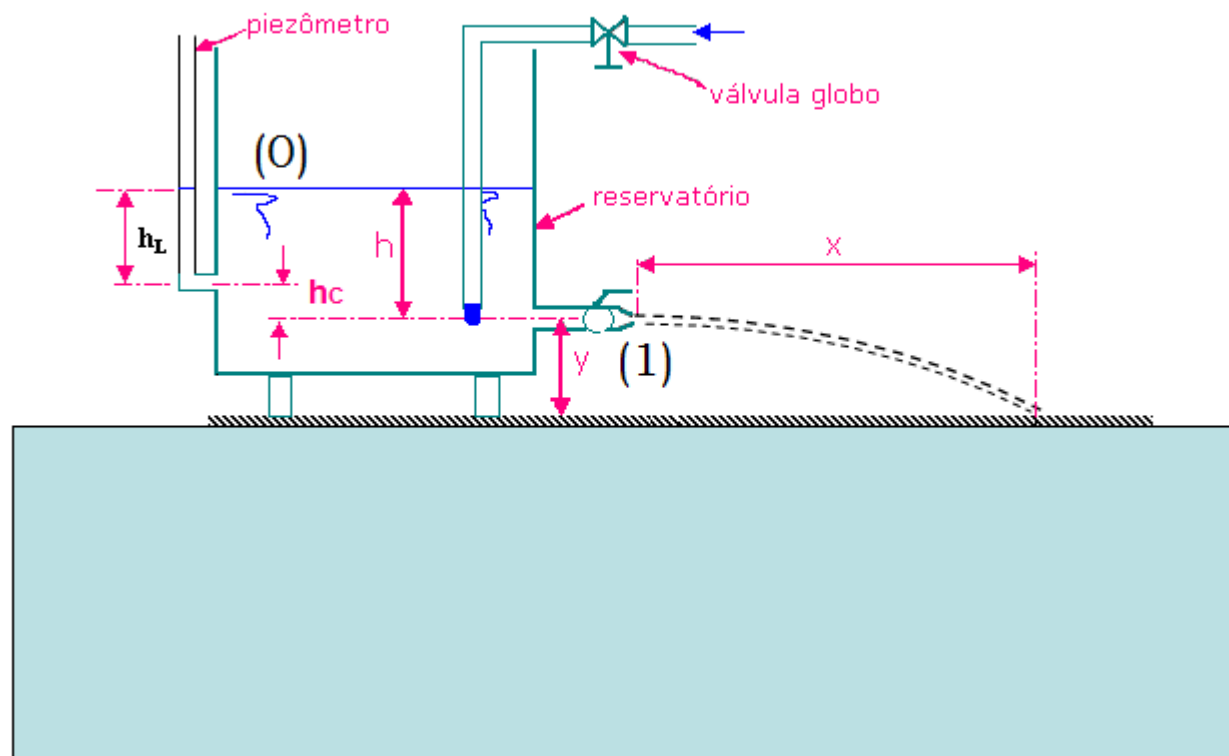
BC = SAÍDA DO BOCAL CONVERGENTE

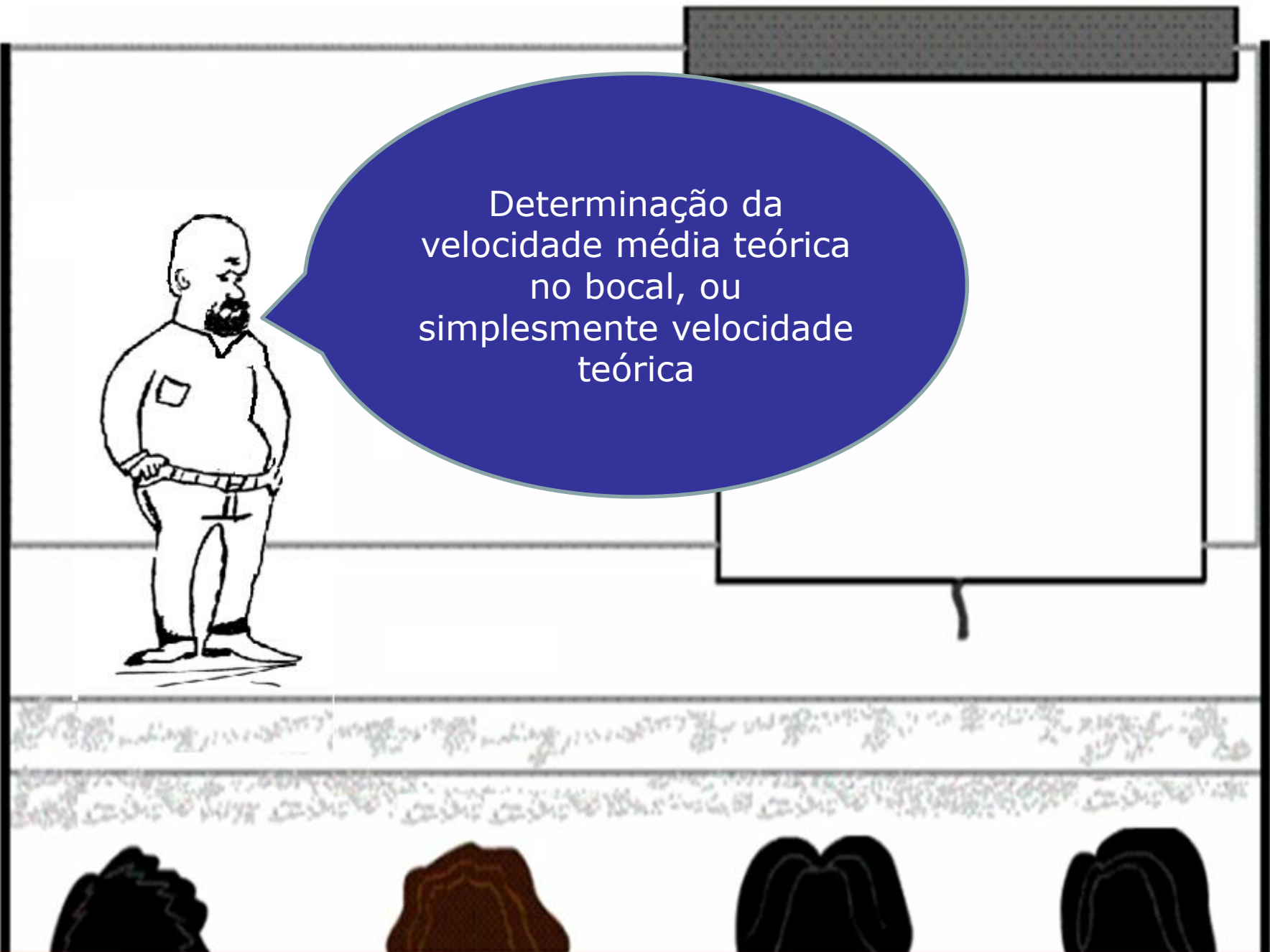
T = SAÍDA DA MANGUEIRA ACOPLADA A TORNEIRA

