

Décima aula de FT

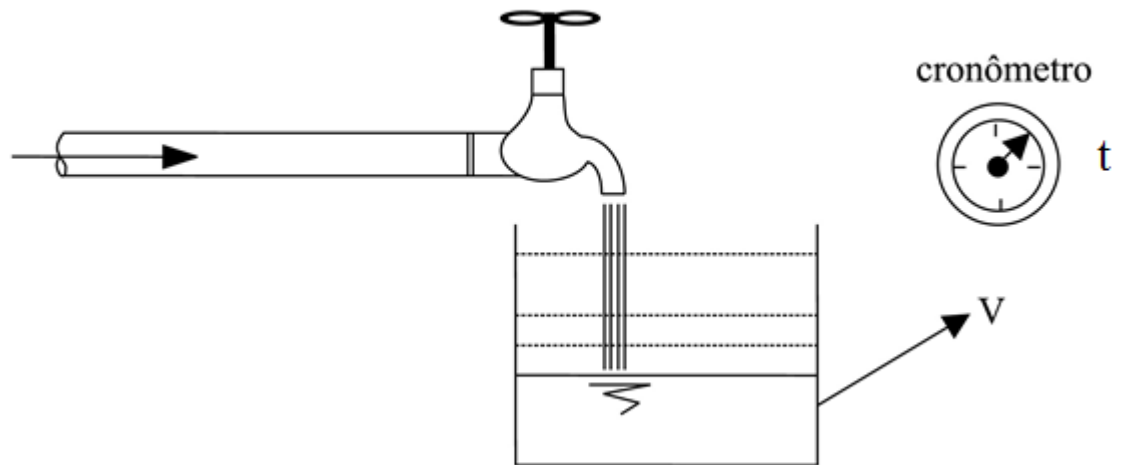
Segundo
semestre de
2014



Nos estudos da hidrodinâmica, além dos conceitos já estudados, vamos recorrer a equação da continuidade (equação da conservação de massa) e a equação da energia (aquela que efetua um balanço de energias mecânicas, já que só estudamos os escoamentos incompressíveis).



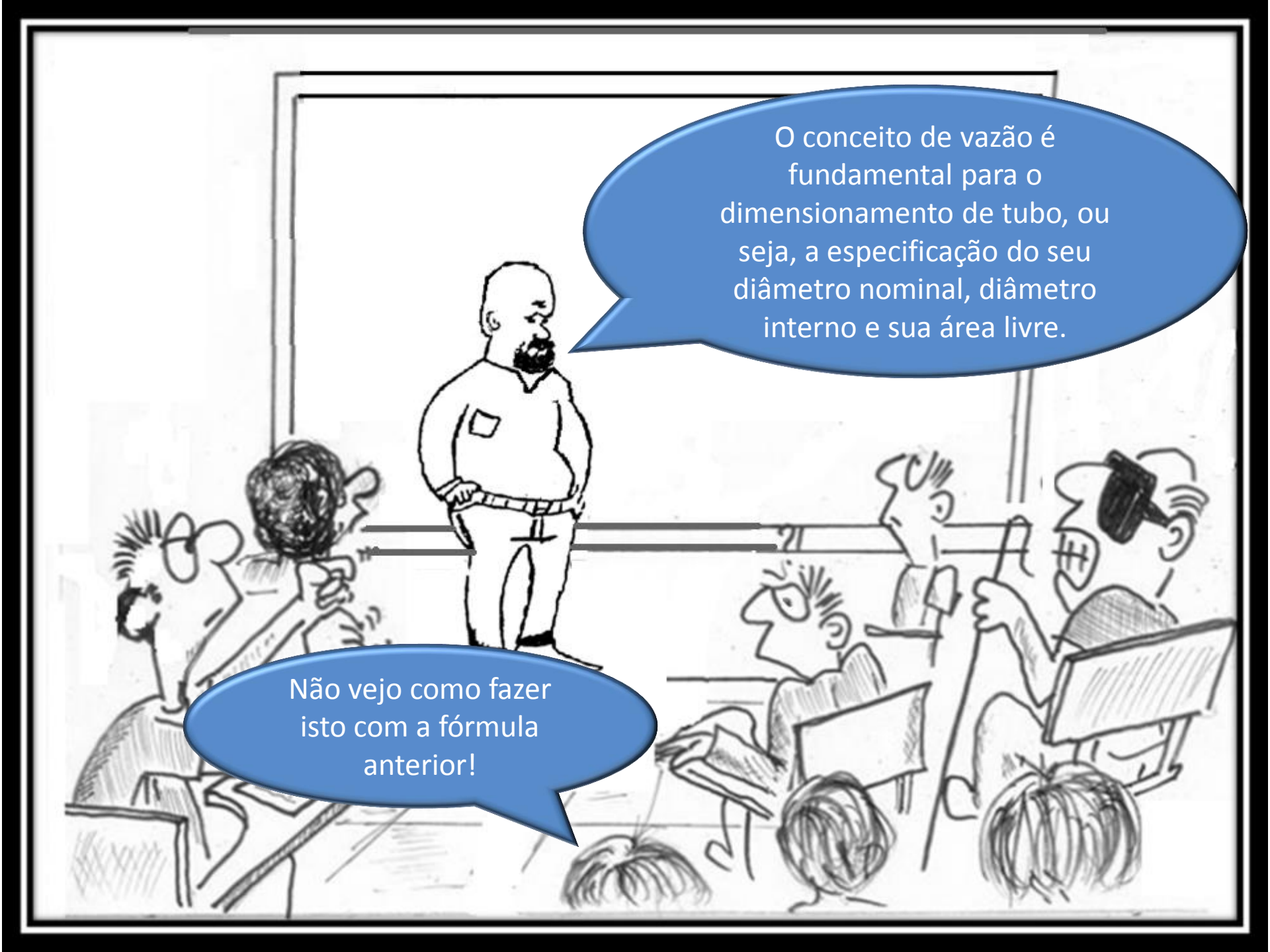
Definimos fluxo como a quantidade em volume do fluido que atravessa uma área A em um intervalo de tempo t



