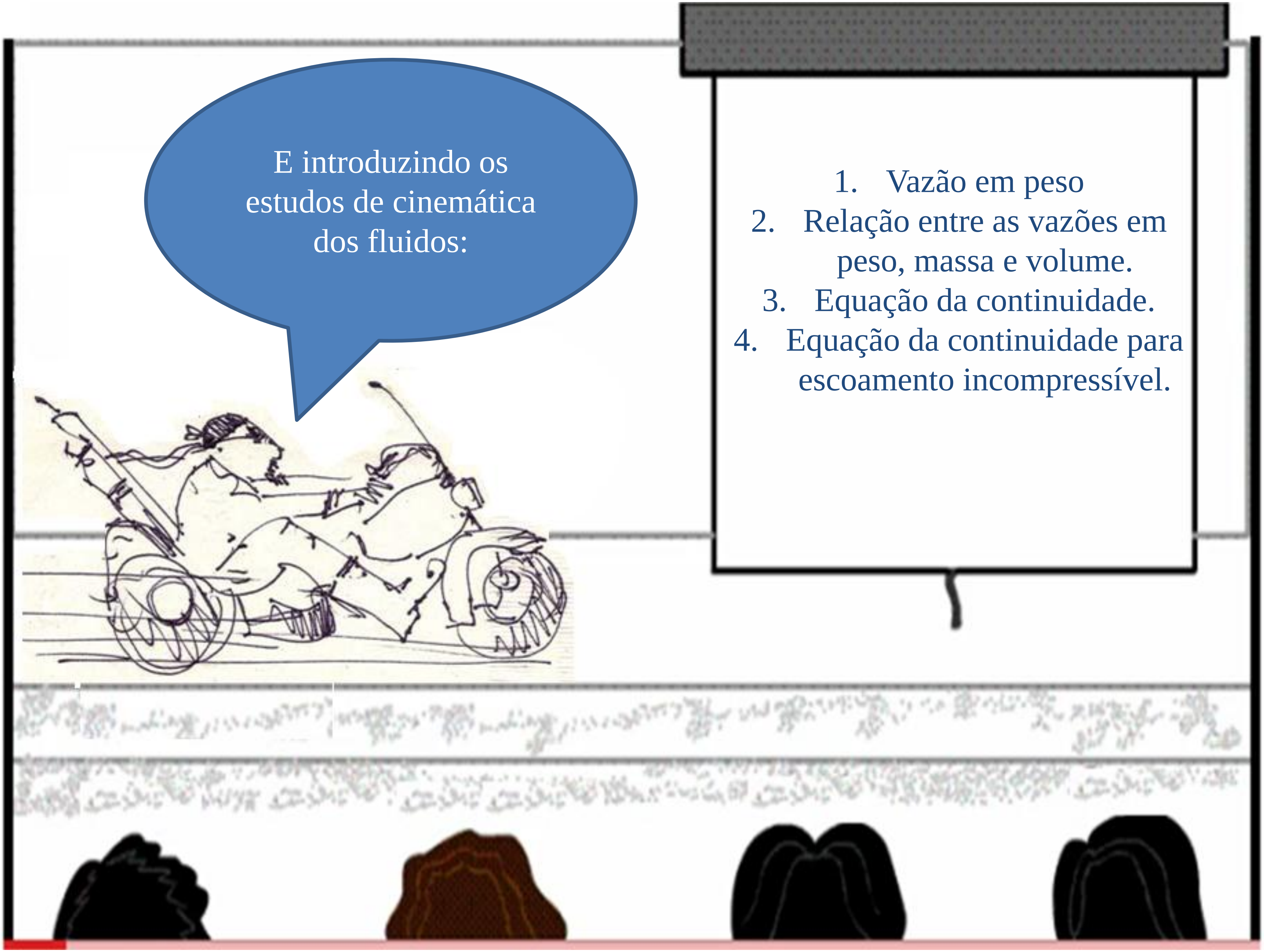
Sexta aula de FT

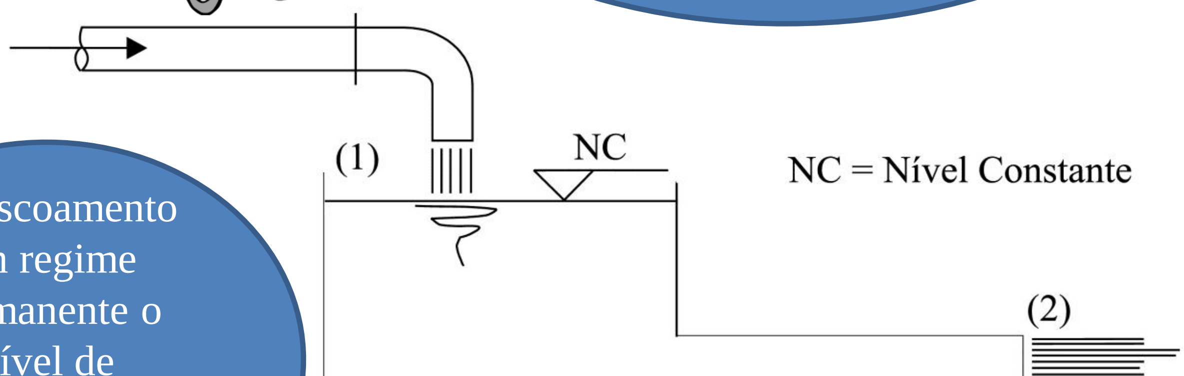
Raimundo (Alemão) Ferreira Ignácio


Evocando os estudos de cinemática dos fluidos:
1. Regime permanente e variado.
2. Vazão e velocidade média do escoamento.
3. Vazão em massa e vazão em volume
4. Relação entre as vazões em massa e volume.


E introduzindo os estudos de cinemática dos fluidos:
1. Vazão em peso
2. Relação entre as vazões em peso, massa e volume.
3. Equação da continuidade.
4. Equação da continuidade para escoamento incompressível.