Analogia ao lançamento de projéteis



**Esquemáticamente
temos:**





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

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

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

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

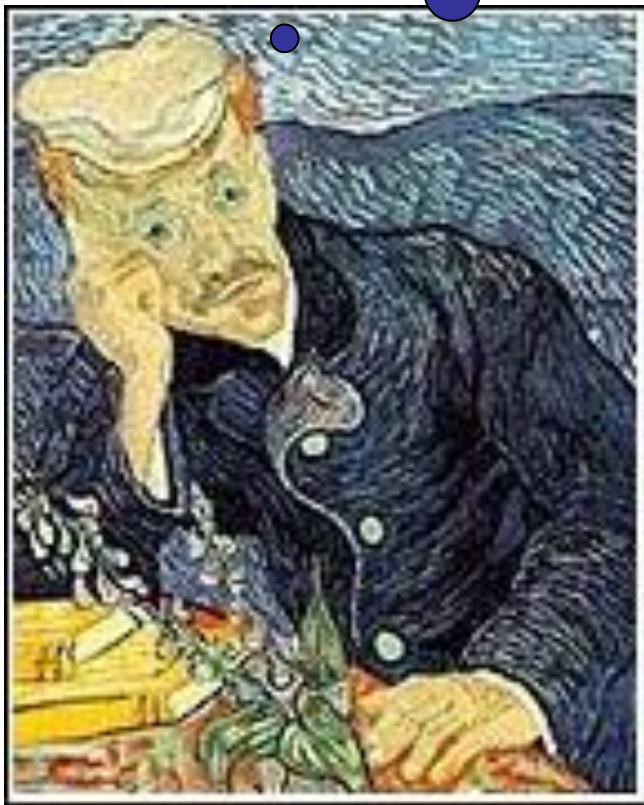
$$Z_0 + \frac{p_0}{\gamma} + \frac{v_0^2}{2g} = Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + H_{p_{0-1}}$$

Adotando – se o PHR no eixo do orifício

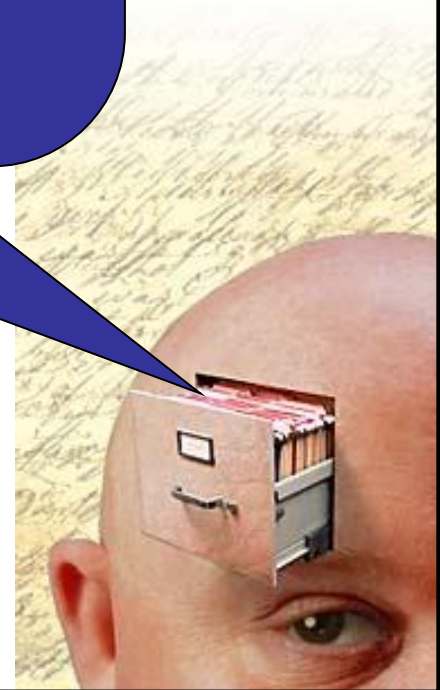
$$h + 0 + 0 = 0 + 0 + \frac{v_1^2}{19,6} + H_{p_{0-1}}$$

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

Uma equação
com duas
incógnitas e
agora?