Portanto fluxo ou vazão (Q) representa o volume por unidade de tempo



$$Q = \frac{V}{t}$$

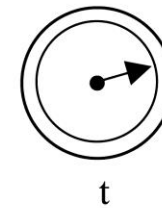
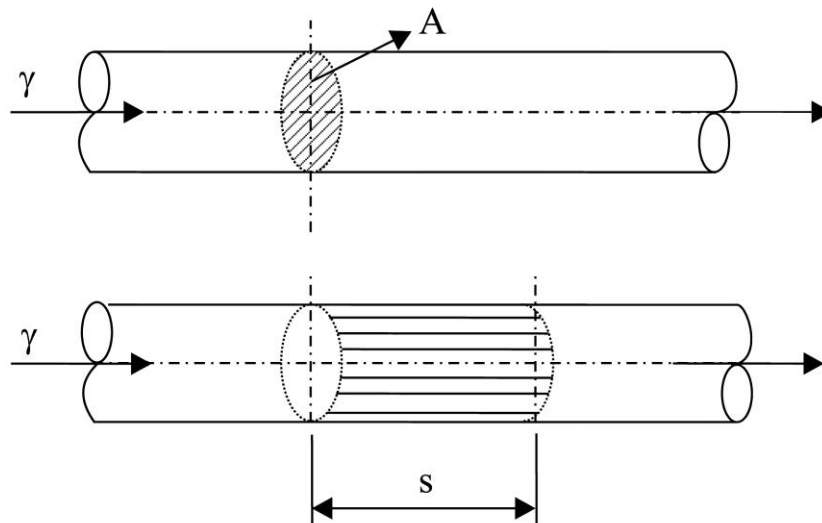
A black and white cartoon illustration of a lecture hall. A professor with a beard and a small patch on his shirt stands at the front, facing a group of students. The students are seated at desks, some looking at books or papers. One student in the foreground is looking up at the professor. The scene is set in a simple room with a whiteboard in the background.

O conceito de vazão é fundamental para o dimensionamento de tubo, ou seja, a especificação do seu diâmetro nominal, diâmetro interno e sua área livre.

Não vejo como fazer isto com a fórmula anterior!

Nem eu, por este motivo vou
escrevê-la de outra maneira e
para isto vou supor o fluido
passando por uma seção
transversal de área A e onde bato
duas fotos, uma para o instante
 $t = 0$ e outra para $t = t_s$





Aí calculamos o volume que passa pela seção no intervalo de tempo t .

$$V = A \times s$$

Dividindo ambos os termos pelo tempo t não altero a igualdade e isto origina uma nova equação para a vazão:

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{A \times s}{t} = v \times A$$

v = velocidade média

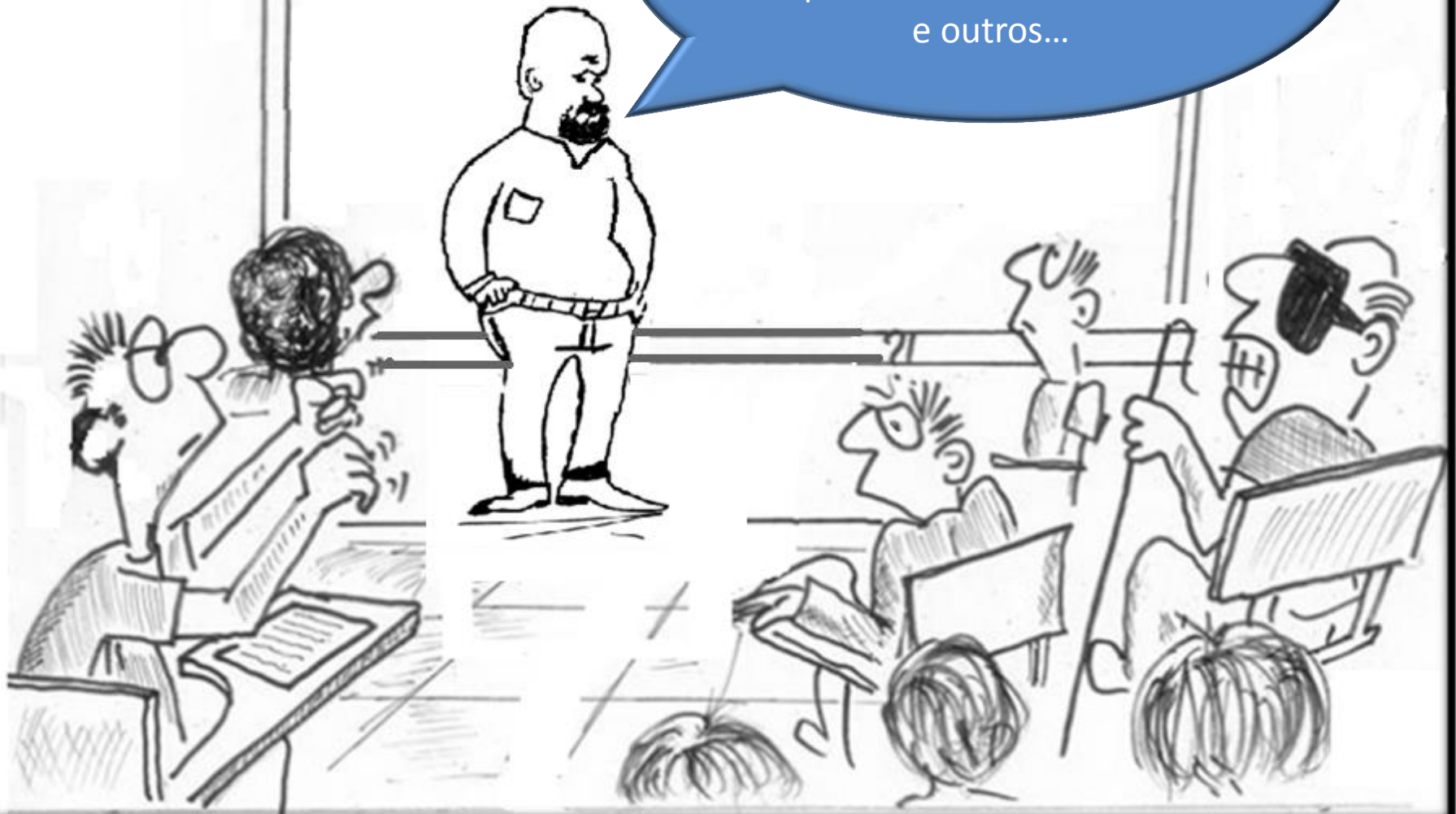
A black and white cartoon illustration of a classroom. A professor with a beard and a white shirt stands at the front, looking towards a group of students. The students are seated at desks, some looking at the professor, others looking at their papers or books. One student on the right is wearing a headlamp. The scene is set in a simple room with a whiteboard in the background.

