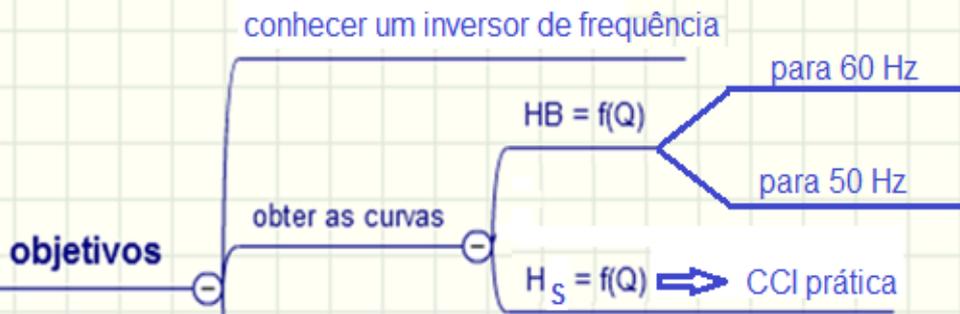


Nona aula de laboratório de ME5330

Segundo semestre de 2014

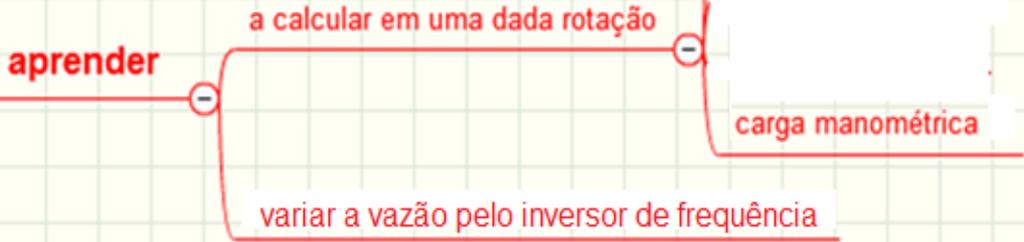


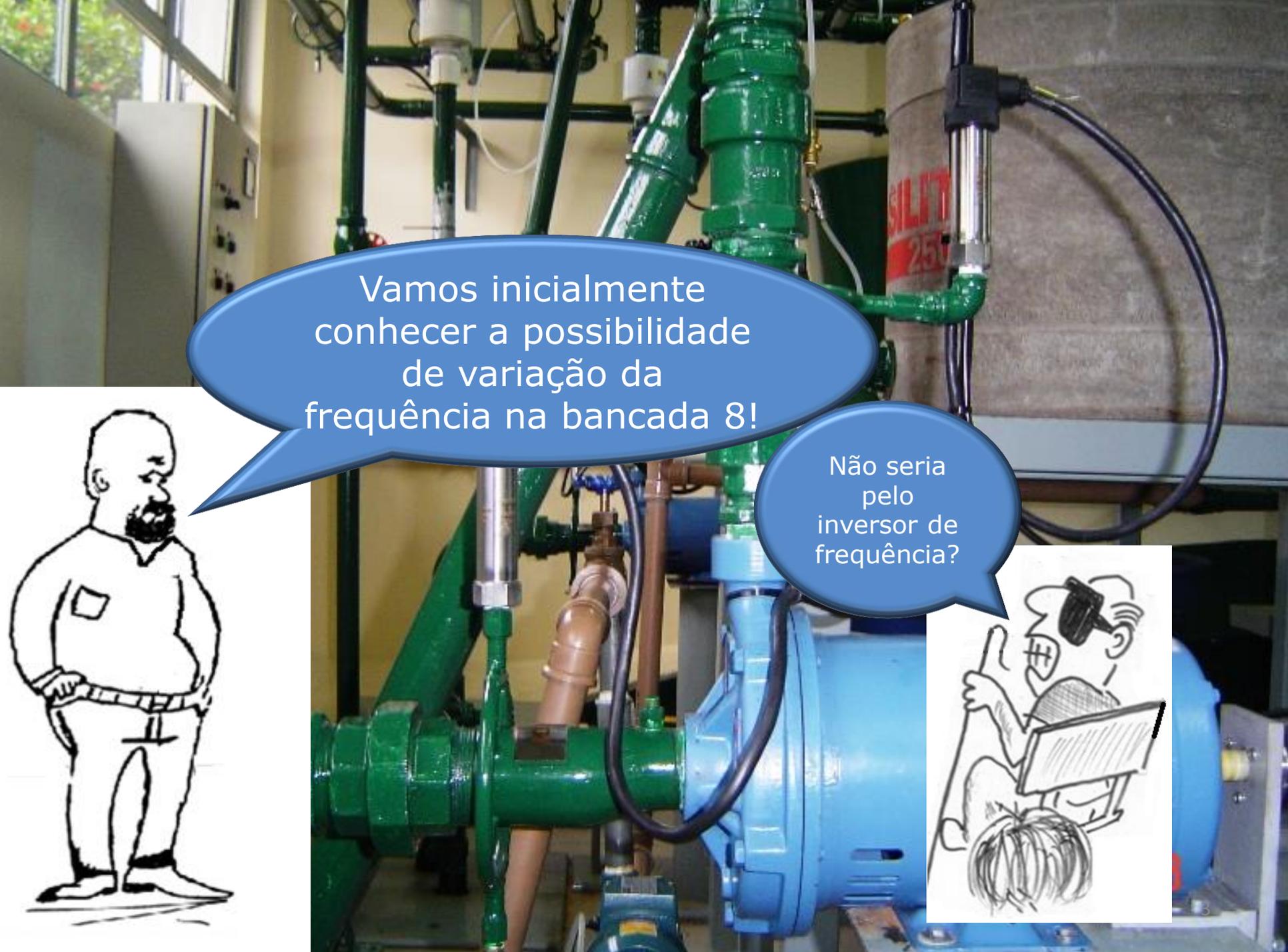


Experiência do inversor de frequência



Vamos sintetizar a vantagem de utilizar o inversor de frequência para controlar a Q.





Vamos inicialmente
conhecer a possibilidade
de variação da