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



Portanto:

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

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

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

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

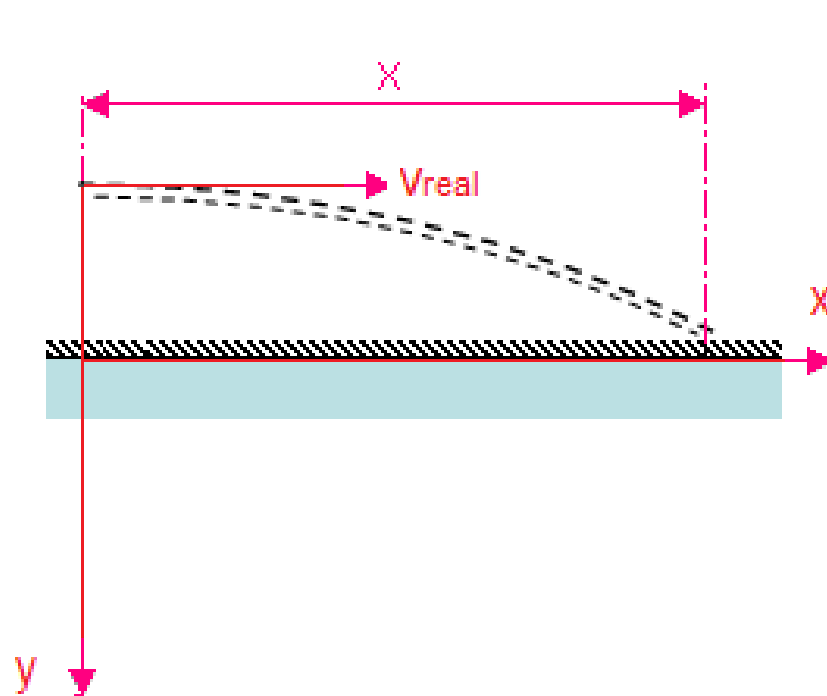
DETALHE DO CONJUNTO SAÍDA DE RESERVATÓRIO, VÁLVULA ESFERA E BOCAL CONVERGENTE.



Através dele determinamos a velocidade real



Evocando os conceitos abordados
nos estudos do lançamento
inclinado dividimos o movimento
em outros dois:



No eixo y temos uma queda livre:

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

Como são dados :

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

determinamos t :