Surgindo a famosa expressão: “O
ALEMÃO QUE VÁ”, mas eu só
vou com a velocidade média

$$Q = v \times A$$

E aí podemos
dimensionar a
tubulação?

Para responder vou considerar
alguns exemplos extraídos do
livro MANUAL DE HIDRÁULICA
do professor AZEVEDO NETTO
e outros...



Exercício 4.1 — Verificou-se que a velocidade econômica para uma extensa linha de recalque é 1,05 m/s. A vazão necessária a ser fornecida pela bombas é de 450 m³/hora. Determinar o diâmetro da linha.

$$Q = \frac{450 \text{ m}^3/\text{hora}}{60 \times 60} = 0,125 \text{ m}^3/\text{s} \text{ ou } 125 \ell/\text{s}.$$

$$Q = Av \therefore A = \frac{Q}{v} = \frac{0,125}{1,05} = 0,119 \text{ m}^2.$$

$$\frac{1}{4} \pi D^2 = 0,119 \text{ m}^2 \therefore D = \sqrt{\frac{4 \times 0,119}{\pi}} = 0,39 \text{ m}.$$

No mercado encontram-se os seguintes diâmetros comerciais:

$$350 \text{ mm}, A = 0,0962 \text{ m}^2$$

$$400 \text{ mm}, A = 0,1257 \text{ m}^2$$

$$450 \text{ mm}, A = 0,1590 \text{ m}^2.$$

Adotando-se 400 mm (16"), a velocidade resultará em

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,125}{0,1257} \cong 1,0 \text{ m/s}.$$

É o diâmetro que mais se aproxima da condição econômica. Se fosse adotado o diâmetro imediatamente inferior (350 mm), a velocidade se elevaria para 1,30 m/s, aumentando a potência das bombas e o consumo de eletricidade.

Exercício 4.2 – Em um edifício de 12 pavimentos, a vazão máxima provável, devida ao uso de diversos aparelhos, em uma coluna de distribuição de 60 mm de diâmetro, é de 7,5 litros/s.

Determinar a velocidade de escoamento

$$Q = Av \therefore v = \frac{Q}{A} = \frac{0,0075 \text{ m}^3/\text{s}}{0,00283} = 2,65 \text{ m/s.}$$

Essa velocidade é admitida pelas normas para o diâmetro de 60 mm (NBR 5626).

Estes são dois exemplos típicos de utilização da equação:

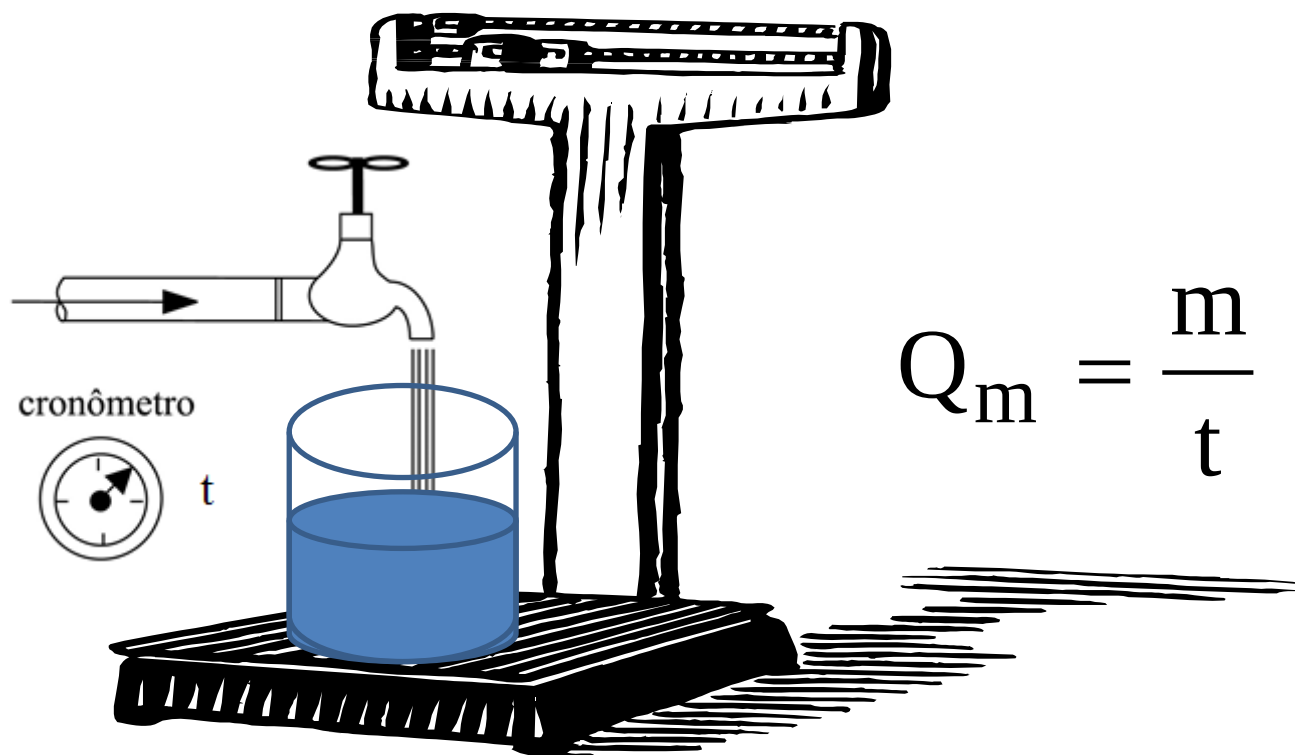
$$Q = \frac{V}{t} = v \times A$$



Ao invés de volume se tivessemos considerado a massa como ficaria?



