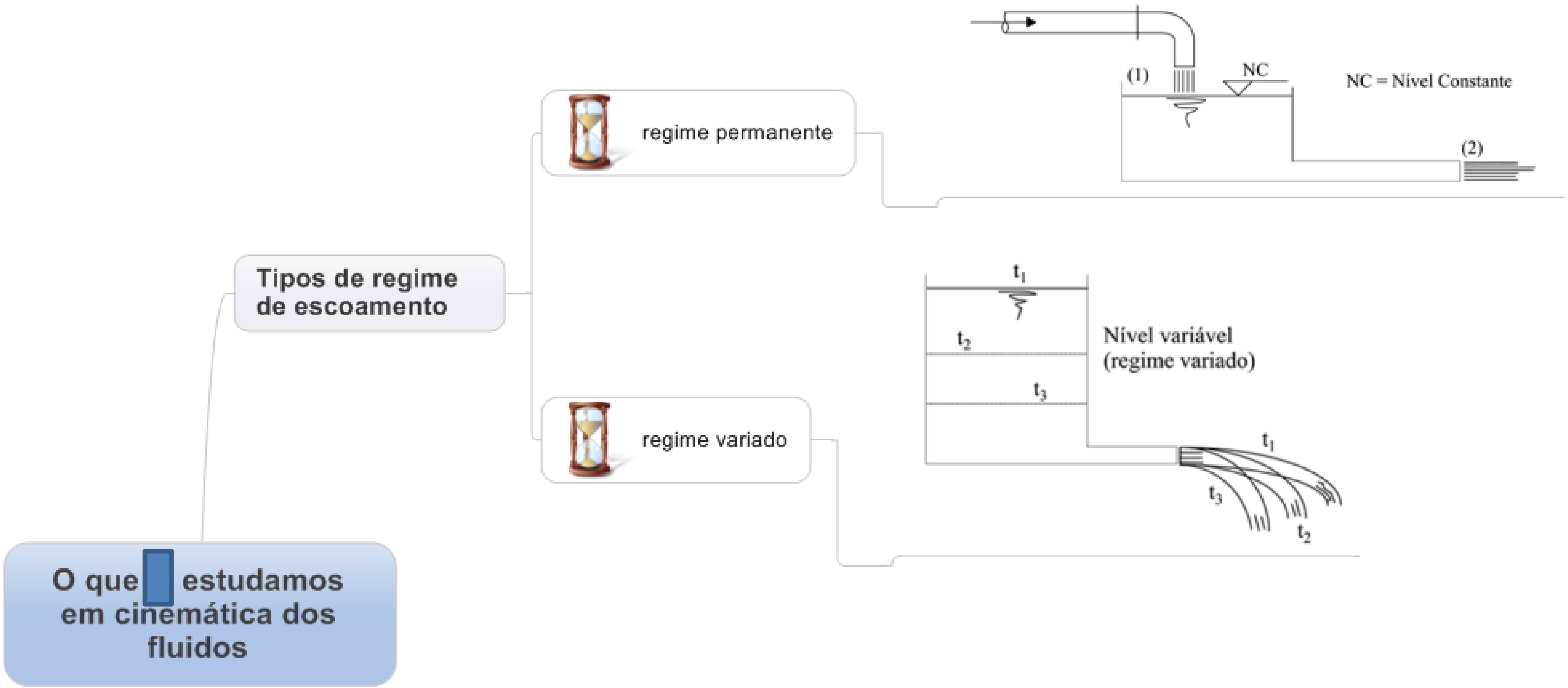
Décima primeira aula de FT

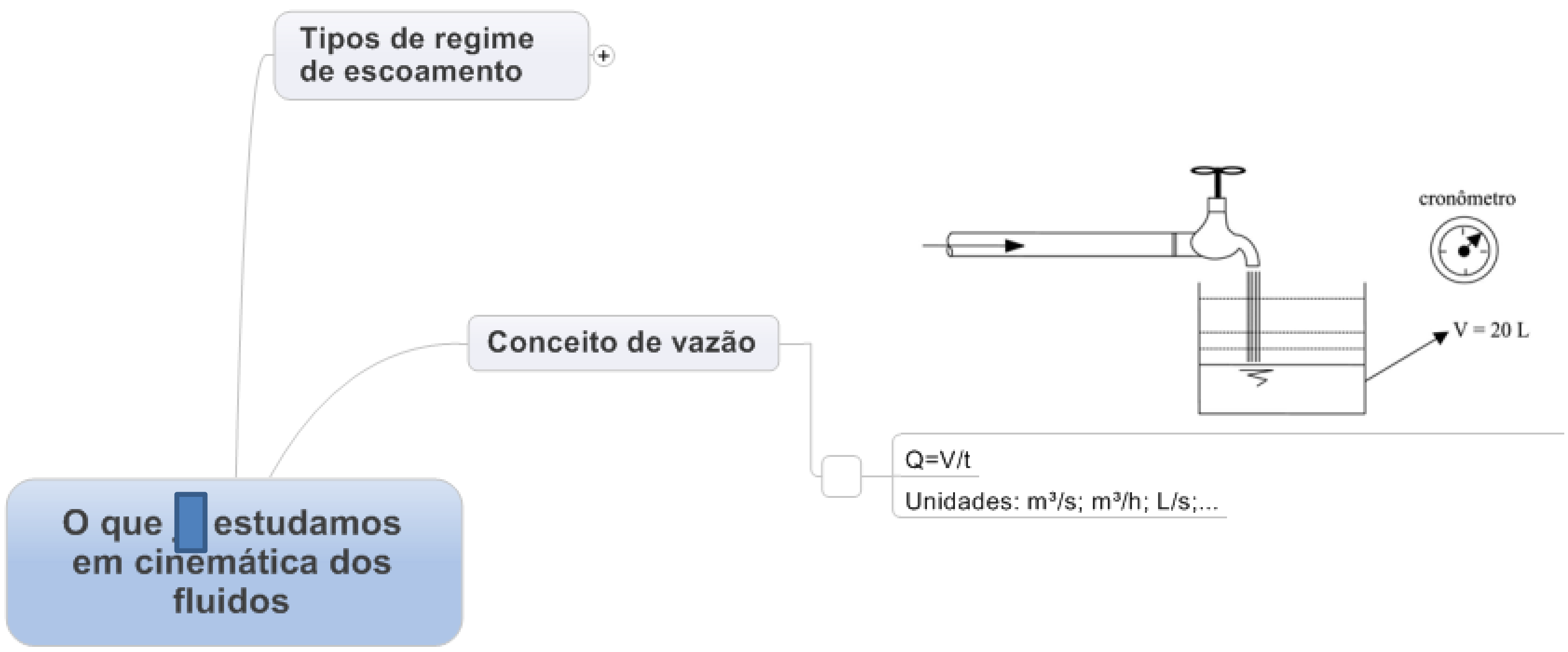
Raimundo (Alemão) Ferreira Ignácio

CINEMÁTICA DOS FLUIDOS

CINEMÁTICA DOS FLUIDOS



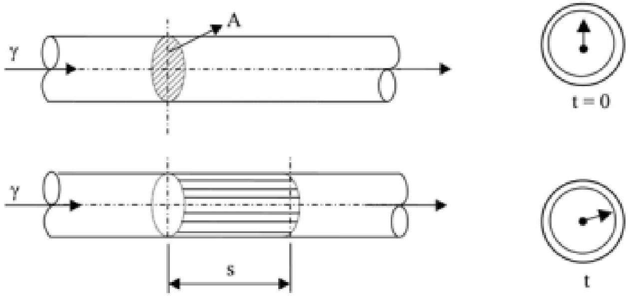
CINEMÁTICA DOS FLUIDOS



CINEMÁTICA DOS FLUIDOS

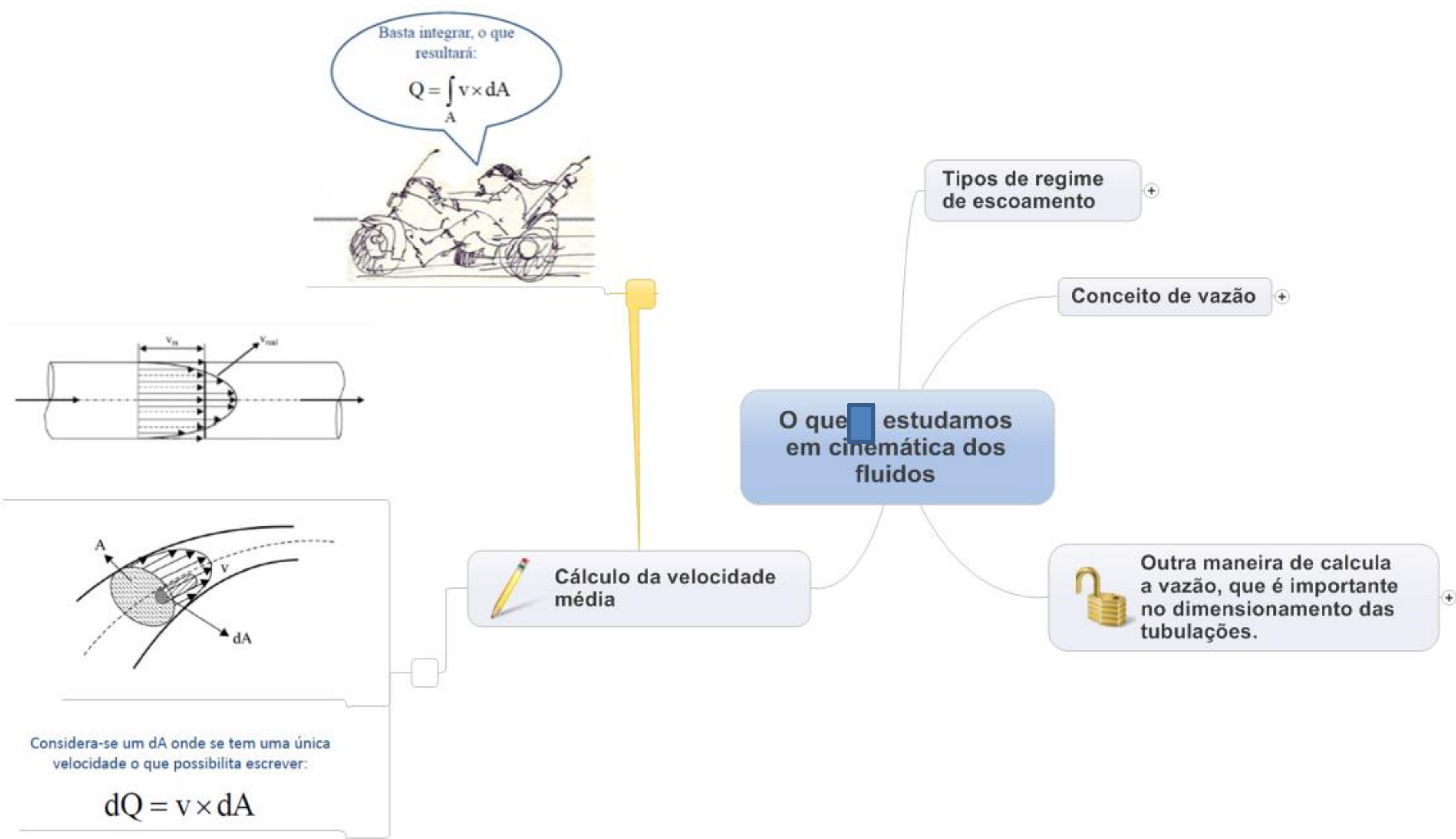
O que estudamos em cinemática dos fluidos

- Tipos de regime de escoamento
- Conceito de vazão
- Outra maneira de calcula a vazão, que é importante no dimensionamento das tubulações.