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

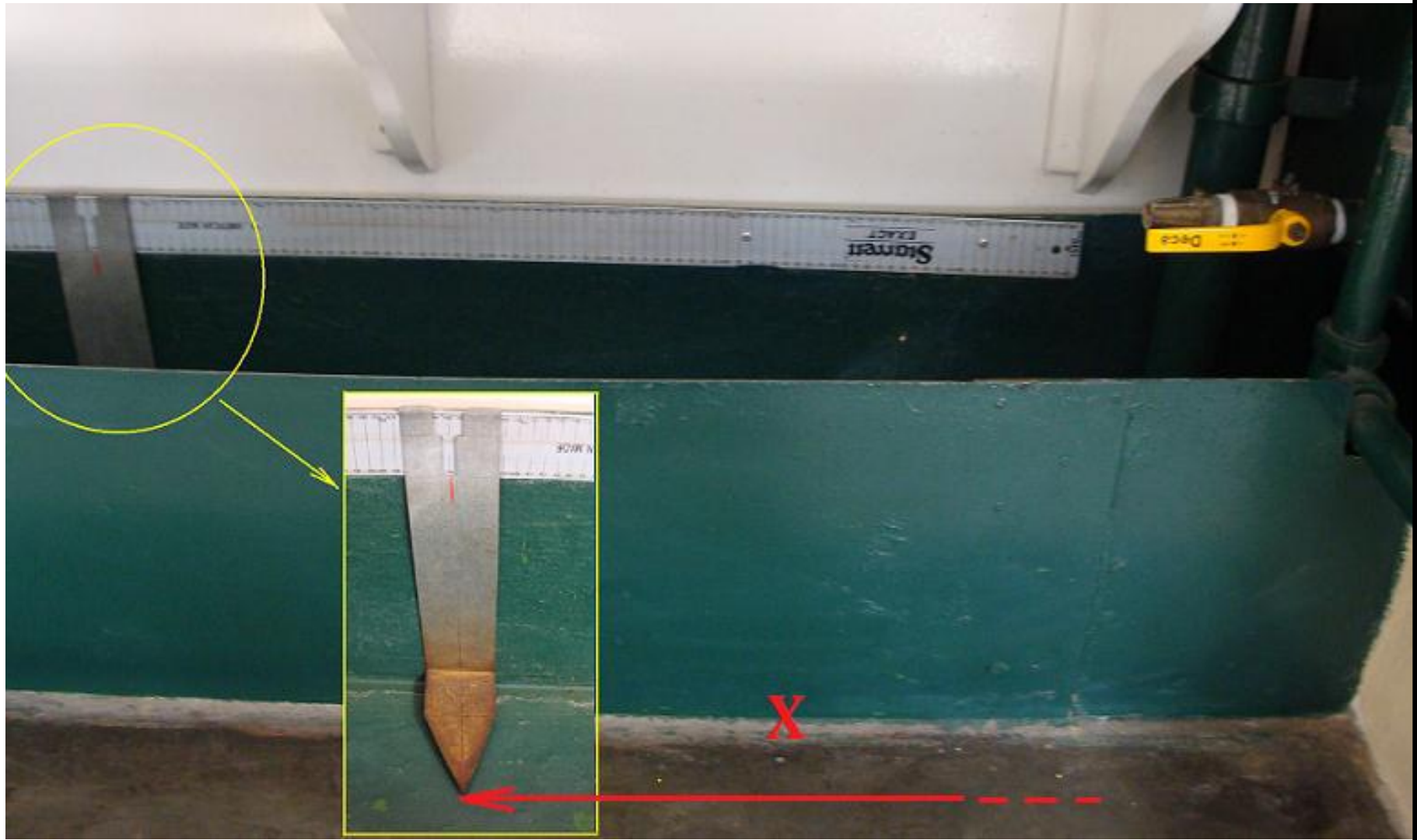




Já no eixo x temos
um movimento
uniforme com a
velocidade igual a
velocidade real

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.

Determinação do x





Logo

$$x = v_r \times t$$

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

$$v_r = x \times \sqrt{\frac{g}{2y}}$$

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:



$$Q_{\text{real}} = \frac{\text{Volume}}{\text{tempo}}$$

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





Vamos partir
para o cálculo da
vazão teórica.

LIXO

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

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

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





Até este
ponto,
calculou-se:
 Q_r ; Q_t ; v_r e v_t

O que faremos com todos
estes parâmetros
calculados?

Vamos calcular:

1. Coeficiente de vazão – C_d
2. Coeficiente de velocidade – C_v
3. Coeficiente de contração – C_c
4. A área contraída – A_c
5. O diâmetro contraído – D_c
6. O Re_{real} e o $Re_{teórico}$

$$C_d = \frac{\text{vazão real}}{\text{vazão teórica}} = \frac{Q_r}{Q_t}; C_v = \frac{\text{velocidade real}}{\text{velocidade teórica}} = \frac{v_r}{v_t}$$

$$C_c = \frac{C_d}{C_v}; A_c = C_c \times A_o \therefore D_c = \sqrt{\frac{A_c \times 4}{\pi}};$$

$$Re_{real} = \frac{v_{real} \times D_c}{\nu}; Re_{teórico} = \frac{v_{teórica} \times D_o}{\nu}$$



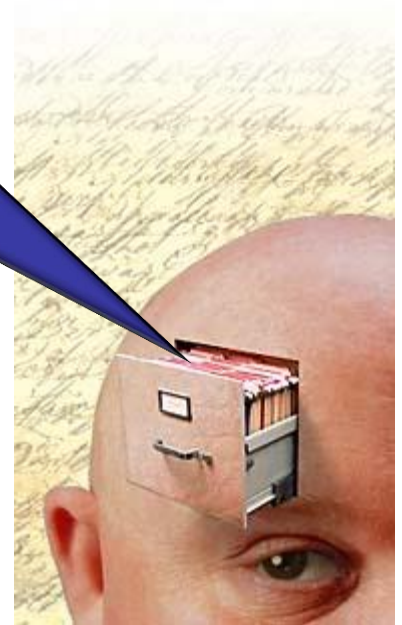
E ainda dá para se calcular a perda no bocal + válvula esfera + tubo + saída do reservatório

Vamos resolver exemplos numéricos.