frequência na bancada 8!

Não seria
pelo
inversor de
frequência?



Exatamente é pelo inversor de frequência

$$n = \frac{120 \times f}{p}$$

f → frequência

p → número de pólos

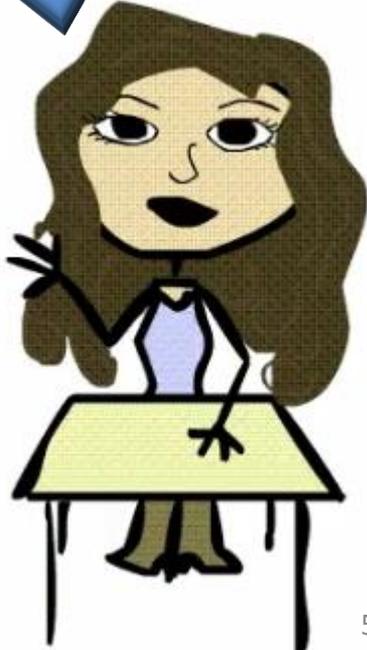


Possibilidade de variação da frequência na bancada 8!



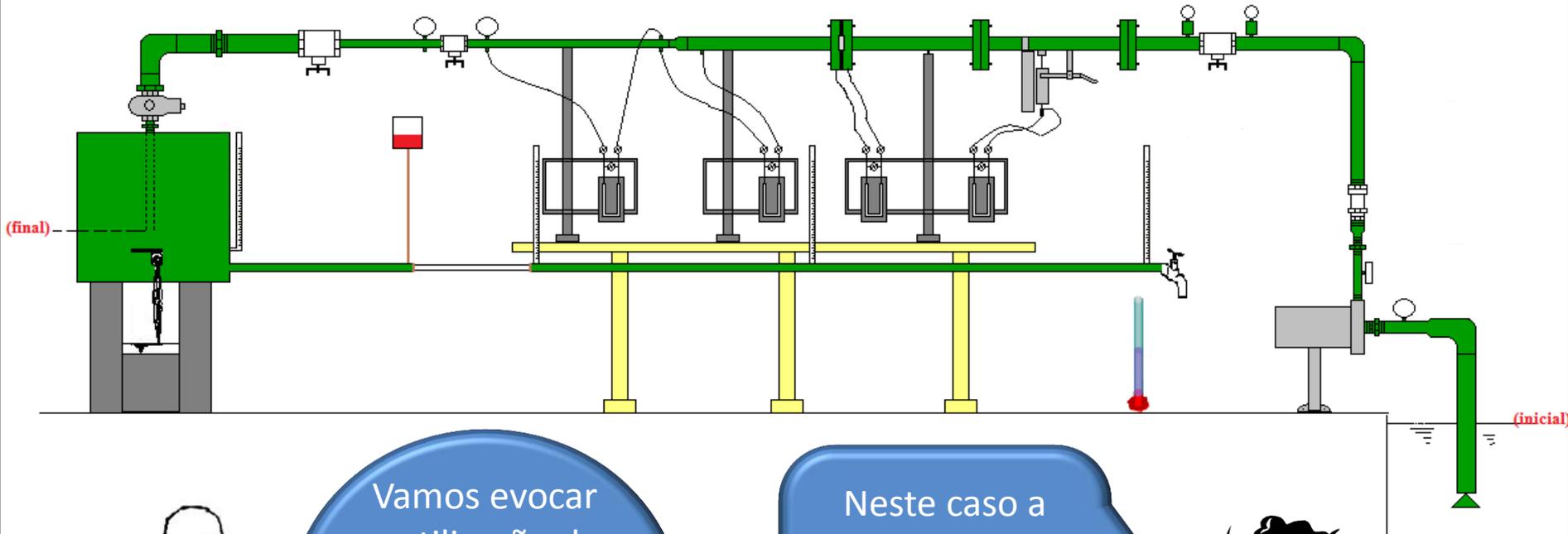


Vamos
trabalhar com
a instalação de
bombeamento
representada a
seguir.