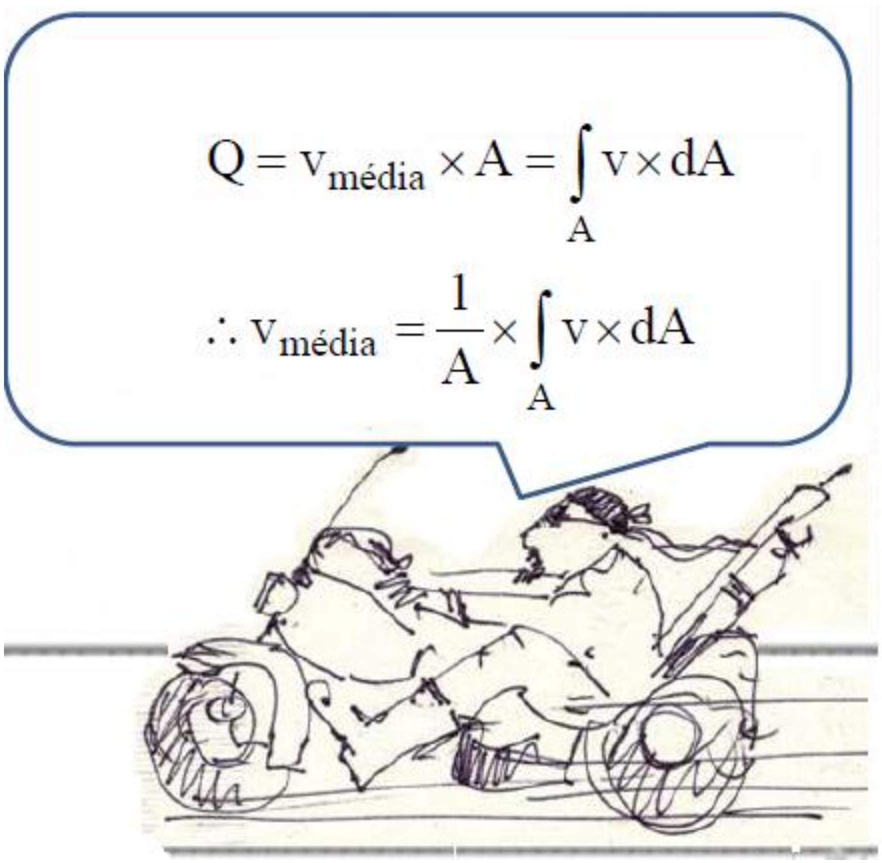


Q=v*A
v= velocidade média do escoamento

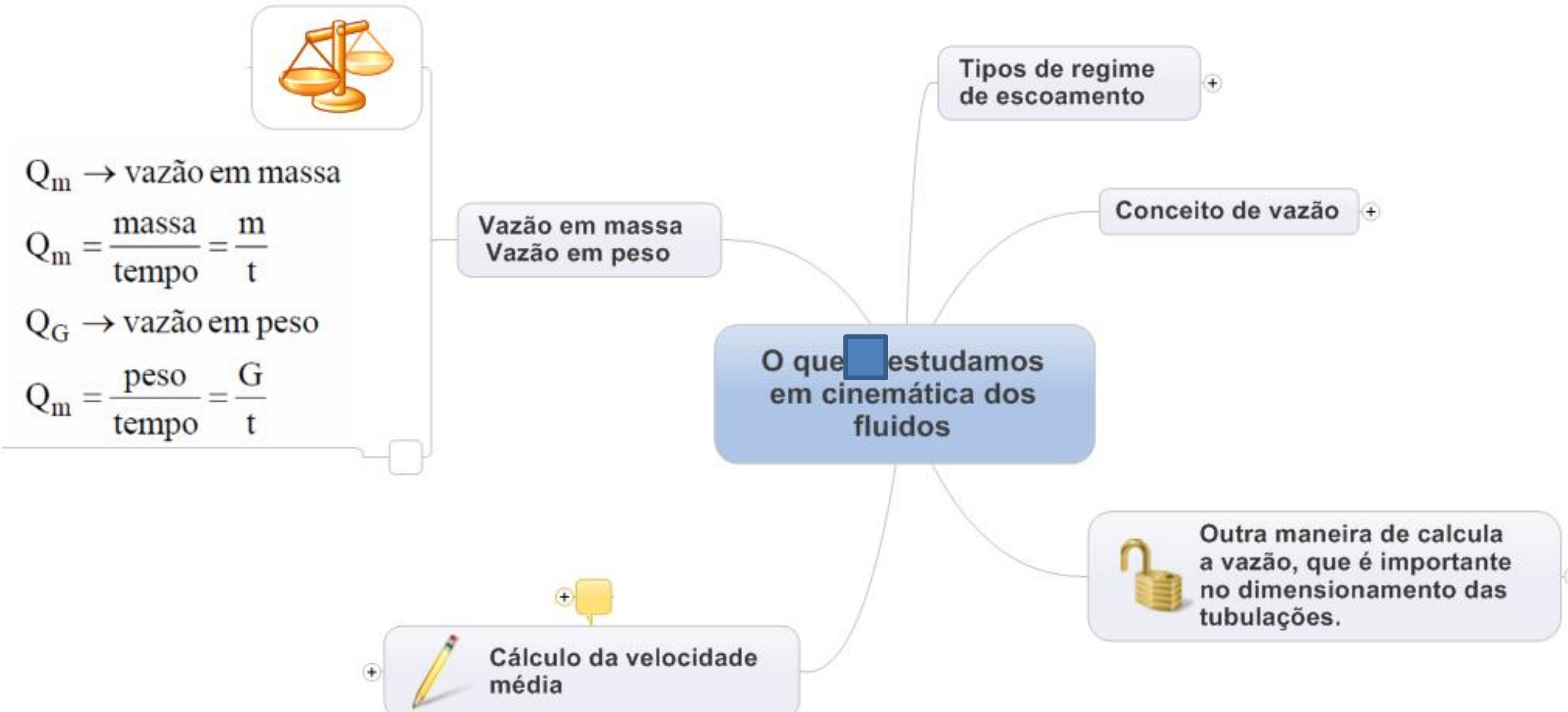
CINEMÁTICA DOS FLUIDOS

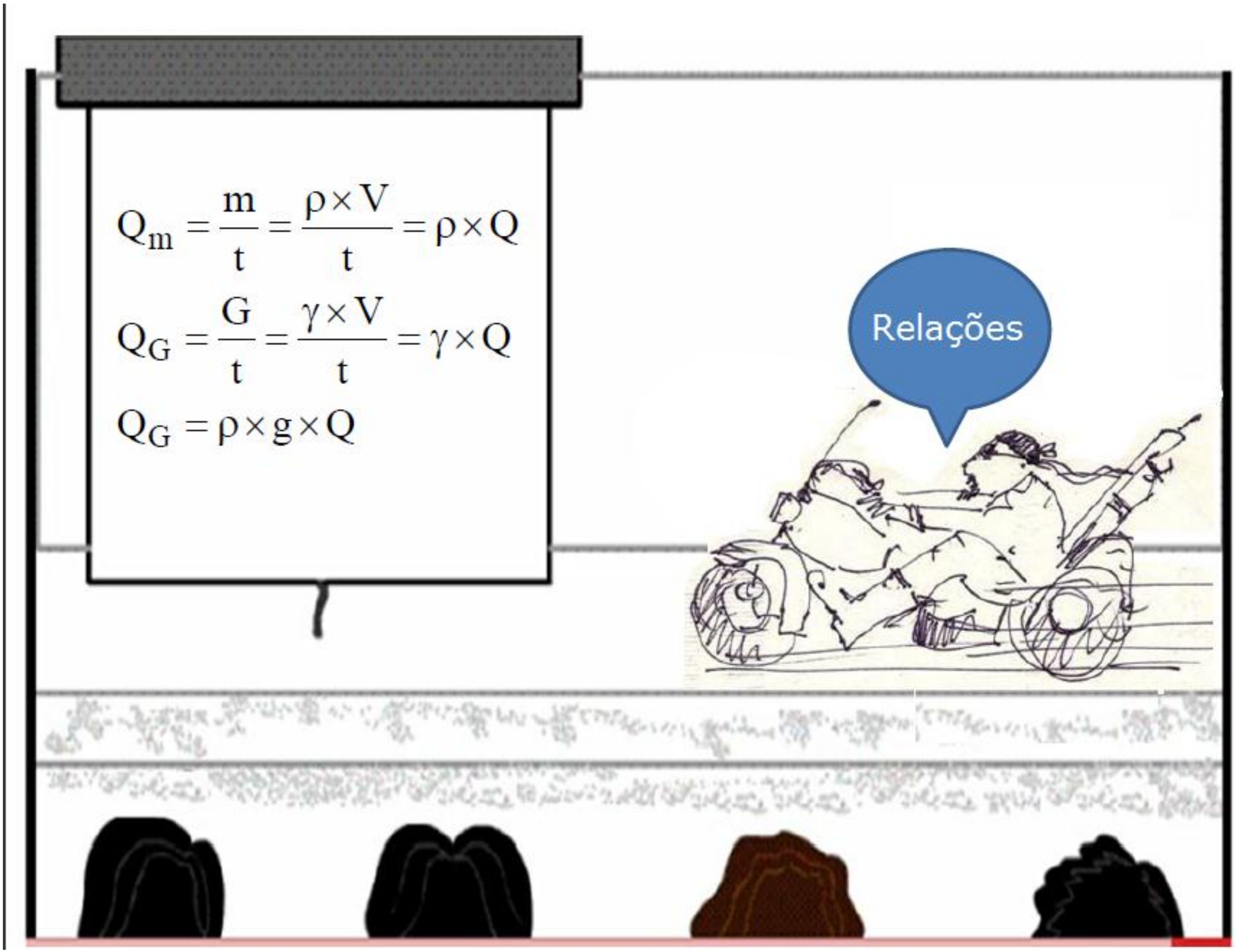


CALCULANDO A VELOCIDADE MÉDIA



CINEMÁTICA DOS FLUIDOS




$Q_m = \frac{m}{t} = \frac{\rho \times V}{t} = \rho \times Q$
$Q_G = \frac{G}{t} = \frac{\gamma \times V}{t} = \gamma \times Q$
$Q_G = \rho \times g \times Q$
Relações

Unidades no SI, MK*S e CGS

Variável	SI	MK* S	CGS
Q	m^3/s	m^3/s	cm^3/s
Q_m	kg/s	utm/s	g/s
Q_G	N/s	kgf/s	Dina/s