Fluxo de massa, ou vazão em massa, é a quantidade em massa do fluido que atravessa uma área A em um intervalo de tempo t.





Evocando o conceito de massa específica e sabendo que é considerada constante, podemos escrever:

$$\rho = \frac{m}{V} \therefore m = \rho \times V$$

$$Q_m = \frac{m}{t} = \frac{\rho \times V}{t} = \rho \times Q$$

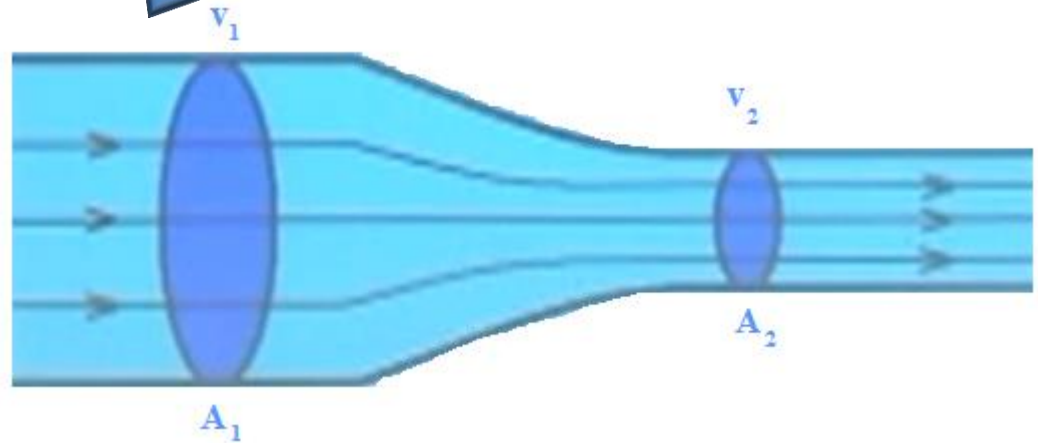
$$Q_m = \rho \times v \times A$$

Agora podemos pensar em escrever a equação da conservação de massa!



Entre elas não existe
acúmulo nem falta de
massa!

Ou a equação
da continuidade
e para tal vamos
considerar duas
seções: A_1 e A_2



$$\therefore m_{\text{entra}} = m_{\text{saí}} \rightarrow (\div t)$$

$$Q_{m1} = Q_{m2}$$

$$\rho_1 \times v_1 \times A_1 = \rho_2 \times v_2 \times A_2$$

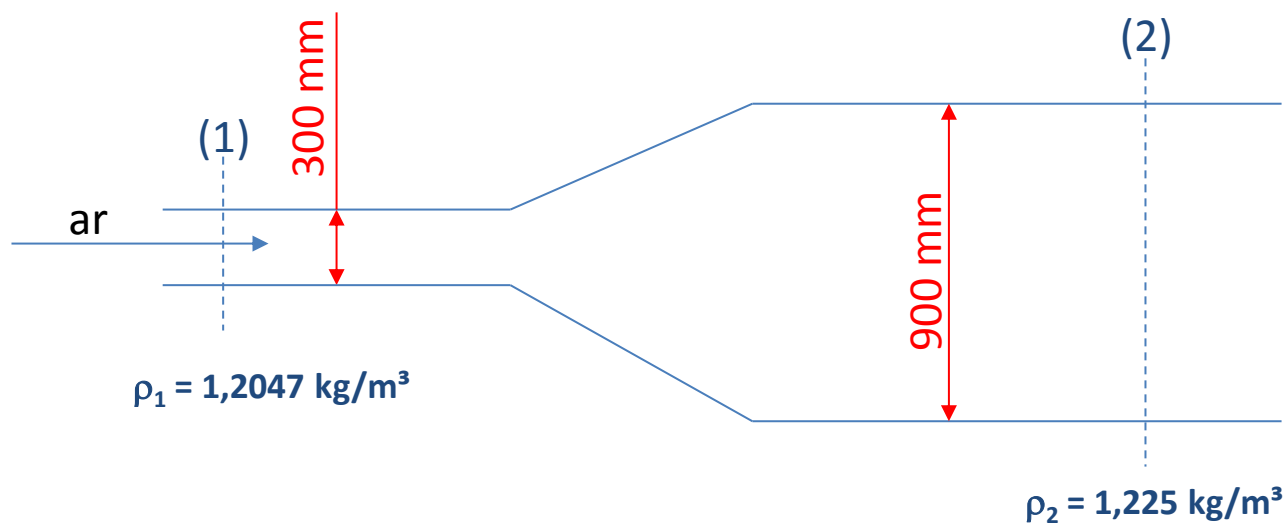
Para o escoamento incompressível, temos:

$$\rho_1 = \rho_2 = \text{cte} \Rightarrow v_1 \times A_1 = v_2 \times A_2 \therefore Q_1 = Q_2 = \text{cte}$$



No trecho a seguir na seção 1 o ar tem uma velocidade igual a 75 m/s. Calcule:

- a vazão em volume na seção 1;
- a vazão em massa;
- a velocidade média na seção 2.