Que também
representa uma
instalação de
recalque

Caminho tradicional da bancada 8

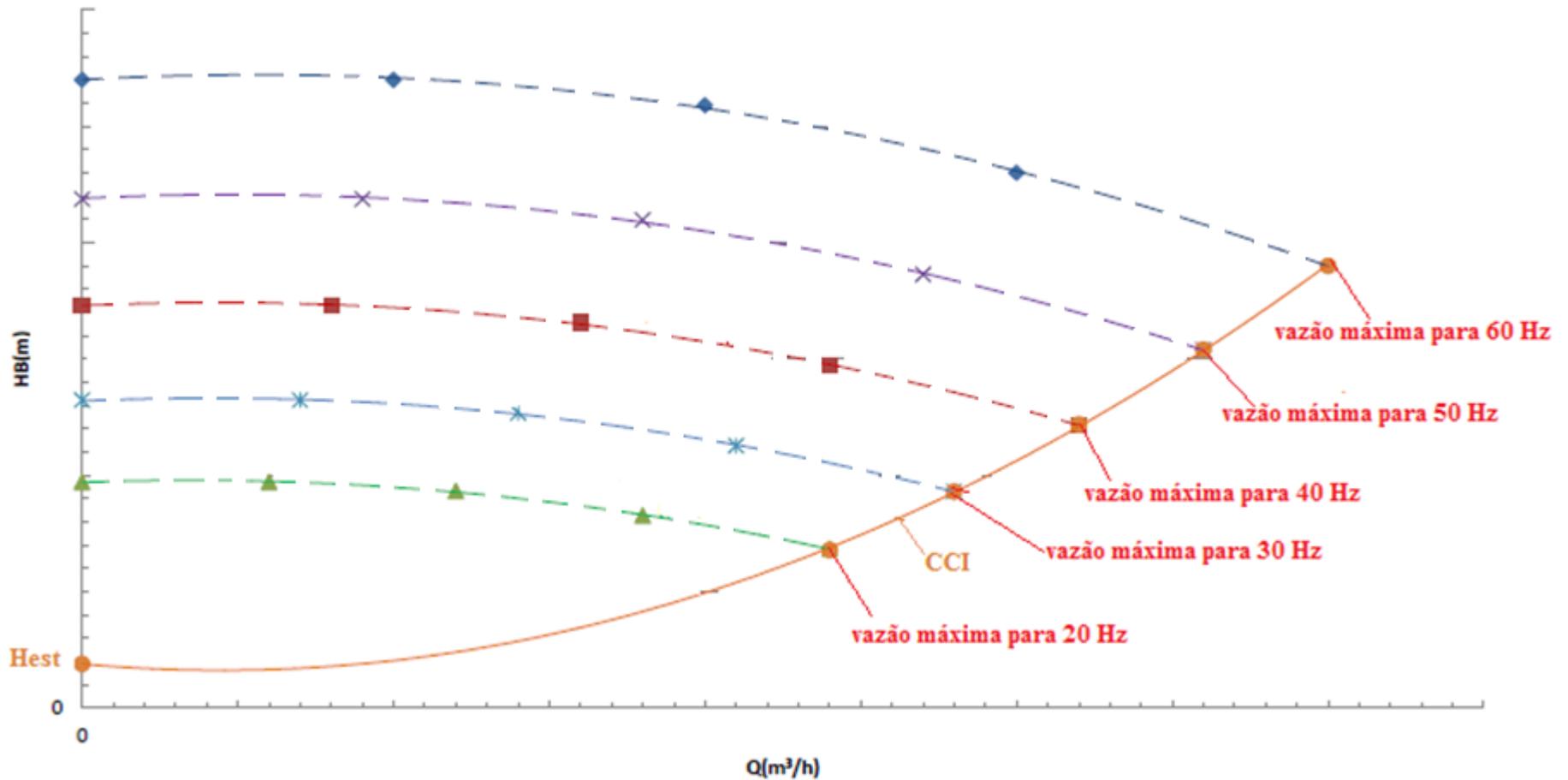


Vamos evocar a utilização do inversor de frequência para controlar a vazão.

Neste caso a CCI permanece inalterada e existe o deslocamento da CCB



O gráfico abaixo mostra o deslocamento da CCB em função da rotação.