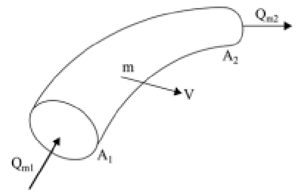
Relações:

$$1\frac{m^3}{s}=10^6\frac{cm^3}{s}=1000\frac{L}{s}$$

$$1\frac{utm}{s}=9{,}8\frac{kg}{s}=9800\frac{g}{s}$$

$$1\frac{kgf}{s}=9{,}8\frac{N}{s}=9{,}8\times10^5\frac{dina}{s}$$

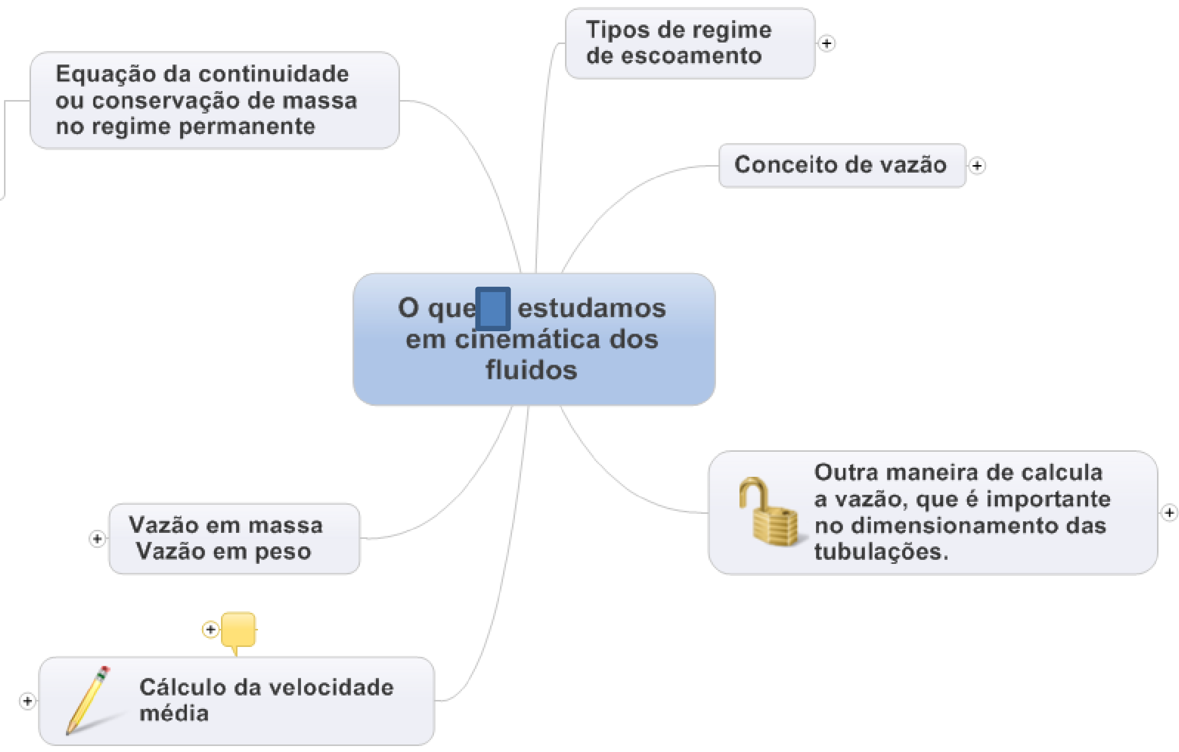
CINEMÁTICA DOS FLUIDOS



$$\sum_{\text{entram}} Q_{m_i} = \sum_{\text{saem}} Q_{m_j}$$

$$\sum_{\text{entram}} \rho_i \times Q_i = \sum_{\text{saem}} \rho_j \times Q_j$$

$$\sum_{\text{entram}} \rho_i \times v_i \times A_i = \sum_{\text{saem}} \rho_j \times v_j \times A_j$$