$$h = \frac{v_r^2}{2g} + H_{\text{psaída+valv.esfera+tubo+bocal}}$$

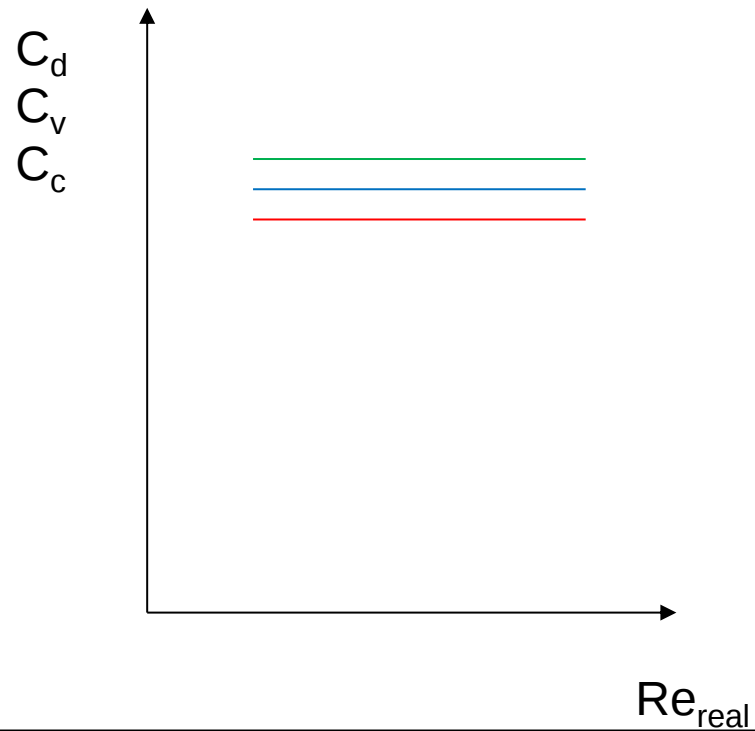
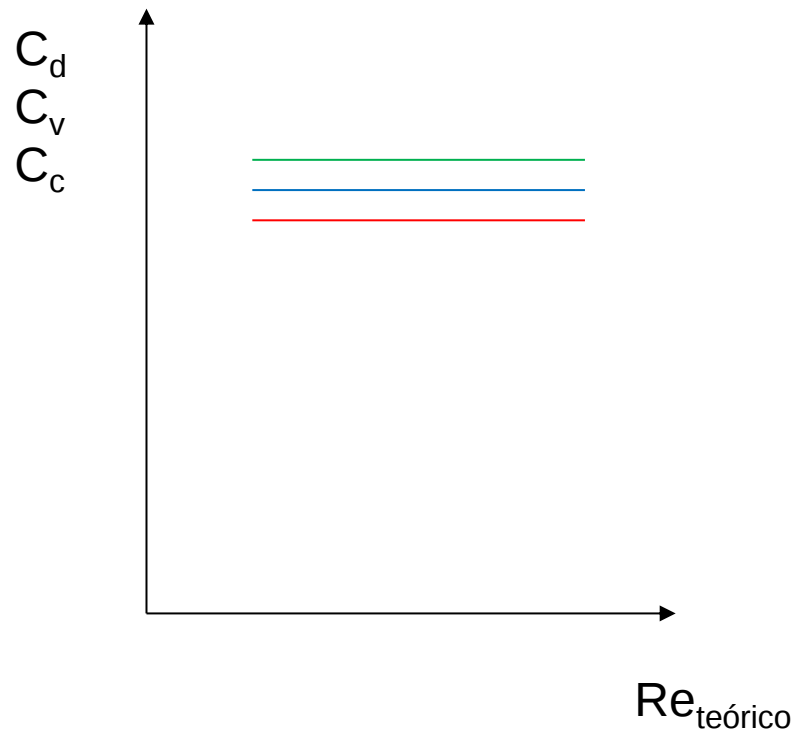
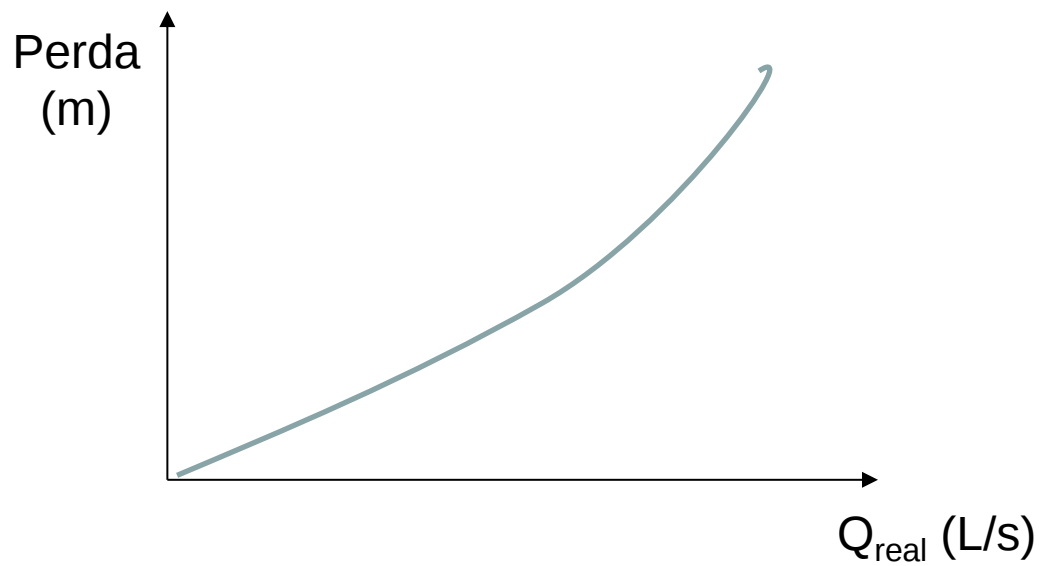
$$v_r = x \times \sqrt{\frac{g}{2y}}$$

$$\therefore H_{\text{psaída+valv.esfera+tubo+bocal}} = h - \frac{x^2}{4 \times y}$$