Fluxo em peso, ou vazão em peso, é a quantidade em peso do fluido que atravessa uma área A em um intervalo de tempo t.



$$Q_G = \frac{\text{peso}}{\text{tempo}} = \frac{G}{t} = \frac{g \times m}{t} = g \times Q_m$$

$$Q_G = \rho \times g \times Q = \gamma \times v \times A$$

Unidades



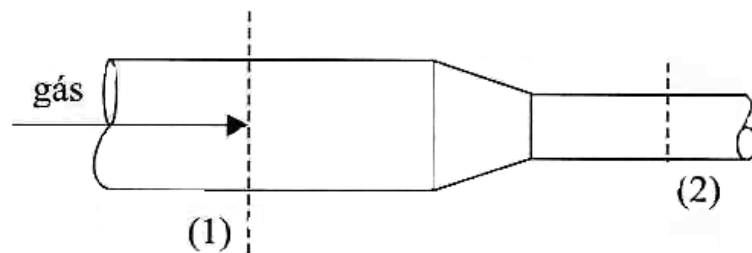
	SI	CGS
Vazão (Q)	m^3/s	cm^3/s
Vazão em massa (Q_m)	Kg/s	g/s
Vazão em peso (Q_G)	N/s	dina/s

Mais alguns exemplos
extraídos agora do livro do
professor Franco Brunetti

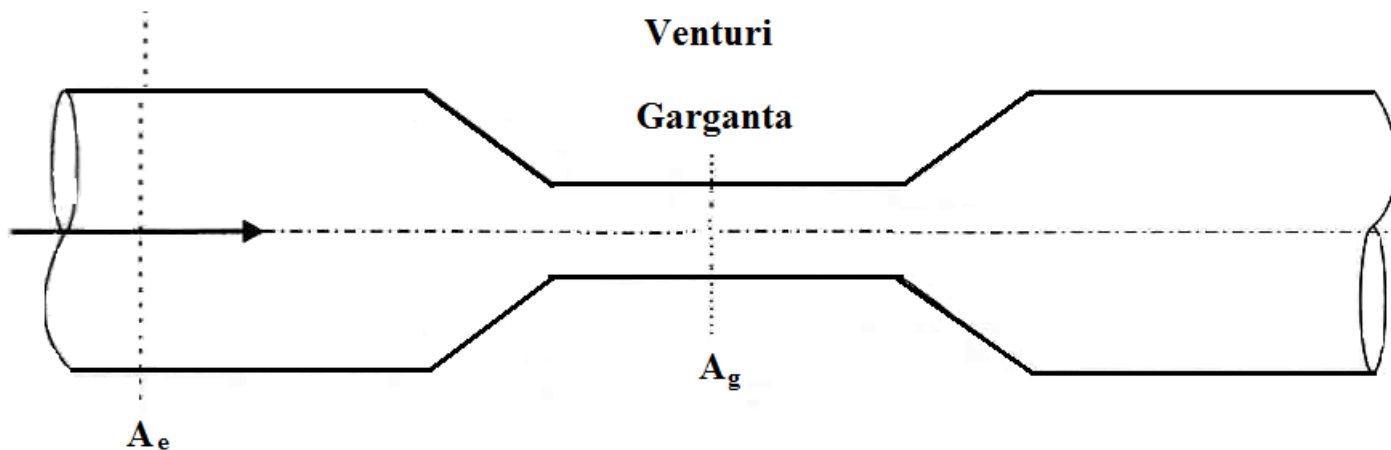


Um gás escoa em regime permanente no trecho de tubulação da figura. Na seção (1), tem-se $A_1 = 20 \text{ cm}^2$, $\rho_1 = 4 \text{ kg/m}^3$ e $v_1 = 30 \text{ m/s}$. Na seção (2), $A_2 = 10 \text{ cm}^2$ e $\rho_2 = 12 \text{ kg/m}^3$.

Qual é a velocidade na seção (2)?



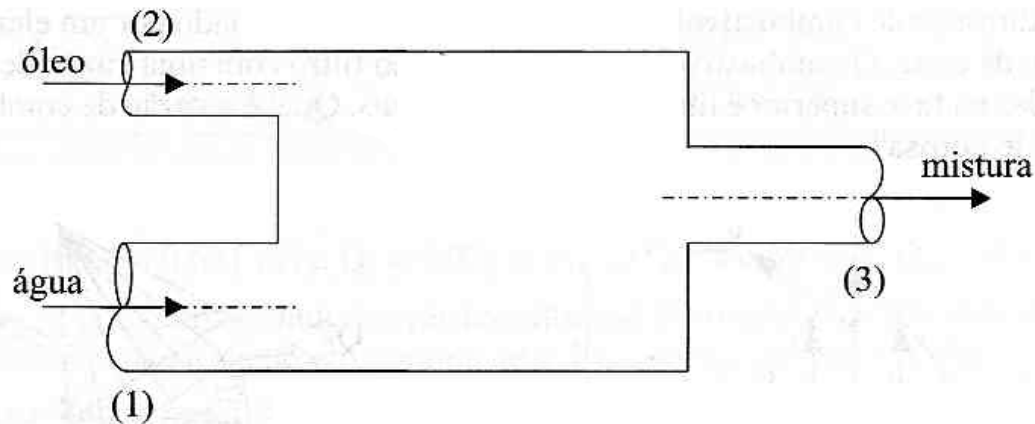
O Venturi é um tubo convergente/divergente, como é mostrado na figura. determinar a velocidade na seção mínima (garganta) de área 5 cm^2 , se na seção de entrada de área 20 cm^2 a velocidade é 2 m/s . O fluido é incompressível.



Vamos pensar agora nos
sistemas com diversas
entradas e diversas
saídas e aplicamos a
equação da conservação
de massa.