Para uma entrada e uma saída, temos:

$$Q_{m_{entra}} = Q_{m_{saí}}$$

$$\rho_{entra} \times Q_{entra} = \rho_{saí} \times Q_{saí}$$

$$\rho_{entra} \times v_{entra} \times A_{entra} = \rho_{saí} \times v_{saí} \times A_{saí}$$

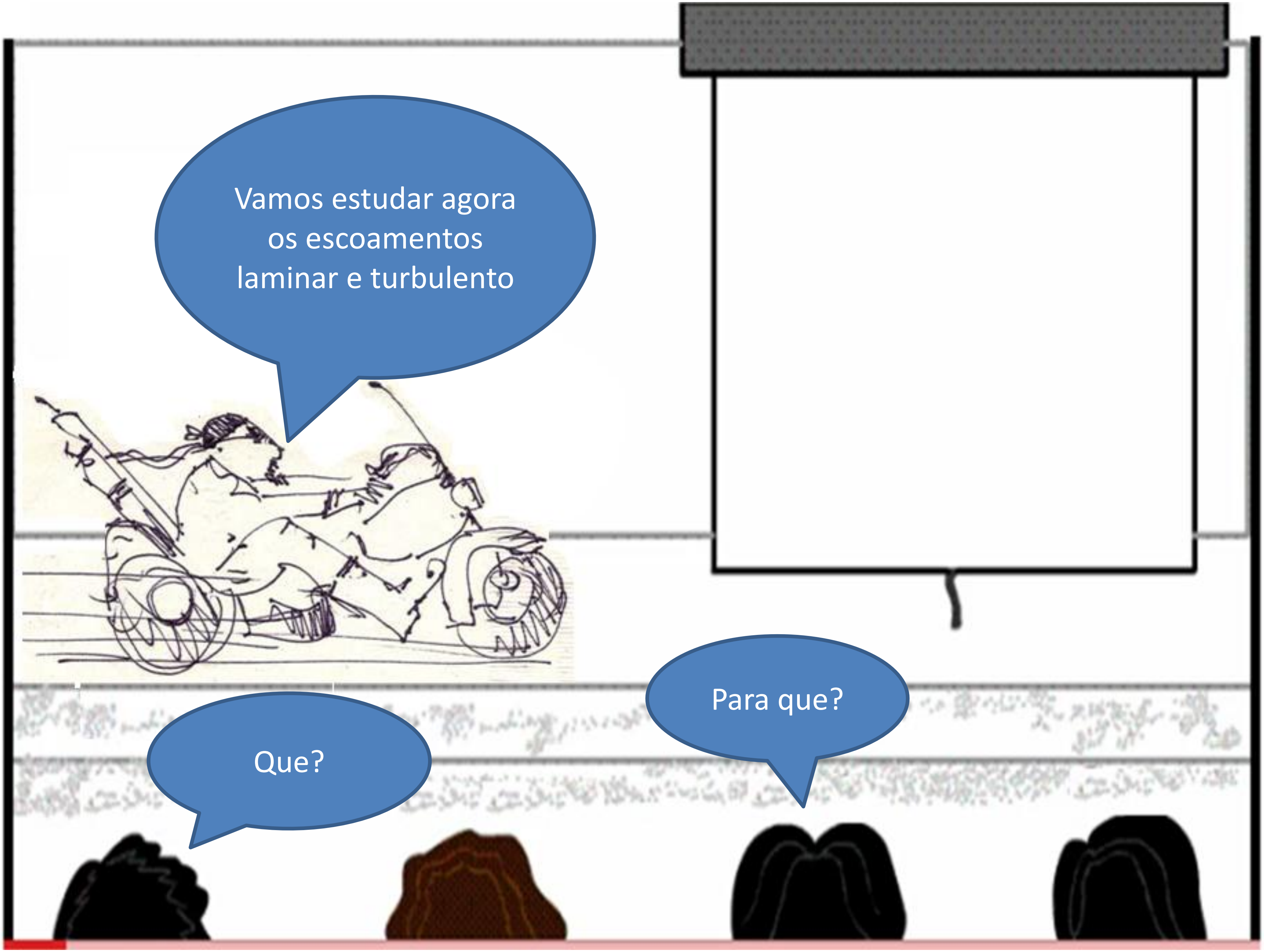
Se for um fluido incompressível, temos:

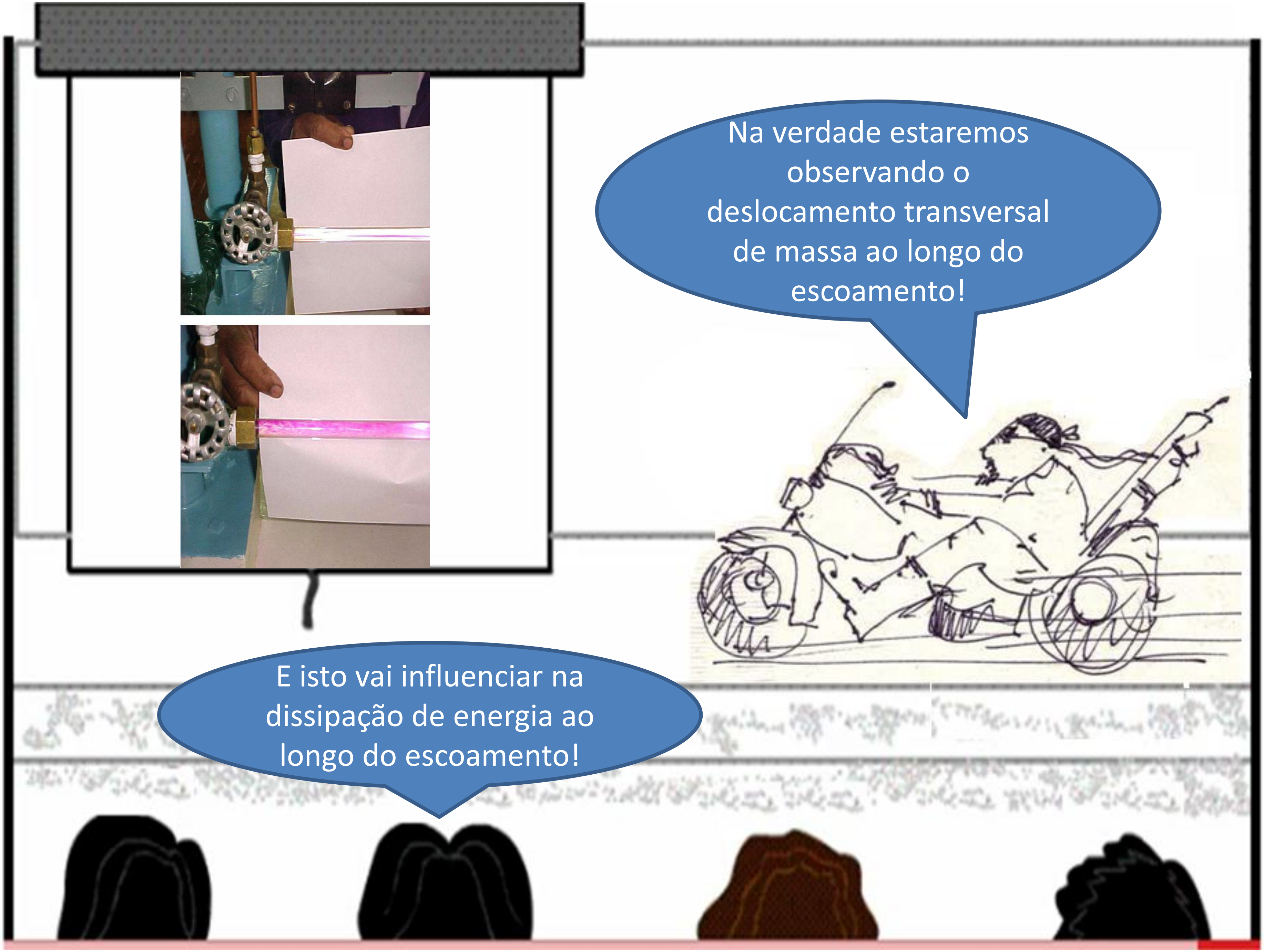
$$\rho_{entra} = \rho_{saí} = \text{cons tan te}$$