Regime permanente

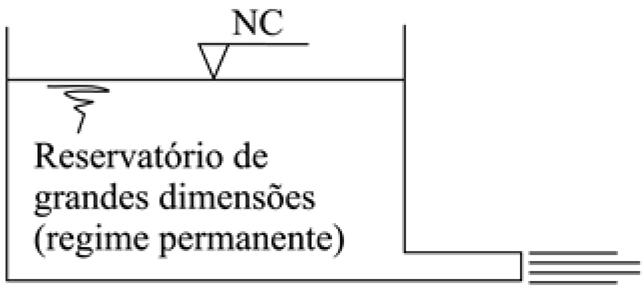
São os escoamentos onde as propriedades em cada ponto são invariáveis com o tempo, ou seja, o tempo não entra com variável dos estudos realizados.



No escoamento em regime permanente o nível de reservatório permanece constante.

Como isto pode ser possível?

O nível do reservatório permanece constante quando:

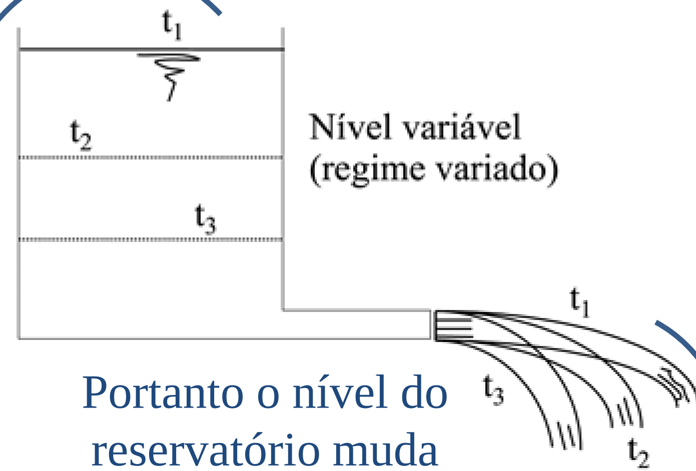


ou

A quantidade de fluido que entra é igual a quantidade de fluido que saí!