Dados a serem coletados:



BANCADA 8

Ensaio	f (Hz)	Δh (mm)	t(s)	$P_{\text{barométrica}}$ (mmHg)	Nm (kW)	Pme (.....)	Pms (.....)
1	-						
2	25						
3	30						
4	40						
5	45						
6	50						
7	55						
8	60						

DADOS GERAIS

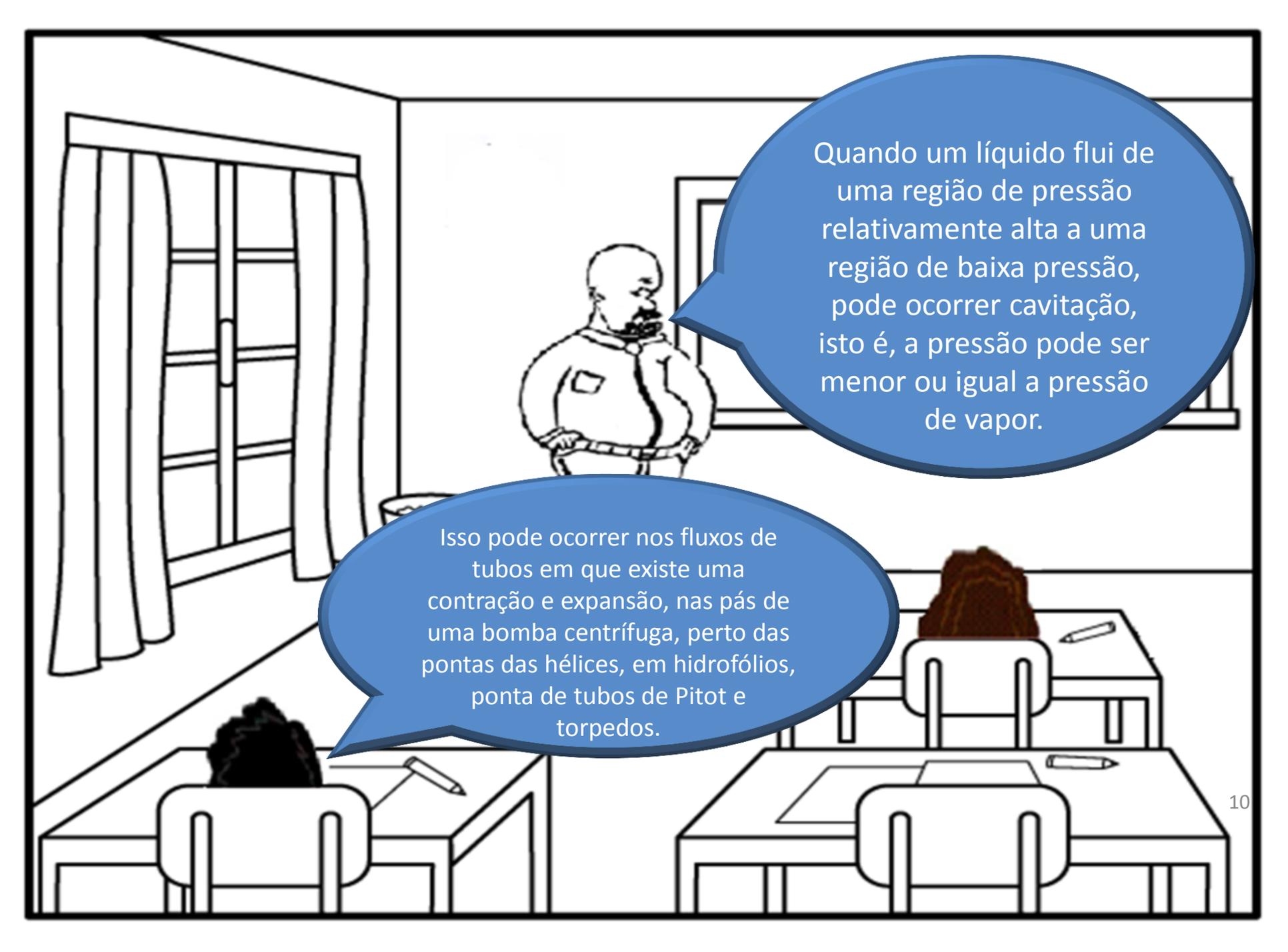
			γ (N/m ³)	
H _{estática} (m)	1,15		T (°F)	
A _{tanque} (m ²)			he _g (m)	
De (mm)			hs _g (m)	
Ds(mm)			Δz_{e-s} (m)	
Ae (cm ²)				
As (cm ²)				

Visualização da cavitação através de um venturi.