$$v_{entra} \times A_{entra} = v_{saí} \times A_{saí}$$

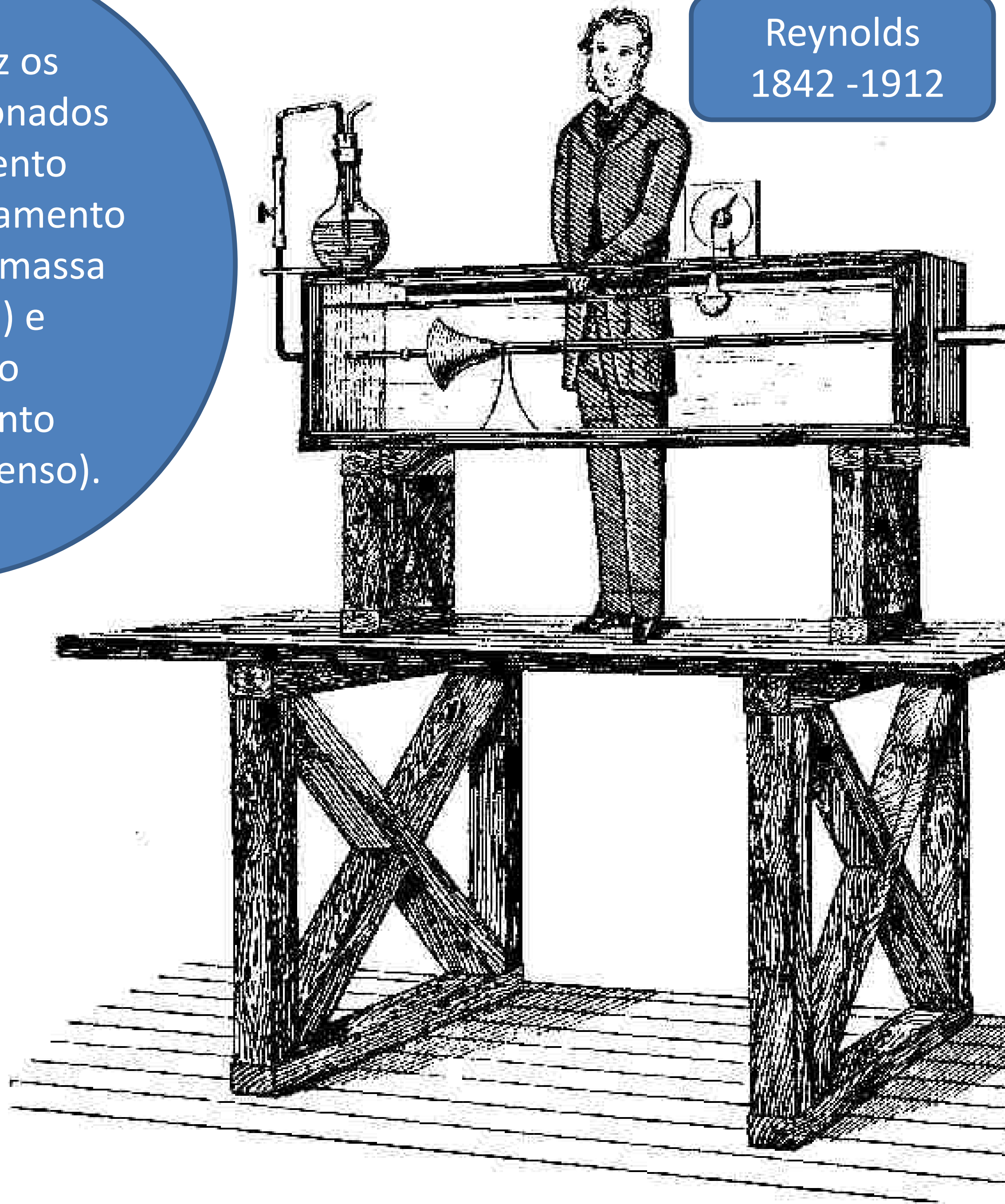
Insiste-se na idéia do regime permanente, já que a eliminação da variável tempo simplifica o estudo e a solução dos problemas e, de certa forma, resolve a maioria dos problemas práticos.

O aprofundamento do estudo será feito no Capítulo 10 da bibliografia básica, quando o leitor já tiver uma melhor compreensão do assunto, com as limitações impostas nos primeiros capítulos.


Vamos estudar agora os escoamentos laminar e turbulento
Que?
Para que?

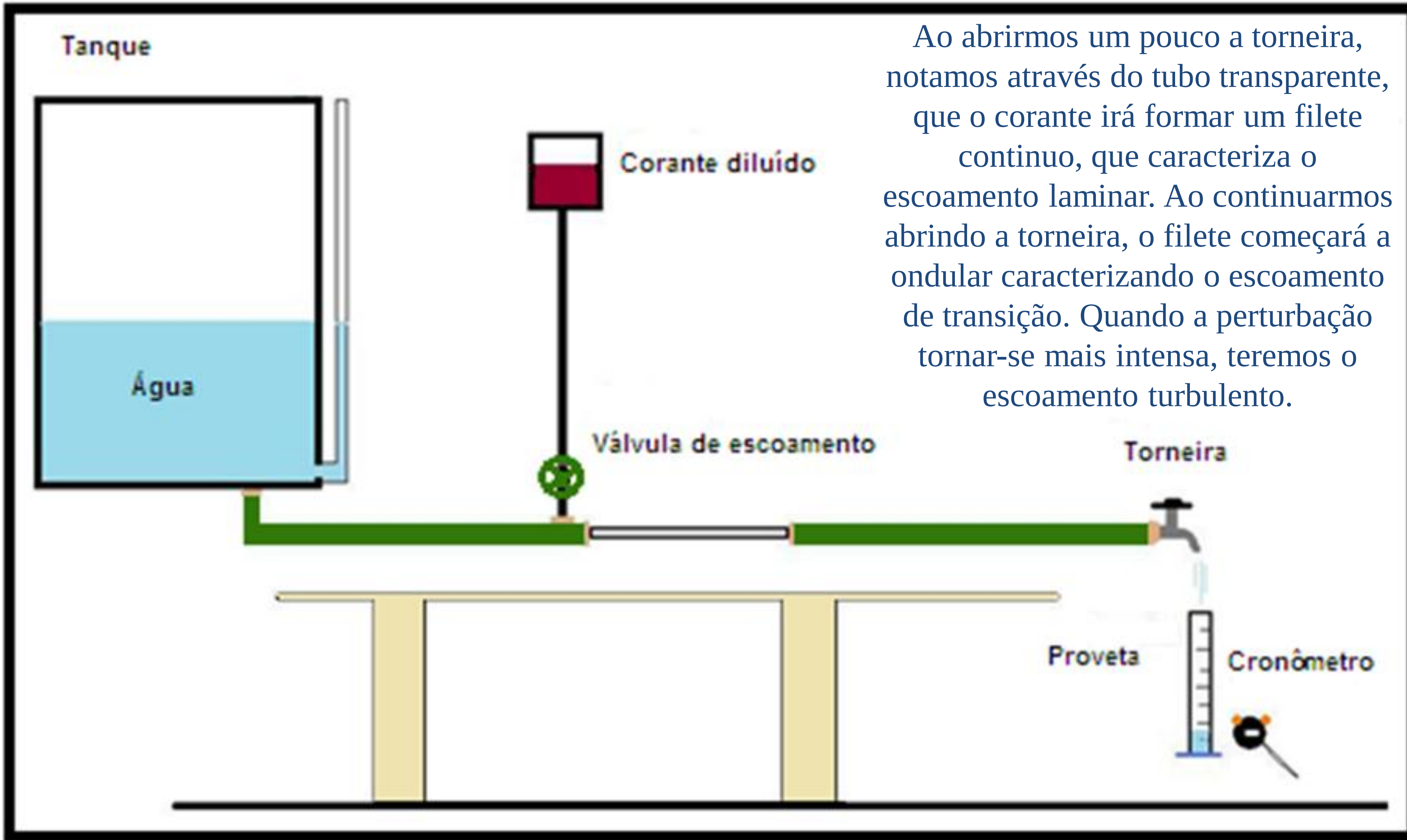

Na verdade estaremos observando o deslocamento transversal de massa ao longo do escoamento!
E isto vai influenciar na dissipação de energia ao longo do escoamento!

Reynolds fez os estudos relacionados aos escoamento laminar (deslocamento transversal de massa desprezível) e turbulento (deslocamento transversal intenso).