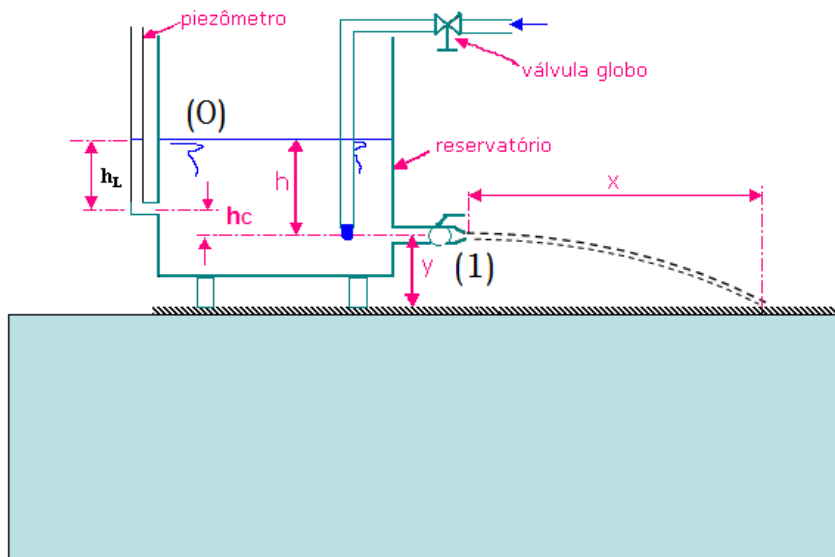


Com as grandezas anteriores nós
construímos os gráficos dos
coeficientes em função do Reynolds
real e teórico e da perda em função da
vazão real.





Para a construção das curvas anteriores, iniciamos com a tabela de dados especificada no slide seguinte



temperatura d'água =

Ensaio	h_L (cm) sugerido	h_L (cm) real	x(cm)	h_c (cm)	y (cm)	Δh (cm)	t(s)
1	100						
2	200						
3	300						
4	400						
5	500						
6	600						
Tabela de dados							

Vamos estudar esta experiência
através da solução dos exercícios
que proponho a seguir

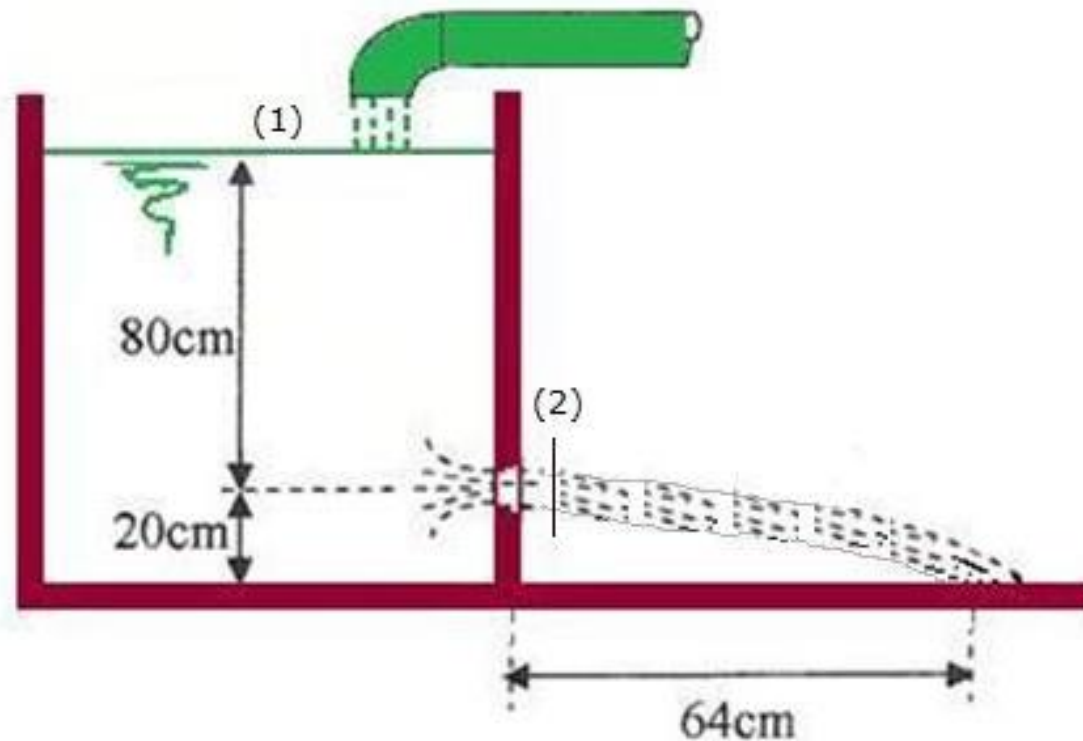


1

Um orifício de diâmetro 23 mm é instalado na parede lateral de um reservatório. O eixo do orifício fica 20 cm acima do piso. Ajusta-se a alimentação de água do reservatório para que o nível se estabilize a 80 cm acima do eixo do orifício. O jato de água que sai do orifício, alcança o piso a 64 cm do plano vertical que contém o orifício. Sendo A , a área da seção transversal do reservatório, num plano horizontal, igual a $0,3 \text{ m}^2$ 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), de contração e a perda no orifício.