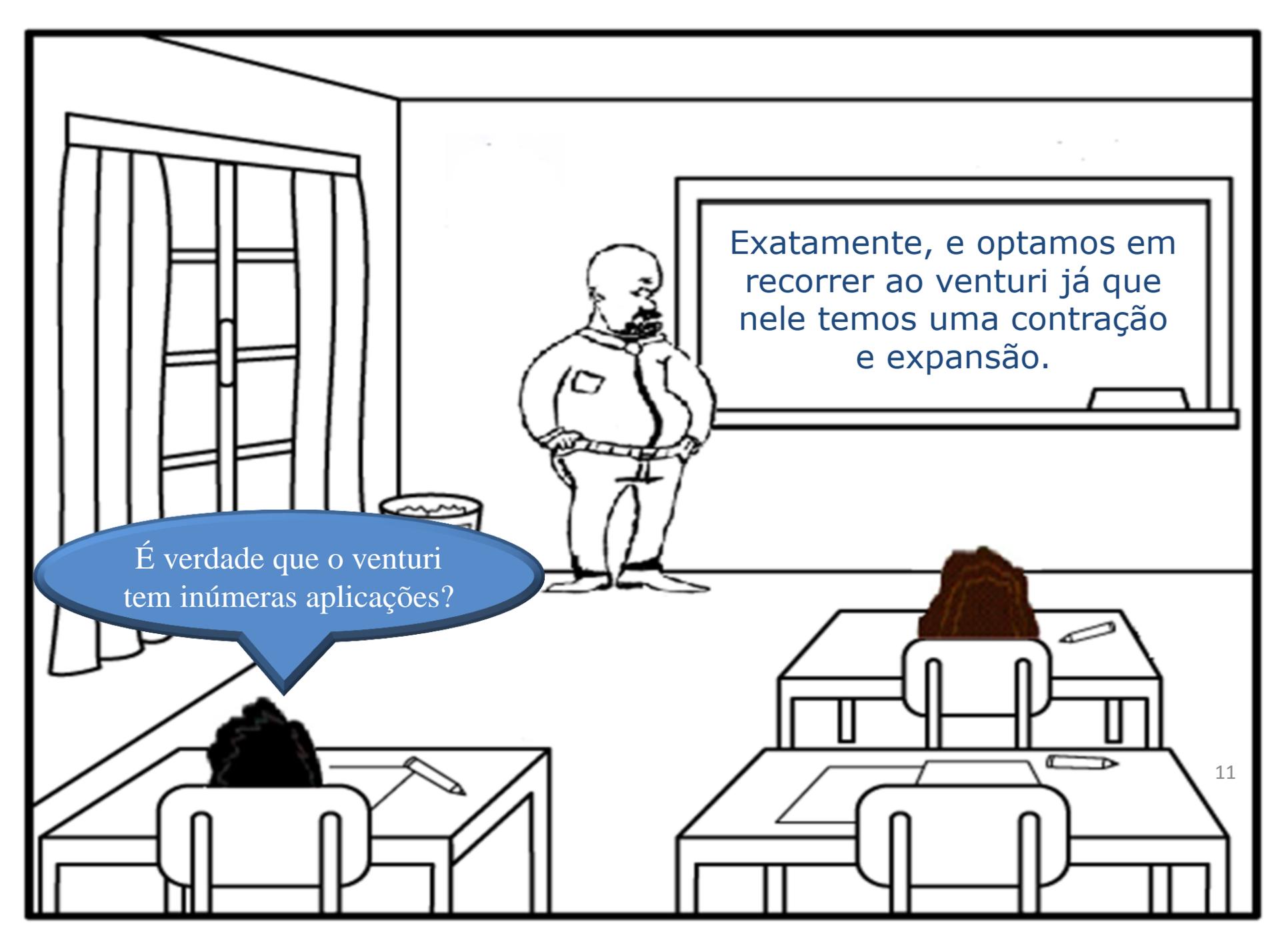
Bancada para visualização do fenômeno de cavitação através de um venturi.