Reynolds
1842 -1912

Um exemplo de bancada atual está representado abaixo:



Ao abrirmos um pouco a torneira, notamos através do tubo transparente, que o corante irá formar um filete continuo, que caracteriza o escoamento laminar. Ao continuarmos abrindo a torneira, o filete começará a ondular caracterizando o escoamento de transição. Quando a perturbação tornar-se mais intensa, teremos o escoamento turbulento.

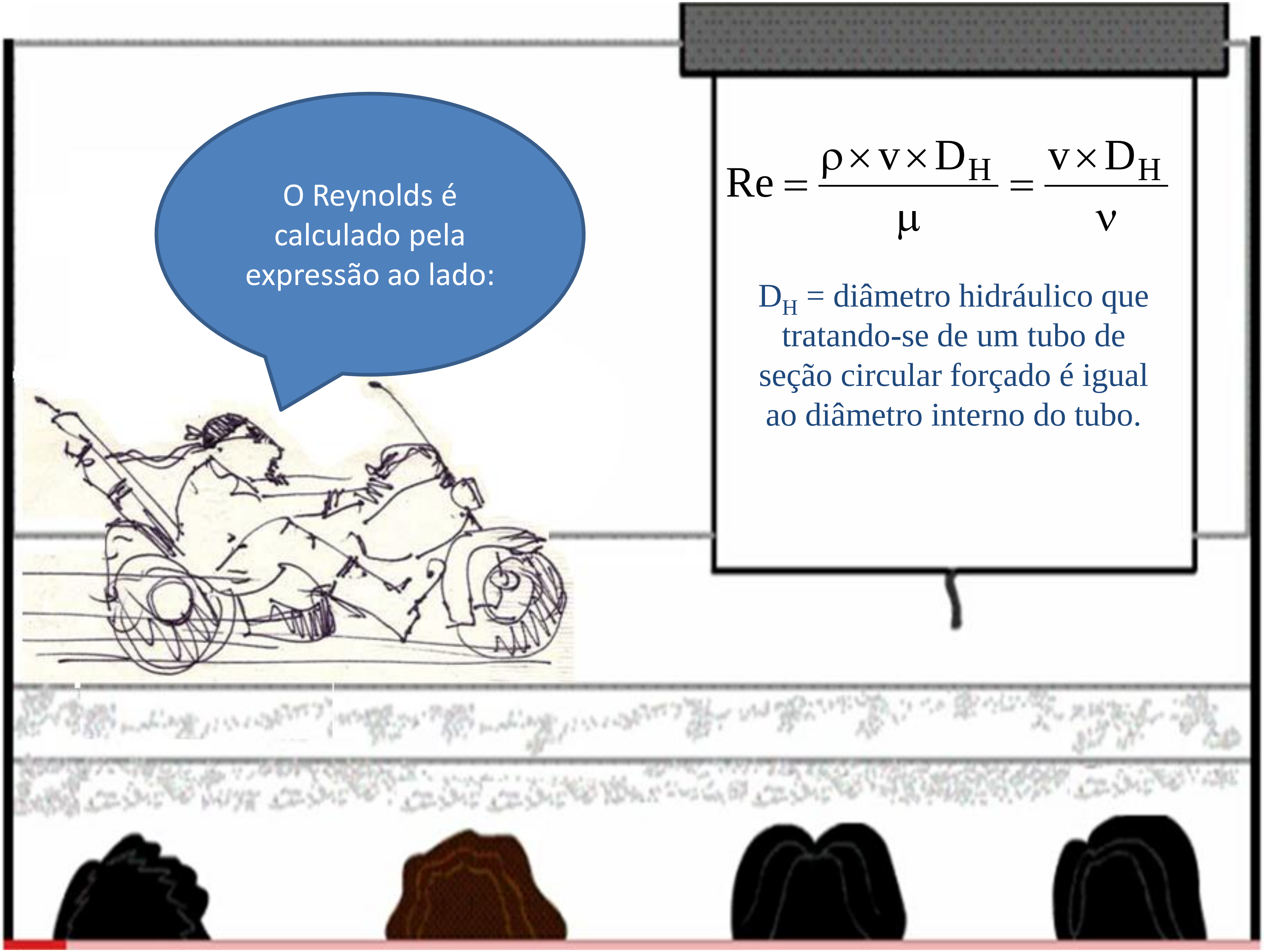
Reynolds observou que o fenômeno ensaiado, dependia das seguintes variáveis:
ρ - massa específica do fluido;
v - velocidade média do escoamento;
D - diâmetro interno da tubulação;
μ - viscosidade do fluido.

Através da análise adimensional ele obteve o chamado número de Reynolds (Re) e estabeleceu:

- para $Re \leq 2000$ - escoamento laminar;
- para $2000 < Re < 2400$ - escoamento de transição;
- para $Re \geq 2400$ - escoamento turbulento.

Hoje, considerando a ABNT, temos:

- para $Re \leq 2000$ - escoamento laminar;
- para $2000 < Re < 4000$ - escoamento de transição;
- para $Re \geq 4000$ - escoamento turbulento.

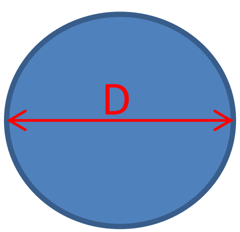

O Reynolds é calculado pela expressão ao lado:
$$Re = \frac{\rho \times v \times D_H}{\mu} = \frac{v \times D_H}{\nu}$$
D_H = diâmetro hidráulico que tratando-se de um tubo de seção circular forçado é igual ao diâmetro interno do tubo.

Diâmetro hidráulico

$$D_H = 4 \times \frac{\text{área da seção formada pelo fluido}\,(A)}{\text{perímetro molhado}\,(\sigma)}$$

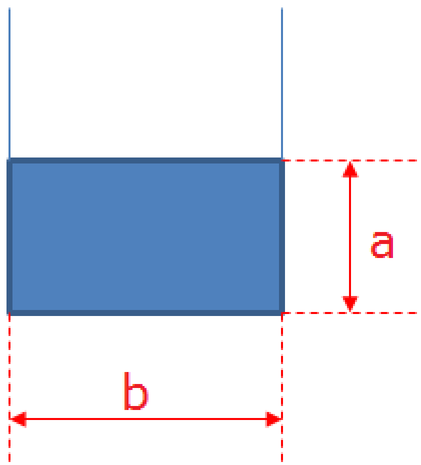
$$\text{perímetro molhado}\,(\sigma) = \text{perímetro formado pelo contato do fluido com parede}$$

No conduto circular forçado tanto podemos trabalhar com o diâmetro interno como com o diâmetro hidráulico.



$$D_H = 4 \times \frac{\pi \times R^2}{2\pi \times R} = 2R = D$$

Outro exemplo de cálculo do diâmetro hidráulico:



$$D_H = 4 \times \frac{a \times b}{2a + b}$$

Calculado o diâmetro hidráulico podemos calcular o número de Reynolds e classificar o escoamento em laminar, transição ou turbulento.

Assista a experiência de Reynolds no YouTube.

Exercícios

3.1 No escoamento laminar de um fluido em condutos circulares, o diagrama de velocidades é representado pela equação $v = v_{max}\left[1-\left(\frac{r}{R}\right)^2\right]$, onde v_{max} é a velocidade no eixo do conduto, R é o raio do conduto e r é um raio genérico para o qual a velocidade v é genérica. Verificar que $v_m/v_{max} = 0{,}5$, onde v_m = velocidade média na seção.

3.2 No escoamento turbulento de um fluido em condutos circulares, o diagrama de velocidades é dado pela equação $v = v_{max}\left(1-\frac{r}{R}\right)^{1/7}$, onde todas as grandezas têm o mesmo significado do Exercício 3.1. Verificar que $v_m/v_{max} = 49/60$.

Os exercícios 3.3, 3.4, 3.5 e 3.6 foam propostos na aula anterior.