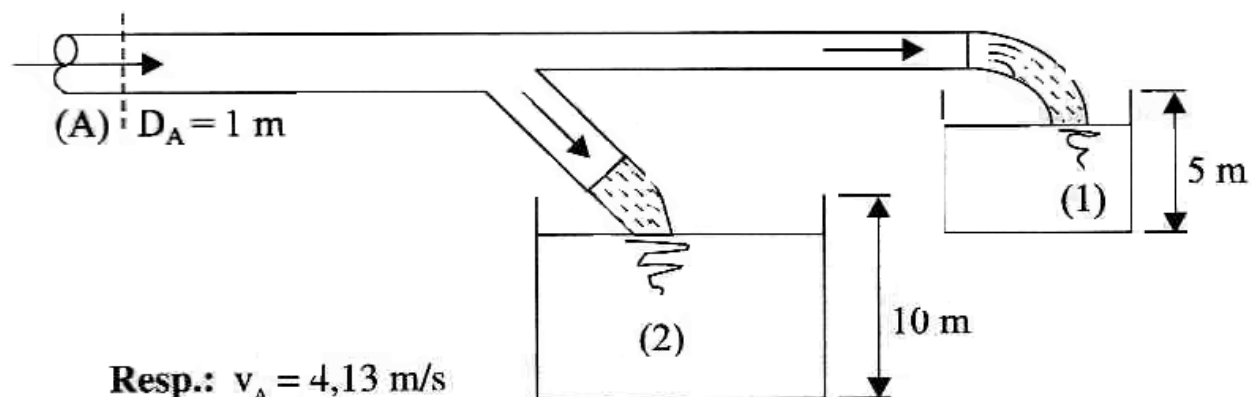


- 3.7 Um tubo admite água ($\rho = 1.000 \text{ kg/m}^3$) num reservatório com uma vazão de 20 L/s. No mesmo reservatório é trazido óleo ($\rho = 800 \text{ kg/m}^3$) por outro tubo com uma vazão de 10 L/s. A mistura homogênea formada é descarregada por um tubo cuja seção tem uma área de 30 cm^2 . Determinar a massa específica da mistura no tubo de descarga e a velocidade da mesma.



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

- 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.



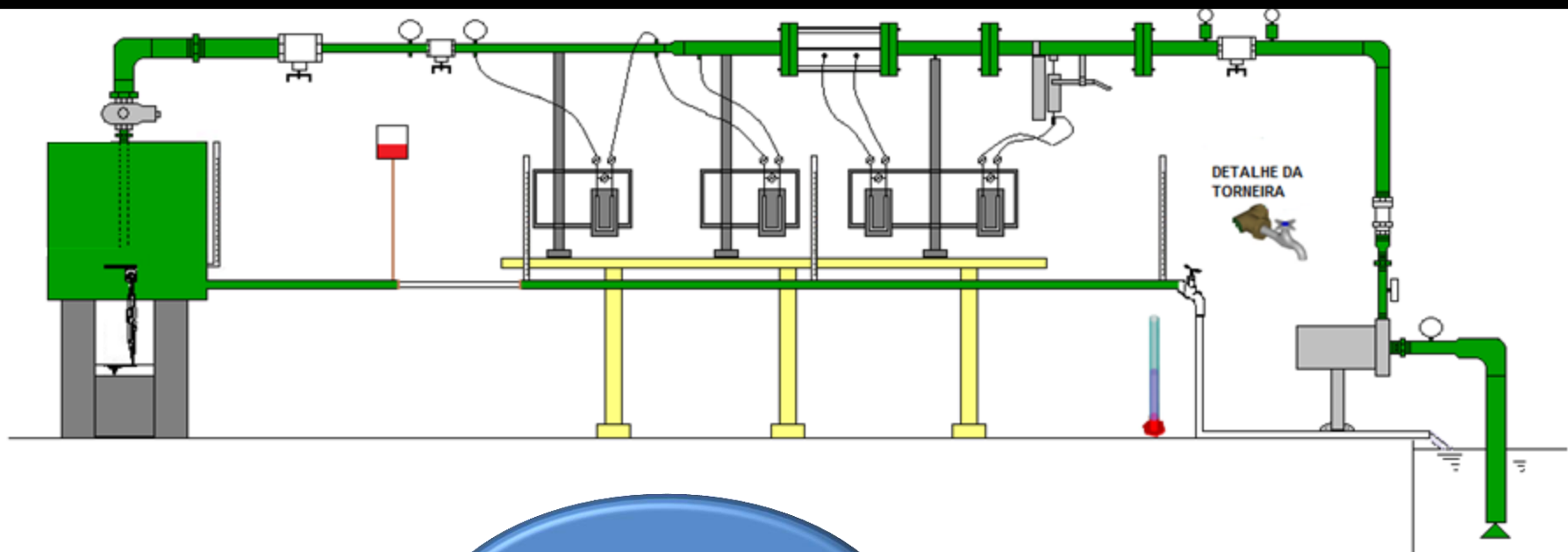
Resp.: $v_A = 4,13 \text{ m/s}$



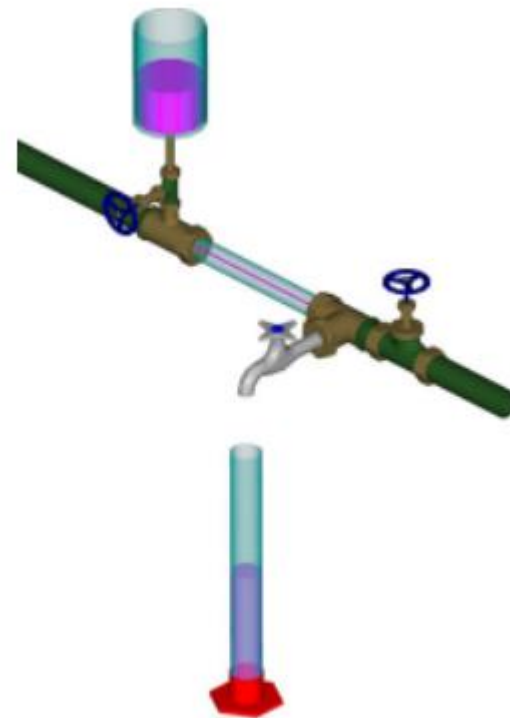
EXPERIÊNCIA DE REYNOLDS

Foi Reynolds que estabeleceu o escoamento LAMINAR, TURBULENTO e TRANSIÇÃO que é a passagem do laminar para o turbulento e vice-versa. E esta classificação é importante nos estudos ligados a hidrodinâmica