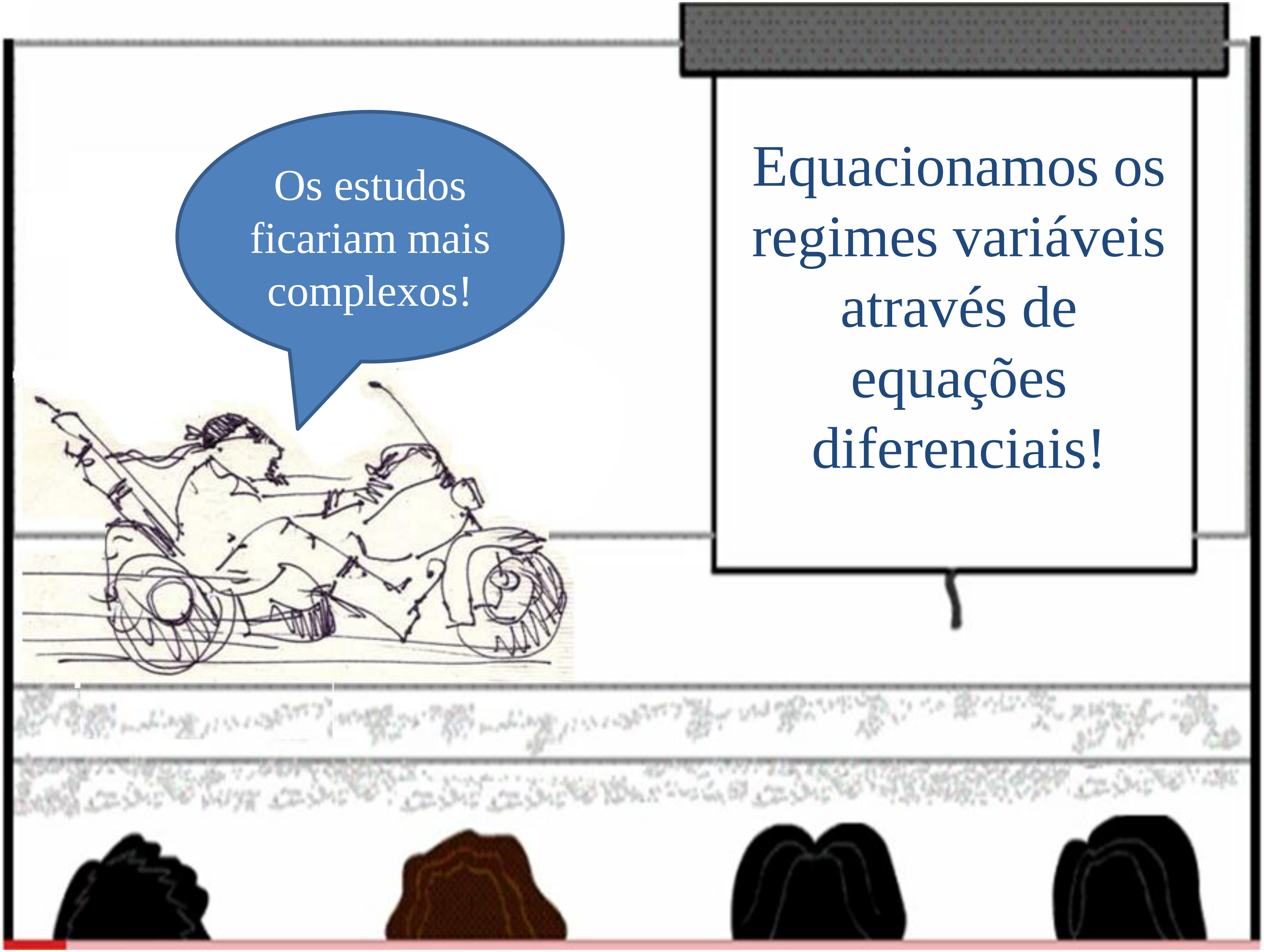
Regime variado

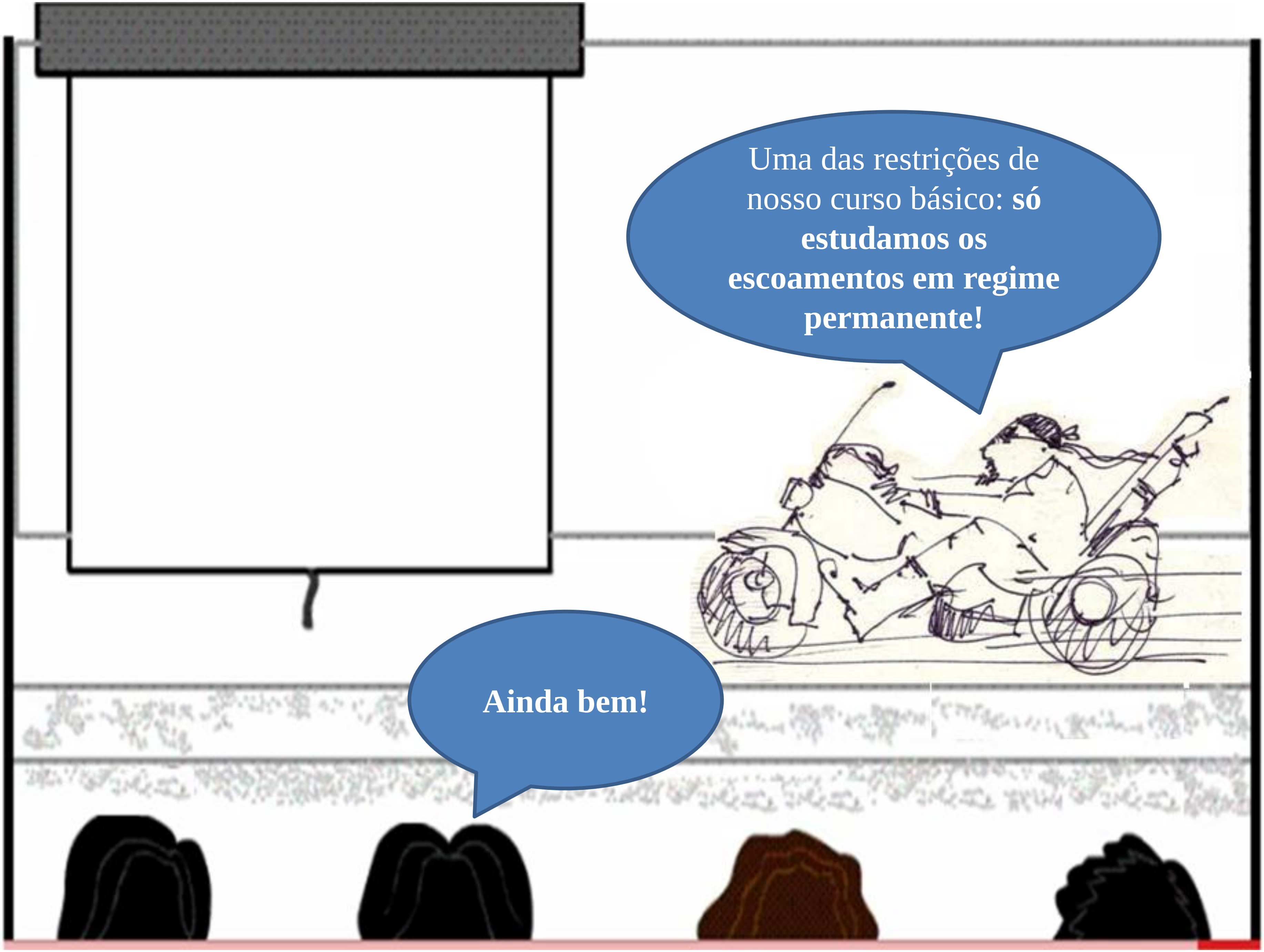
O tempo é uma variável do fenômeno estudado, portanto as propriedades em um ponto do escoamento mudam com o tempo.