Exercícios

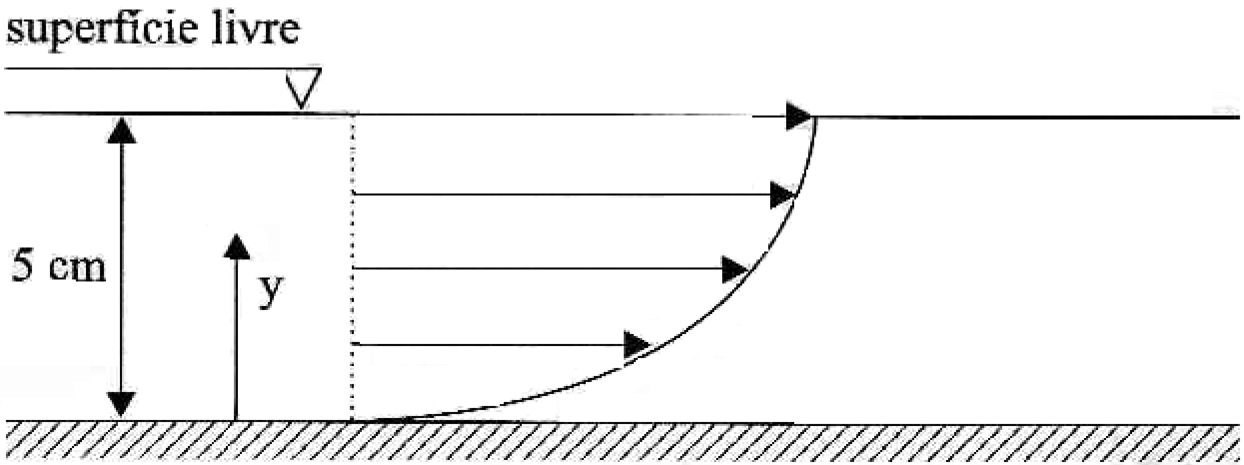
3.14 O esquema a seguir corresponde à seção longitudinal de um canal de 25 cm de largura. Admitindo escoamento bidimensional e sendo o diagrama de velocidades dado por $v = 30y - y^2$ (y em cm; v em cm/s), bem como o fluido de peso específico: 0,9 N/L e viscosidade cinemática: 70 cSt e $g = 10\ m/s^2$, determinar:

a) o gradiente de velocidade para y = 2 cm;

b) a máxima tensão de cisalhamento na seção (N/m^2);

c) a velocidade média na seção em cm/s;

d) a vazão em massa na seção.



Resp.: a) 26 s^{-2}; b) 1,89 N/m^2; c) 66,7 cm/s; d) 7,354 kg/s

Exercícios

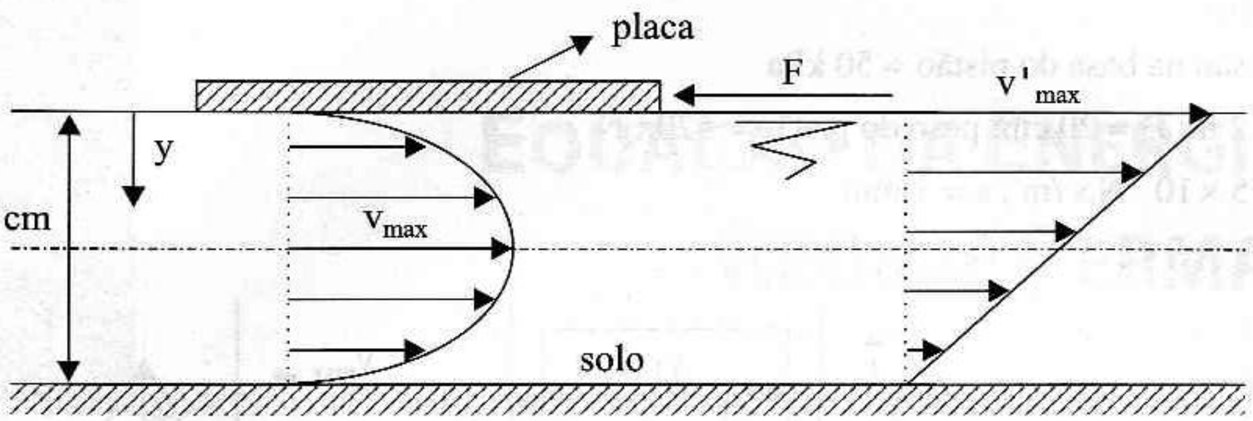
3.16 A placa da figura tem uma área de 2 m^2 e espessura desprezível. Entre a placa e o solo existe um fluido que escoa formando um diagrama de velocidades bidimensional dado por $v = 20y\, v_{max}(1 - 5y)$. A viscosidade dinâmica do fluido é 10^{-2} N.s/m^2 e a velocidade máxima é 2 m/s.

a) Qual é o gradiente de velocidade junto ao solo?

b) Qual é a força necessária para manter a placa em equilíbrio estático?

c) Qual é a velocidade média?

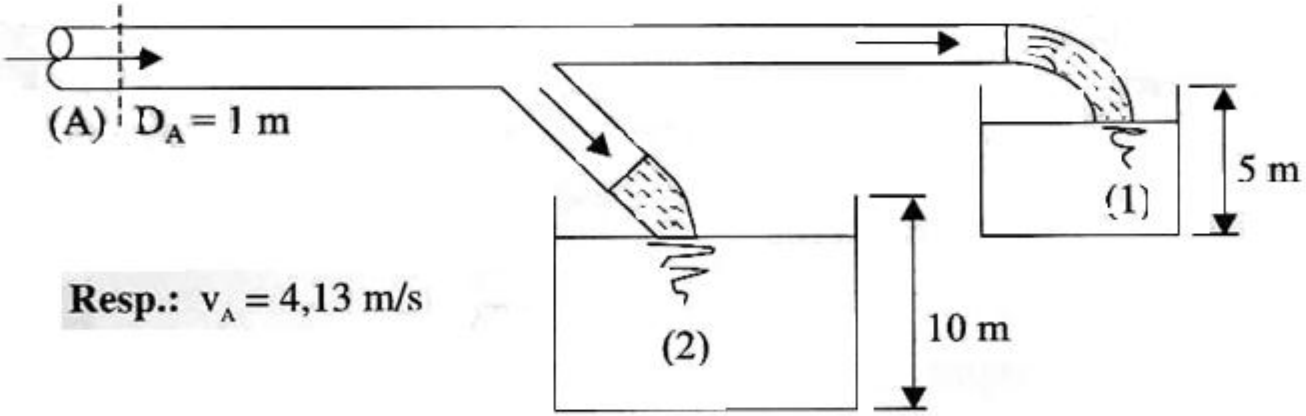
d) Fora do contato da placa, o diagrama de velocidades é considerado linear bidimensional. Qual é a velocidade máxima?



Resp.: a) $-40\ s^{-1}$; 0,8 N; c) 1,33 m/s; d) 2,66 m/s

Exercícios

3.9 Os reservatórios da figura são cúbicos. São enchidos pelos tubos, respectivamente, em 100 s e 500 s. Determinar a velocidade da água na seção (A), sabendo que o diâmetro do conduto nessa seção é 1 m.



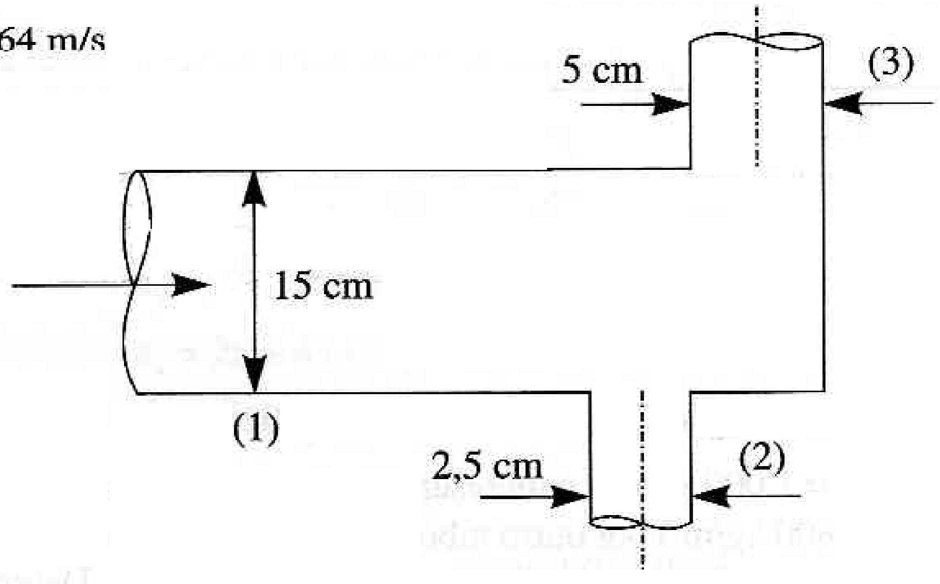
Resp.: $v_A = 4{,}13$ m/s

Exercícios

3.10 A água escoa por um conduto que possui dois ramais em derivação. O diâmetro do conduto principal é 15 cm e os das derivações são 2,5 cm e 5 cm, respectivamente. O perfil das velocidades no conduto principal é dado por: $v = v_{max\,1}\left[1-\left(\frac{r}{R_1}\right)^2\right]$ e nas derivações por: $v = v_{max\,2,3}\left(1-\frac{r}{R_{2,3}}\right)^{1/7}$