Área da seção transversal do reservatório= $0,3 \text{ m}^2$

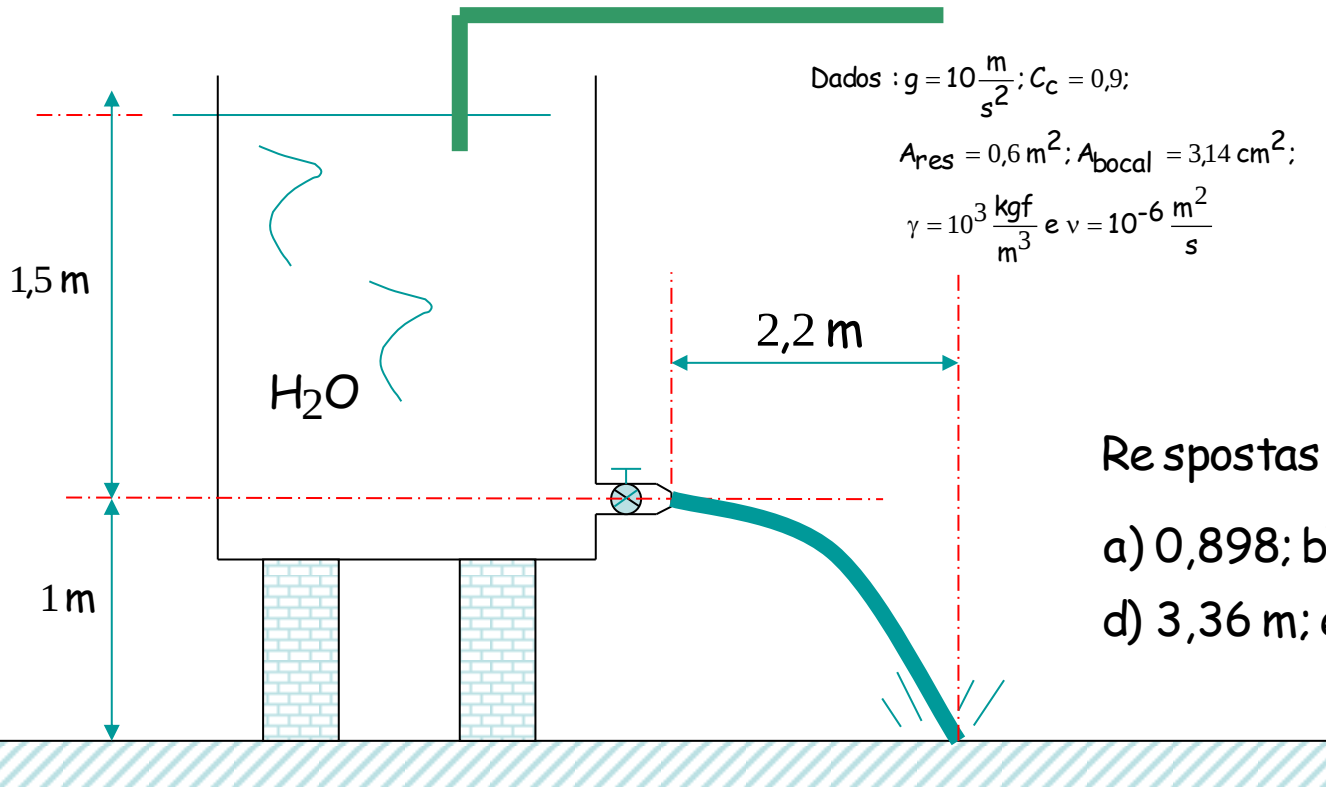
Orifício com diâmetro igual a 23 mm



2

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 $0,2 \text{ kgf/cm}^2$, determinar o novo alcance do jato;
5. determinar o "coeficiente de perda singular do bocal".



Re spostas :

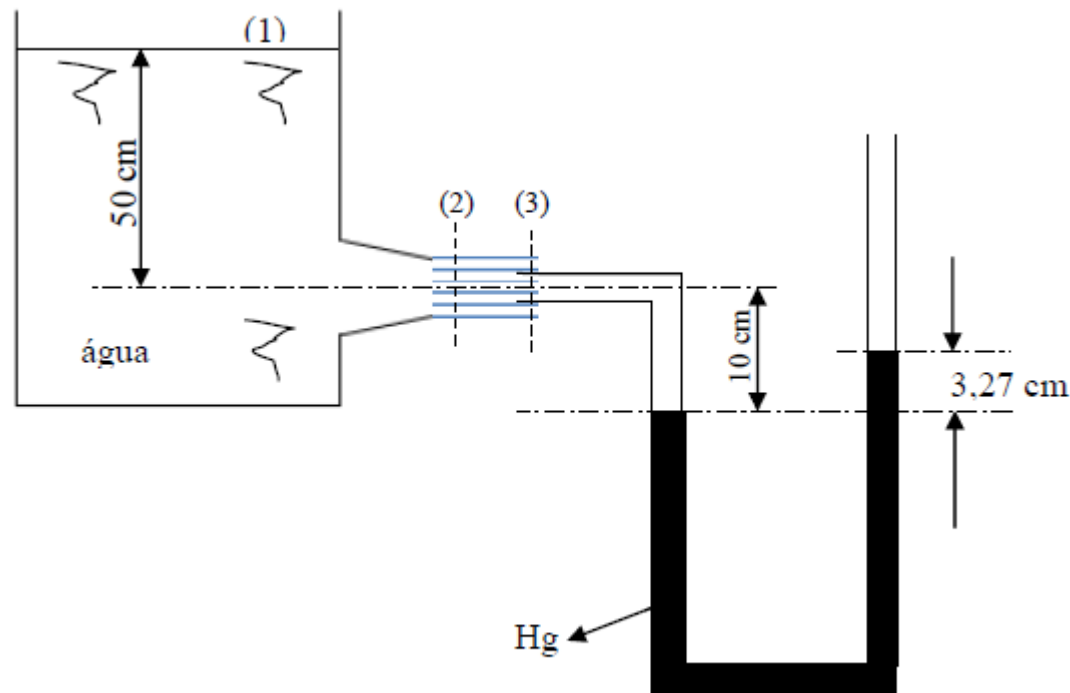
- a) 0,898; b) $\cong 1,1 \times 10^5$; c) 43,2 s
d) 3,36 m; e) 0,24

3

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.