Portanto o nível do reservatório muda continuamente com o tempo!

Como equacionamos os estudos neste caso?

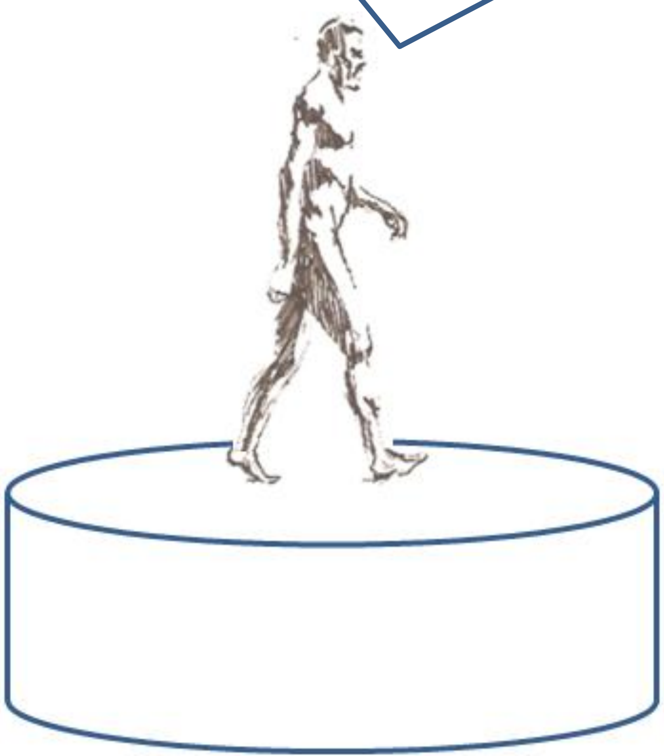

Os estudos ficariam mais complexos!
Equacionamos os regimes variáveis através de equações diferenciais!

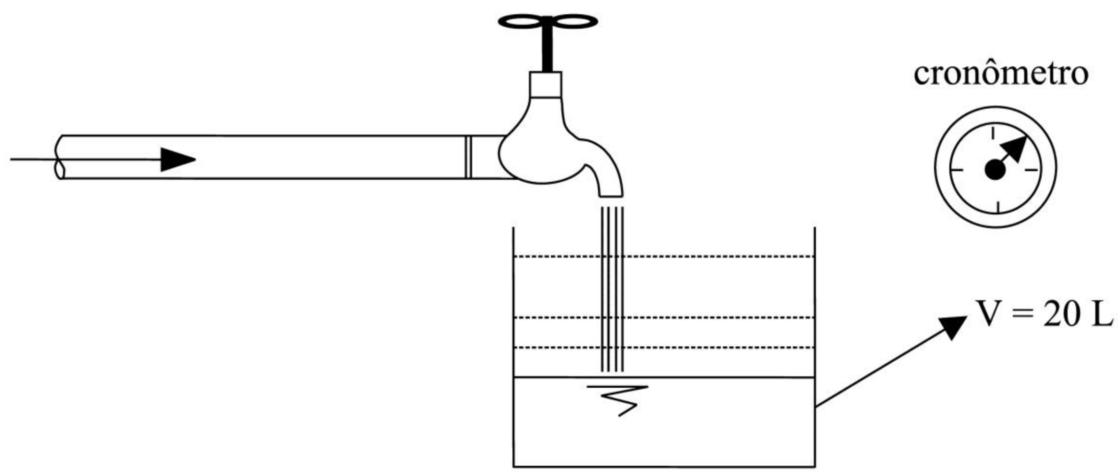

Uma das restrições de nosso curso básico: **só estudamos os escoamentos em regime permanente!**
Ainda bem!