Se $v_{max\,1} = 0{,}02$ m/s e $v_{max\,2} = 0{,}13$ m/s, determinar a velocidade média no tubo de 5 cm de diâmetro.
(R_i = raio da seção A_i)

Resp.: $v_3 = 0{,}064$ m/s



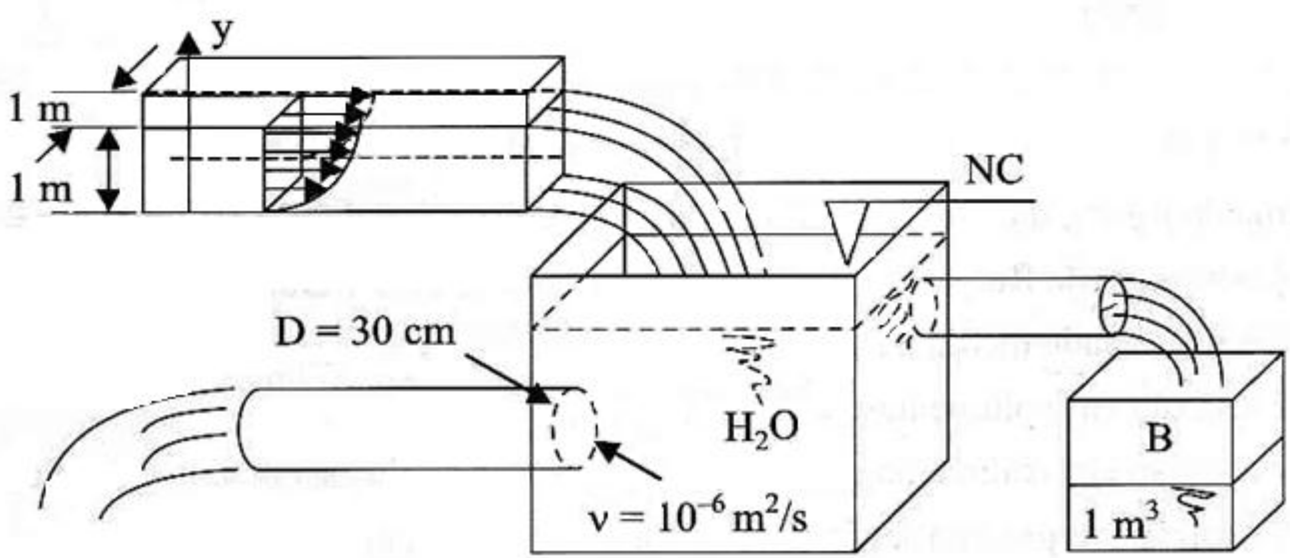
Exercícios

3.12 O tanque maior da figura abaixo permanece em nível constante. O escoamento na calha tem uma seção transversal quadrada e é bidimensional, obedecendo à equação $v = 3y^2$. Sabendo que o tanque (B) tem 1 m^3 e é totalmente preenchido em 5 segundos e que o conduto circular tem 30 cm de diâmetro, determinar:

a) Qual é a velocidade média na calha quadrada?

b) Qual é a vazão no conduto circular de 30 cm de diâmetro?

c) Qual é a velocidade máxima na seção do conduto circular de 30 cm de diâmetro?



Resp.: a) 1 m/s; b) 0,8 m^3/s; c) 13,86 m/s

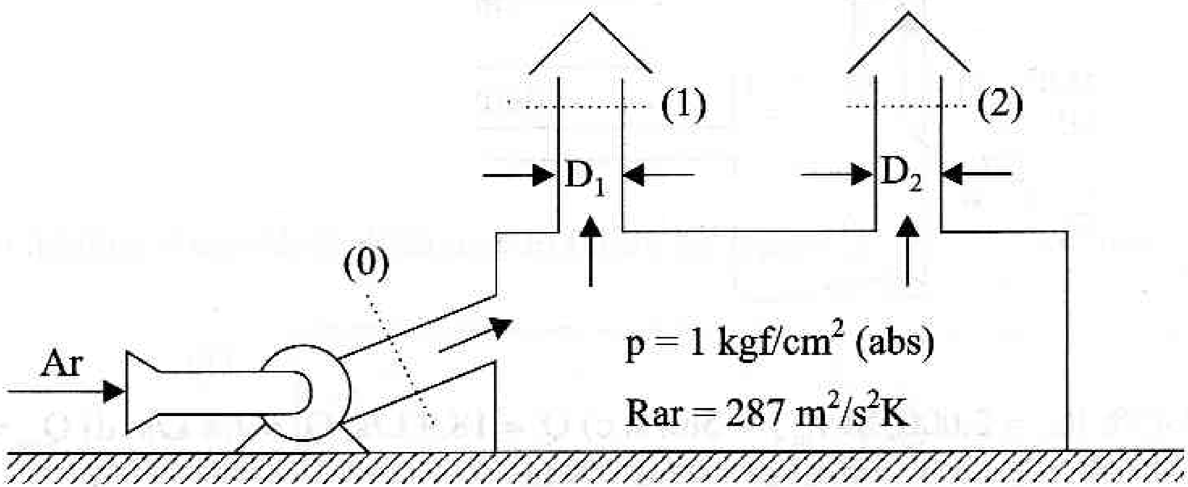
Exercícios

3.13 O insuflador de ar da figura a seguir gera 16.200 m^3/h na seção (0) com uma velocidade média de 9,23 m/s. Foram medidas as temperaturas nas seções (0), (1) e (2), sendo, respectivamente, $t_0 = 17°C$; $t_1 = 47°C$ e $t_2 = 97°C$. Admitindo como imposição do projeto do sistema que o número de Reynolds nas seções (1) e (2) deva ser 10^5 e sabendo que diâmetro $D_2 = 80$ cm; $\nu_{ar} = 8 \times 10^{-5}$ m^2/s e que a pressão tem variação desprezível no sistema, determinar:

a) o diâmetro da seção (1);

b) as vazões em volume em (1) e (2);

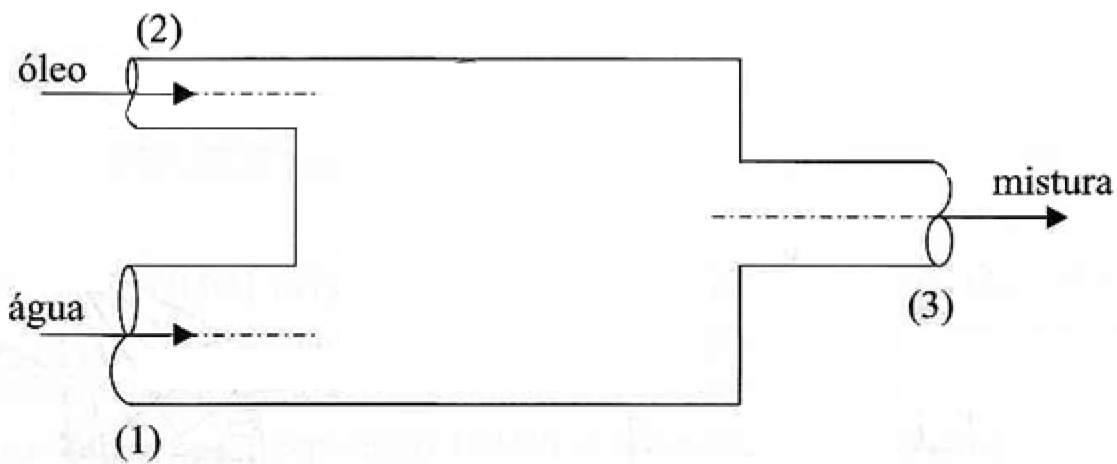
c) as vazões em massa em (1) e (2).



Resp. a) 0,097 m; b) $Q_1 = 0{,}611$ m^3/s; $Q_2 = 5{,}021$ m^3/s; c) $Q_{m1} = 0{,}66$ kg/s; $Q_{m2} = 4{,}73$ kg/s

Exercícios

3.7 Um tubo admite água ($\rho = 1.000\ kg/m^3$) num reservatório com uma vazão de 20 L/s. No mesmo reservatório é trazido óleo ($\rho = 800\ kg/m^3$) por outro tubo com uma vazão de 10 L/s. A mistura homogênea formada é descarregada por um tubo cuja seção tem uma área de 30 cm². Determinar a massa específica da mistura no tubo de descarga e a velocidade da mesma.



Resp.: $\rho_3 = 933\ kg/m^3$; $v_3 = 10\ m/s$