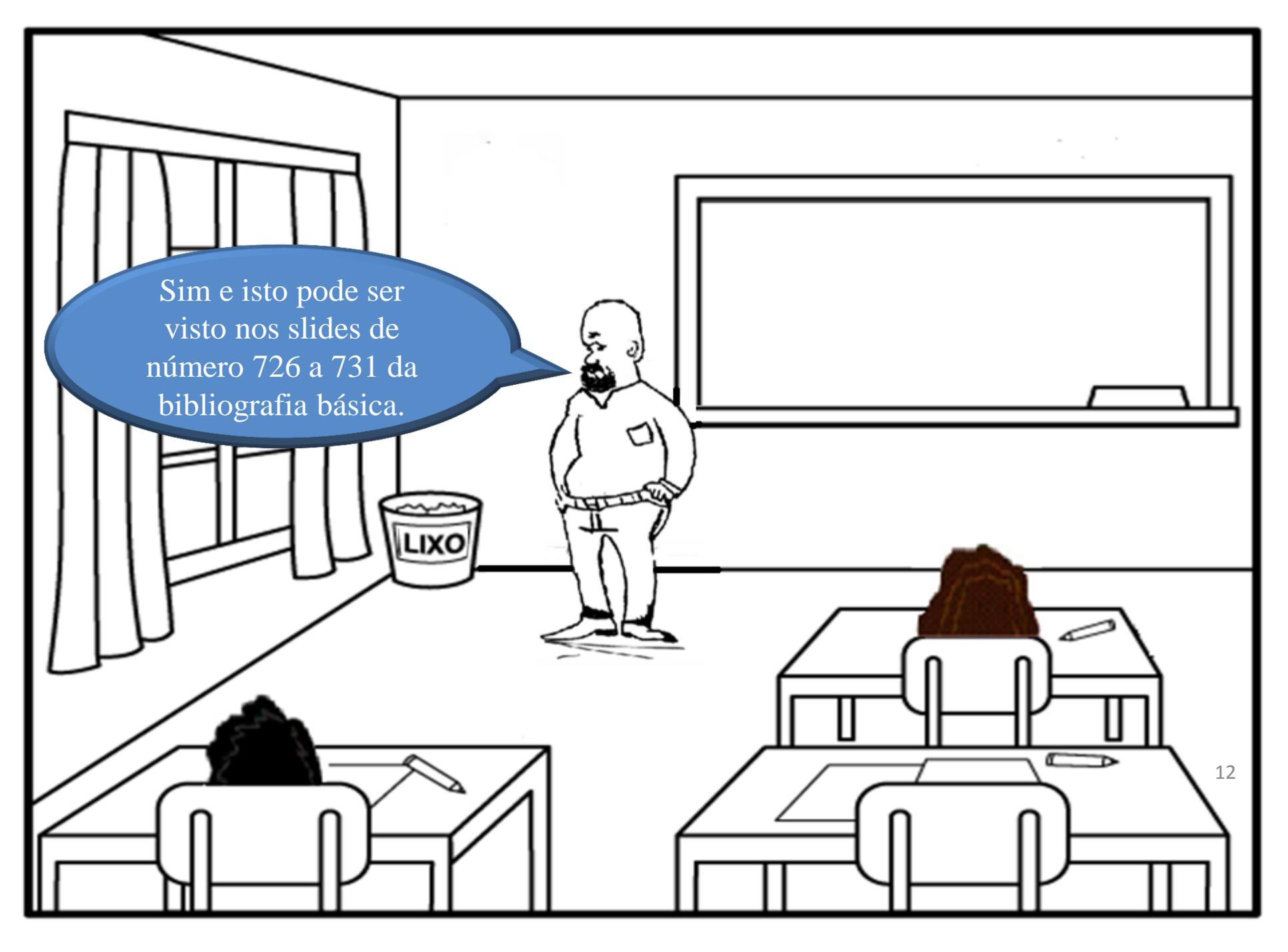
Quando um líquido flui de uma região de pressão relativamente alta a uma região de baixa pressão, pode ocorrer cavitação, isto é, a pressão pode ser menor ou igual a pressão de vapor.

Isso pode ocorrer nos fluxos de tubos em que existe uma contração e expansão, nas pás de uma bomba centrífuga, perto das pontas das hélices, em hidrofólios, ponta de tubos de Pitot e torpedos.



Exatamente, e optamos em recorrer ao venturi já que nele temos uma contração e expansão.

É verdade que o venturi tem inúmeras aplicações?



Sim e isto pode ser visto nos slides de número 726 a 731 da bibliografia básica.

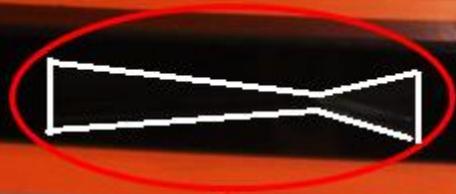
Quero enfatizar que em toda região onde temos um aumento de energia cinética e em consequência uma redução da energia de pressão este fenômeno pode ser observado, já que podemos atingir pressões menores ou iguais a pressão de vapor. É o caso da bancada utilizada no laboratório do Centro Universitário da FEI e que é mostrada nos próximos slides.



CAVITATION APPARATUS



THROAT AREA = 36.34
UPSTREAM AREA = 164.89
SAGRE HEIGHT CORRECTION = 182.5mm
FLOW ←



Venturi

CAVITATION APPARATUS



THROAT AREA = 34.24
UPSTREAM AREA = 44.89
GAUGE HEIGHT CORRECTION = 0.25 m
FLOW ←

The equipment is to be used only in accordance with the instructions in this manual.
Students using the apparatus must be properly supervised.
It is essential to inspect the unit at all times to ensure that it is in good working order.
Do not attempt to repair the apparatus without the assistance of the instructor.