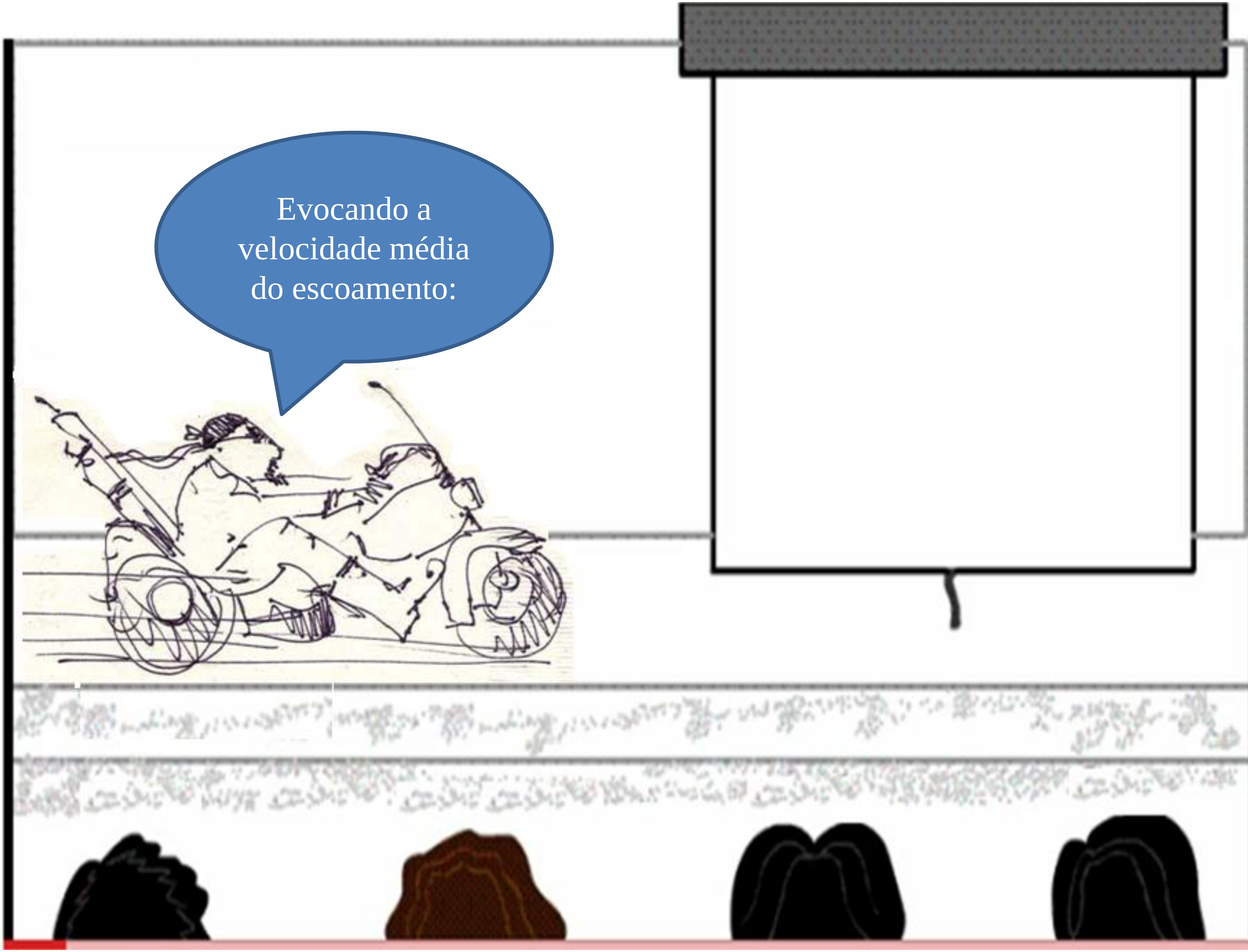
Vazão

Define-se vazão em volume Q como o volume de fluido que atravessa uma certa seção do escoamento por unidade de tempo.