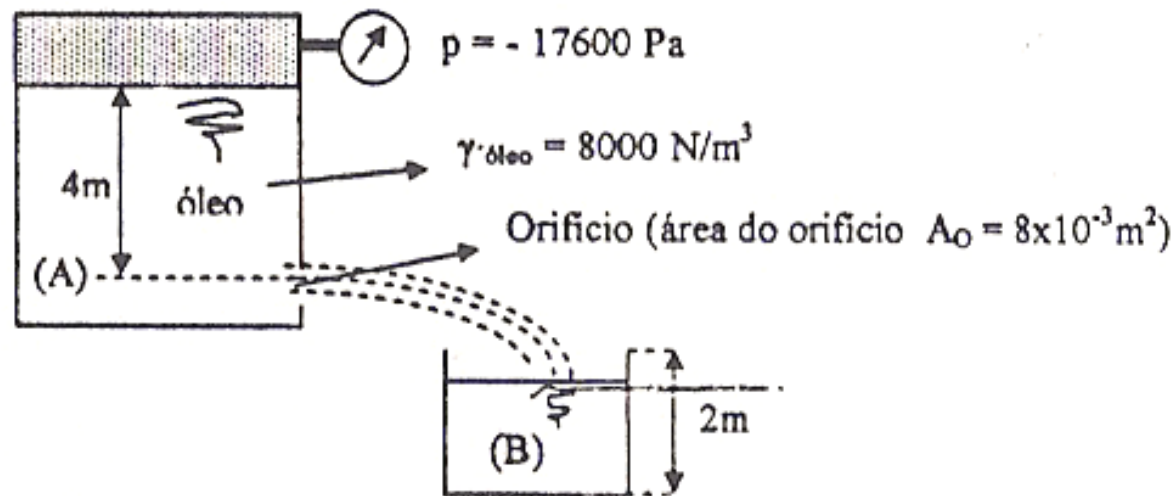
Dados: $C_C = 0,92$; diâmetro do bocal = 4 cm; $\gamma_{\text{água}} = 1000 \text{ kgf/m}^3$;
 $\gamma_{\text{Hg}} = 13600 \text{ kgf/m}^3$ e $g = 9,8 \text{ m/s}^2$



4

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

- o coeficiente de descarga do orifício;
- a velocidade real do jato na saída do orifício, se o coeficiente de contração é 0,85.

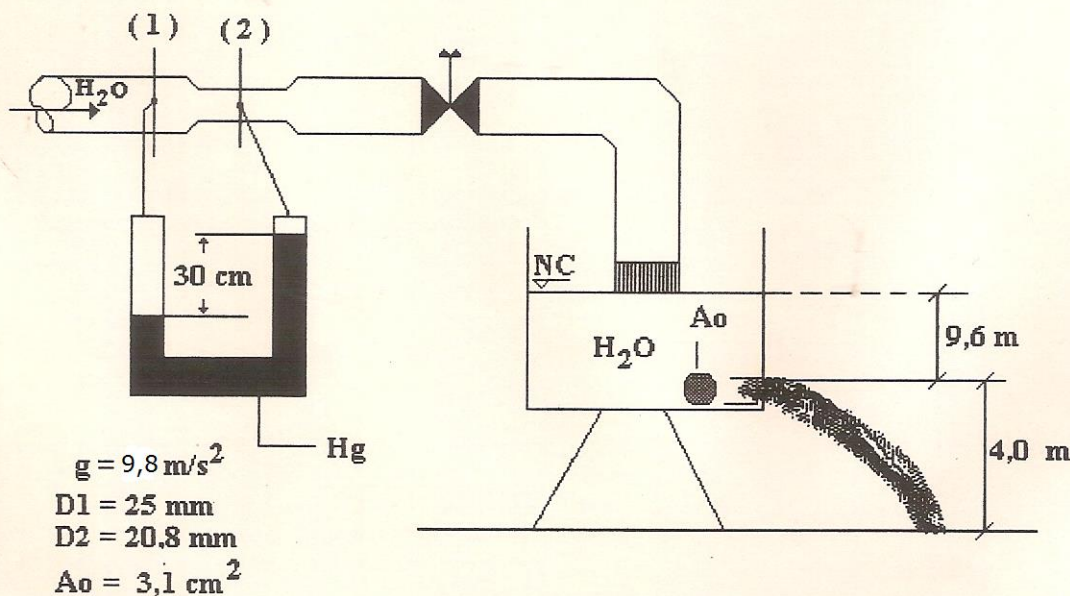


5

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



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

Água a 15°C :

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

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