Área máxima = A_1

Área mínima = A_2

THROAT AREA= 36.34mm²

UPSTREAM AREA= 144.89 mm²

GAUGE HEIGHT CORRECTION=162.5mm

FLOW





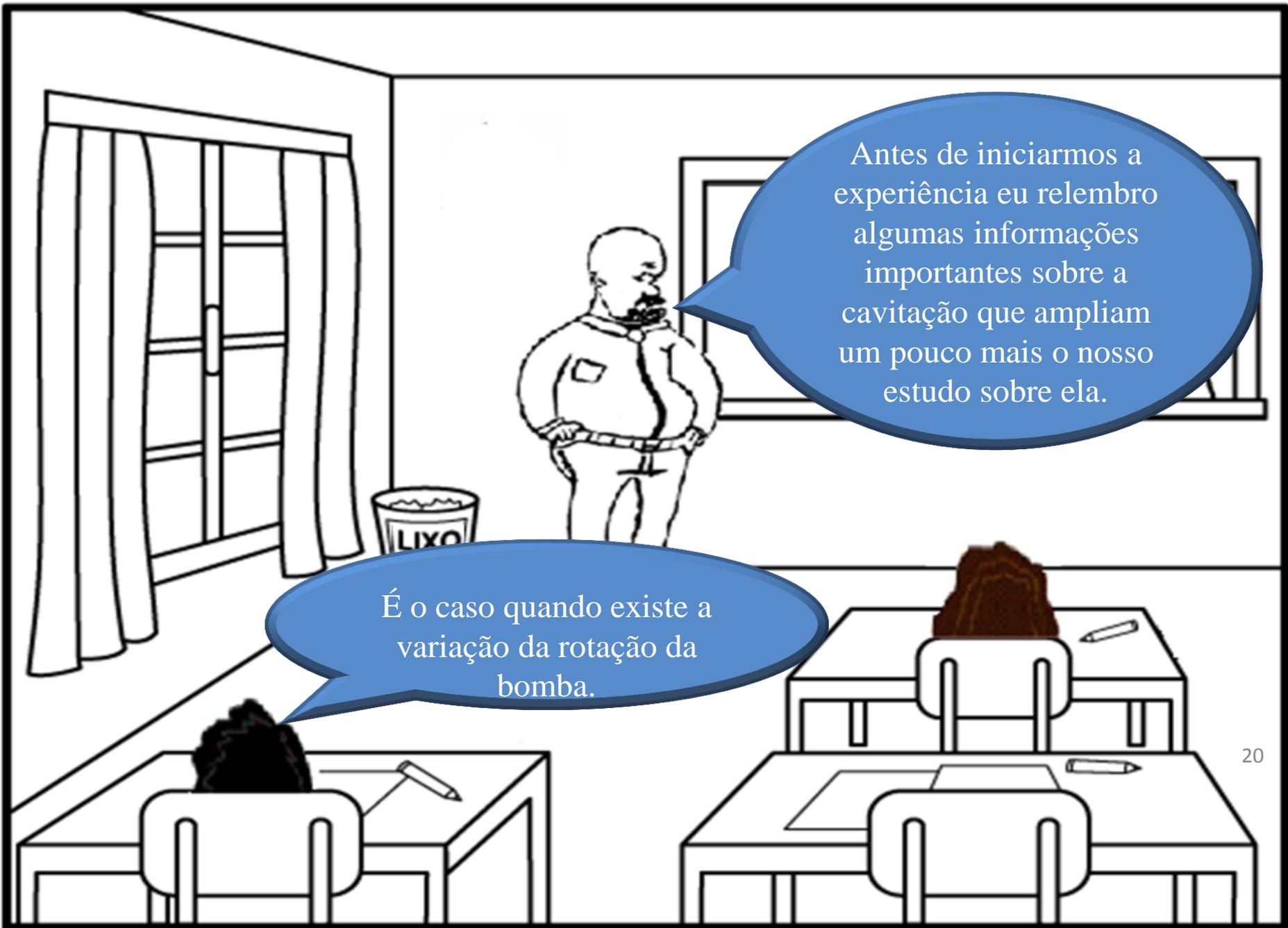
Manômetro que lê a pressão na seção de aproximação do Venturi = p_1





Vacuômetro que lê a pressão na garganta do Venturi = p_2

THROAT AREA= 36.34
UPSTREAM AREA= 144.89
GAUGE HEIGHT CORRECTION
FLOW ←



Antes de iniciarmos a experiência eu relembro algumas informações importantes sobre a cavitação que ampliam um pouco mais o nosso estudo sobre ela.

É o caso quando existe a variação da rotação da bomba.

Esta é uma primeira dificuldade que surge quando trabalhamos com rotações diferentes da fornecida pelo fabricante.

Consultando fabricantes de bomba é comum eles sugerirem a expressão:

$$\text{NPSH}_{\text{requerido}_n} = \text{NPSH}_{\text{requerido}_{n_1}} \times \left(\frac{n}{n_1} \right)^2$$

Este procedimento também é apresentado pelas normas técnicas especializadas, mas é apenas indicado para se efetuar o ajuste das curvas do $\text{NPSH} = f(Q)$ para quando as variações da rotação se limitam a 3%, ou seja:

$$0,97 \leq \frac{n}{n_1} \leq 1,03$$



Vamos partir para o desenvolvimento da experiência



CAVITATION APPARATUS



Tanque da
bancada 7



Objetivos:

1. Calcular o coeficiente de vazão no venturi;
2. Calcular o coeficiente de perda de carga singular em função do coeficiente de vazão ou o coeficiente de velocidade;
3. Obtenção da perda de carga singular do venturi;
4. Visualizar o fenômeno de cavitação
5. Calcular o número (ou índice) de cavitação.