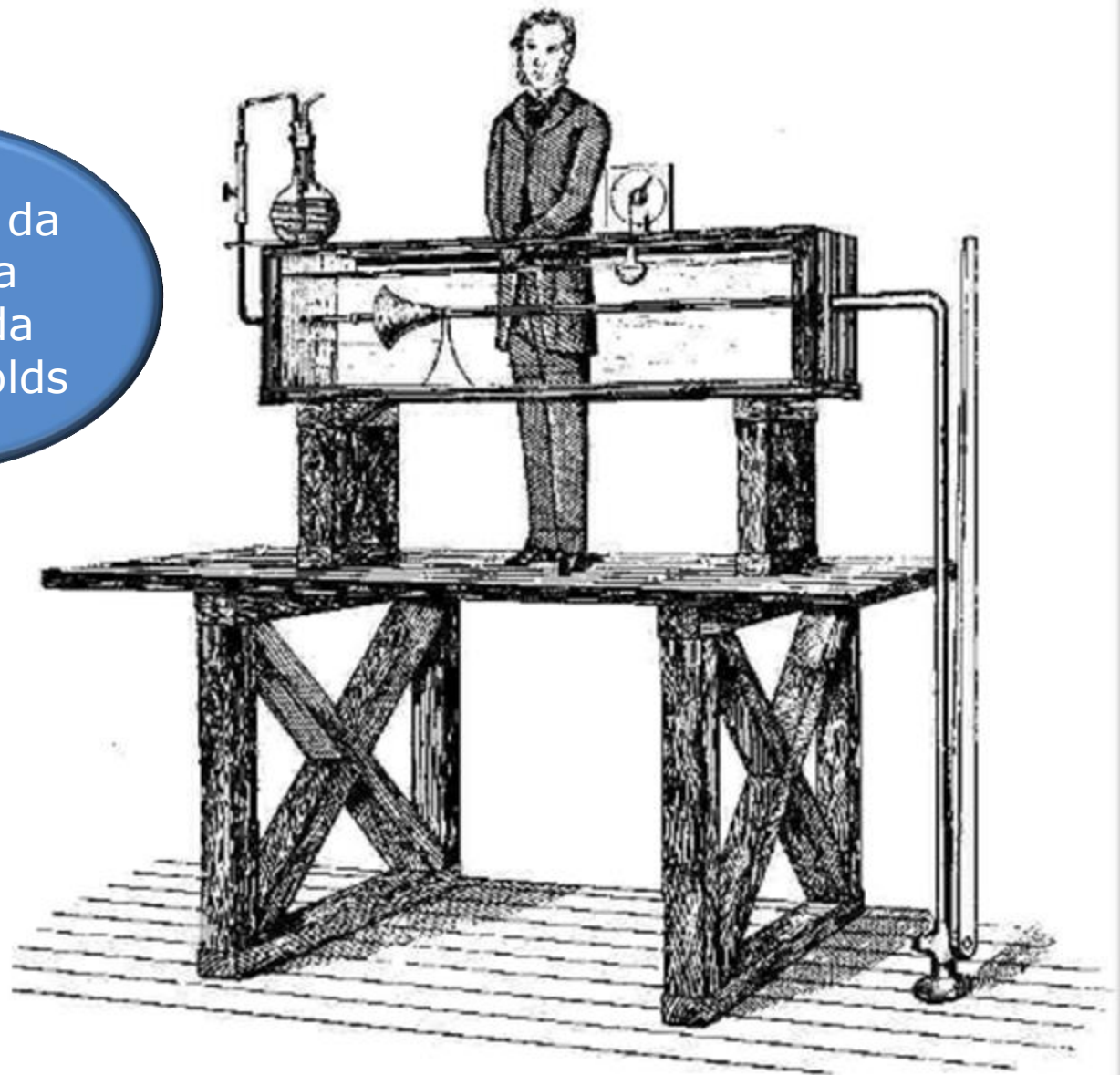
Como era esta experiência?