Determinação do
coeficiente de
vazão (C_d)

$$C_d = \frac{Q_{\text{real}}}{Q_{\text{teórica}}}$$

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

$$Q_{\text{teórica}} = \frac{\pi \times D_2^2}{4} \times \sqrt{\frac{2g \times \left(\frac{p_1 - p_2}{\gamma} \right)}{1 - \left(\frac{A_2}{A_1} \right)^2}}$$



Tendo as vazões
real e teórica,
calculamos o C_d

Como calcular a perda no venturi?



$$K_S = \left(\frac{1}{C_d^2} - 1 \right) \times \left(1 - \left(\frac{A_2}{A_1} \right)^2 \right)$$

aplicado à v_2

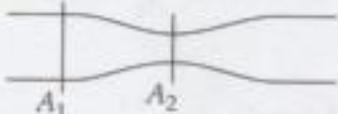
$$h_S = K_S \times \frac{v_2^2}{2g}$$

Portanto, temos que achar o coeficiente de vazão (C_d) do Venturi

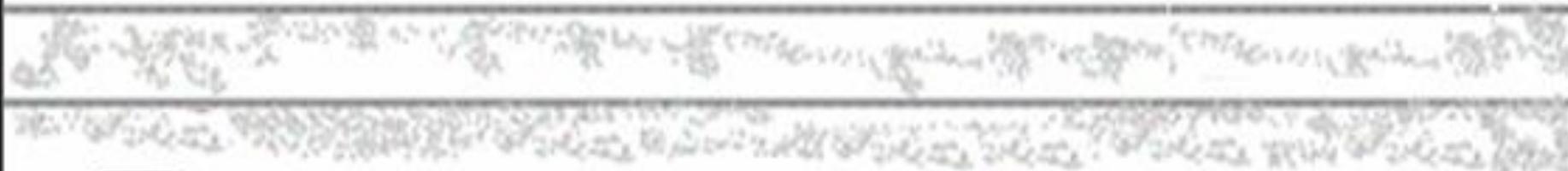


Consultando o livro: Mécanique des Fluides Appliquée pg 107, temos:



Venturi : 	$\left[\frac{1}{C_v^2} - 1 \right] \left[1 - \left(\frac{A_2}{A_1} \right)^2 \right]$ applicable à v_2
---------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Neste experimento objetivamos também calcular o número de cavitação que é um número adimensional e que é utilizado para caracterizar o potencial do escoamento em gerar a cavitação.



$$\sigma = \frac{p - p_v}{\frac{1}{2} \rho v^2}, \text{ onde :}$$

σ → número de cavitação

p → pressão estática no escoamento não perturbado (Pa)

p_v → pressão de vapor do fluido (Pa)

ρ → massa específica do fluido (kg/m³)

v → velocidade média do escoamento (m/s)



O número de cavitação pode ser considerado como a razão entre a pressão estática líquida disponível para colapsar a bolha com a pressão dinâmica disponível para iniciar a formação da bolha.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL:

1. Inicie a experiência com a válvula fechada (vazão nula) e abra-a muito lentamente para não danificar os ponteiros dos manômetro metálicos (manômetro na área máxima e vacuômetro na área mínima).
2. Regule a vazão de água através da secção de teste com o auxílio da válvula instalada a montante da área máxima do Venturi.
3. Determine vazão de água de forma direta no tanque da bancada 7.
4. Para cada vazão anote a pressão na secção máxima (p_1) e na secção mínima (p_2) do Venturi.

Equacionamento

1. Determinação das áreas (A_1 e A_2)
2. Cálculo do número “teórico” da cavitação

$$\sigma_t = \frac{p_1 - p_v}{\frac{1}{2} \rho v_2^2}$$

3. Cálculo do número experimental da cavitação

$$\sigma_{\text{exp}} = \frac{p_1 - p_2}{\frac{1}{2} \rho v_2^2}$$

4. Cálculo da vazão

$$Q = \frac{\Delta h \times A_t}{t}$$

Equacionamento (continuação)

1. Determinação das velocidades

$$v_1 = \frac{Q}{A_1} \rightarrow v_2 = \frac{Q}{A_2}$$

Aí é construir a
tabela de dados e
resultados
apresentada no
próximo slide.



THROAT AREA= 36.34mm²
UPSTREAM AREA= 144.89 mm²
GAUGE HEIGHT CORRECTION=162.5mm
FLOW ←

Tabela de dados:

Ensaio	P_{m1} (bar)	P_{m2} (bar)	Δh (mm)	t (s)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				

Tabela de resultados:

Ensaio	Q_{REAL} (m ³ /s)	$Q_{\text{TEÓRICA}}$ (m ³ /s)	Cd	Ks	v_2 (m/s)	σ_t	σ_{exp}
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							