Experiência de
Reynolds



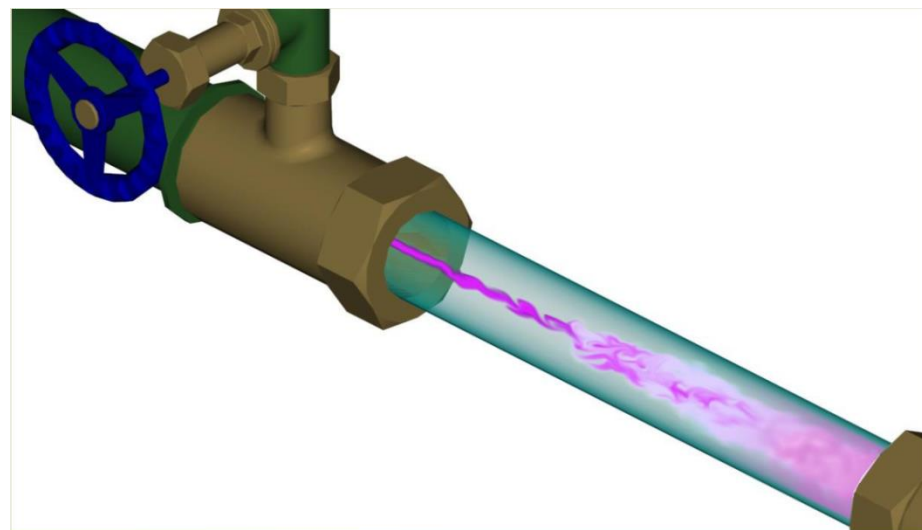
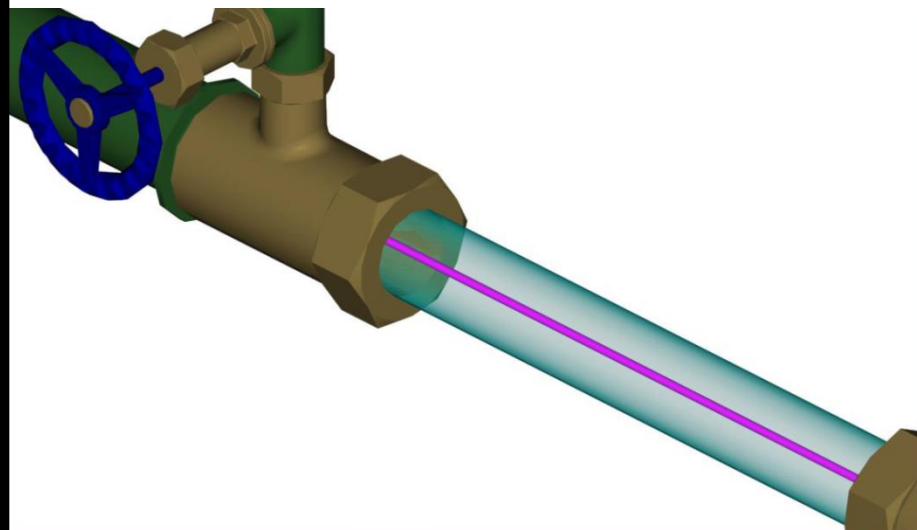
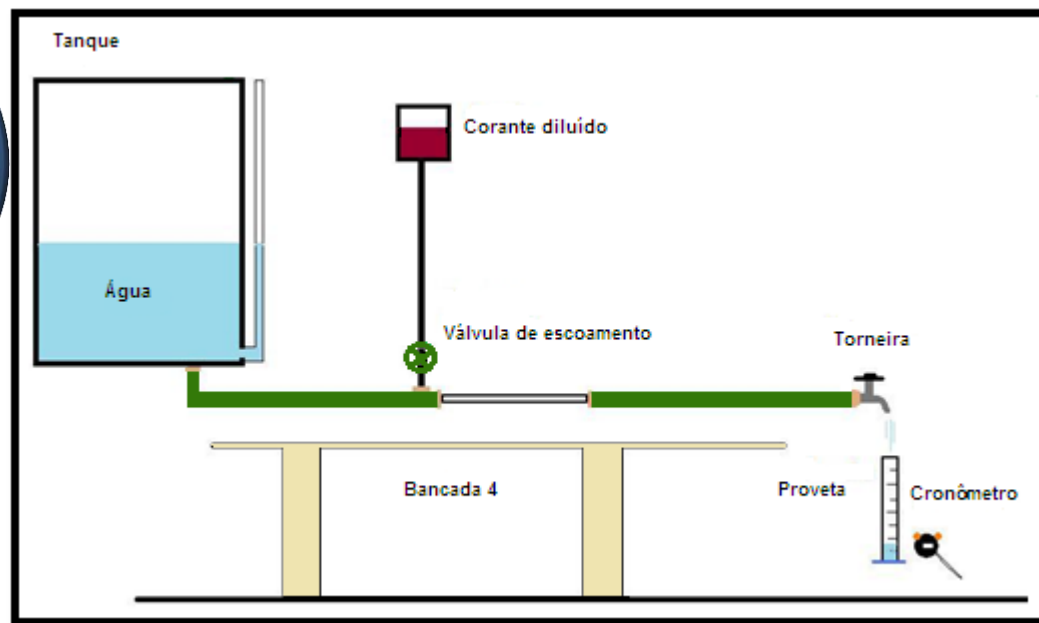
Esquema da
bancada
idealizada
por Reynolds



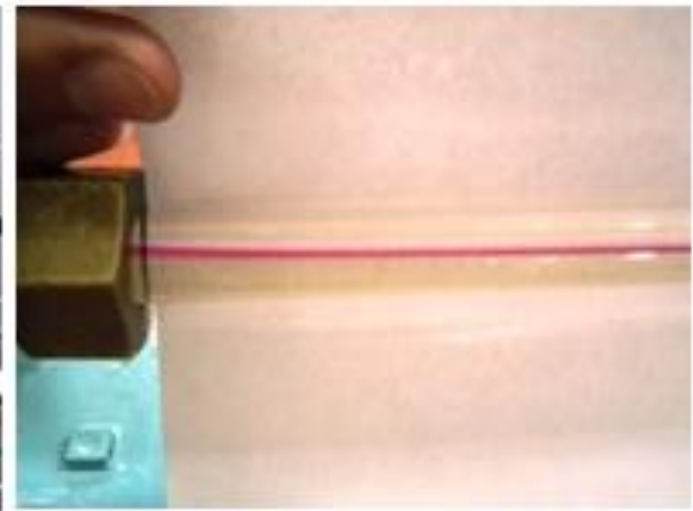
Reproduziremos esta experiência em bancadas



Aonde
visualizamos
os
escoamentos
laminar e
turbulento



FOTOS DO
TRECHO ONDE
É REALIZADA A
EXPERIÊNCIA
DE REYNOLDS,
COM
ESCOAMENTO
LAMINAR E
TURBULENTO E
AINDA A
DETERMINAÇÃO
DA VAZÃO





Na experiência de Reynolds
injetamos um corante e
observamos a existência, ou
não, do deslocamento
transversal de massa.

Na prática
também fazemos
isto?

Não, na prática calculamos um número adimensional, denominado de número de Reynolds e estabelecemos o tipo de escoamento: LAMINAR, TRANSIÇÃO ou TURBULENTO.



$$Re = \frac{\rho \times v \times D}{\mu} = \frac{v \times D}{\nu}$$

$Re \leq 2000 \Rightarrow$ LAMINAR

$Re \geq 4000 \Rightarrow$ TURBULENTO

$2000 < Re < 4000 \Rightarrow$ TRANSIÇÃO



Mas será que este
número é universal
mesmo?