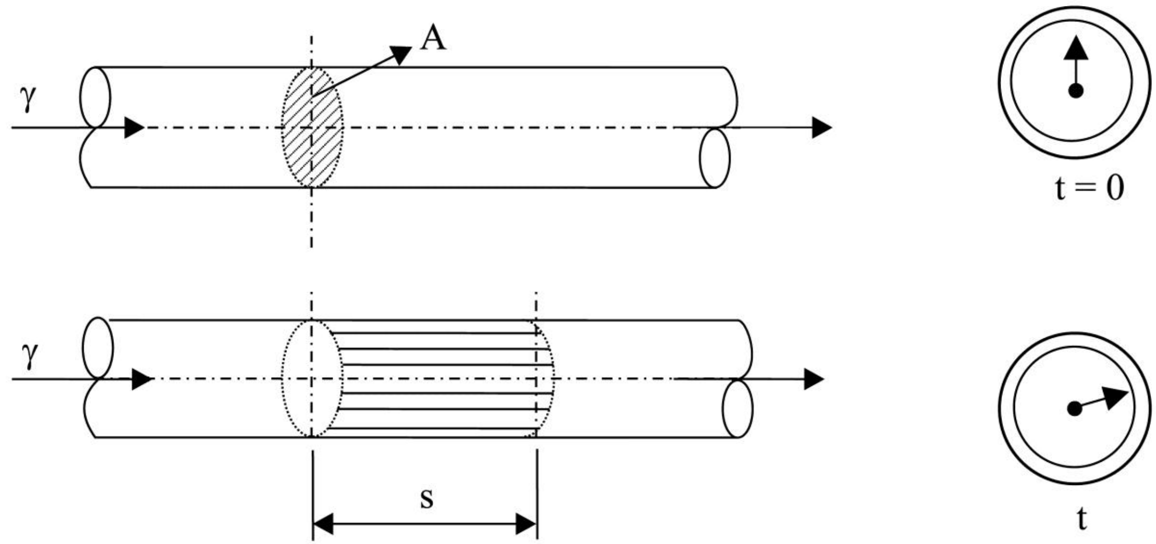
$$Q = \frac{V}{t}$$



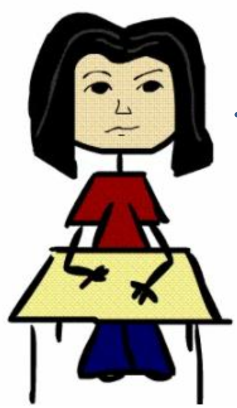



Evocando a velocidade média do escoamento:

Relação entre a vazão e a velocidade do fluido



No intervalo de tempo t, o fluido se desloca através da seção de área A a uma distância s.

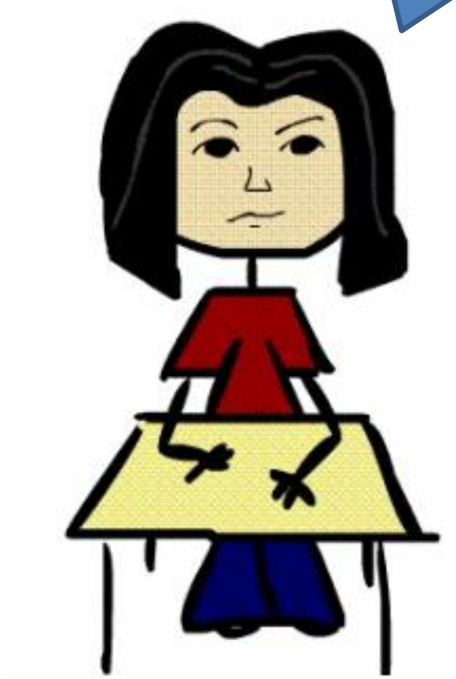


Qual o volume de fluido que atravessa a seção de área A no tempo t considerado?

Será :

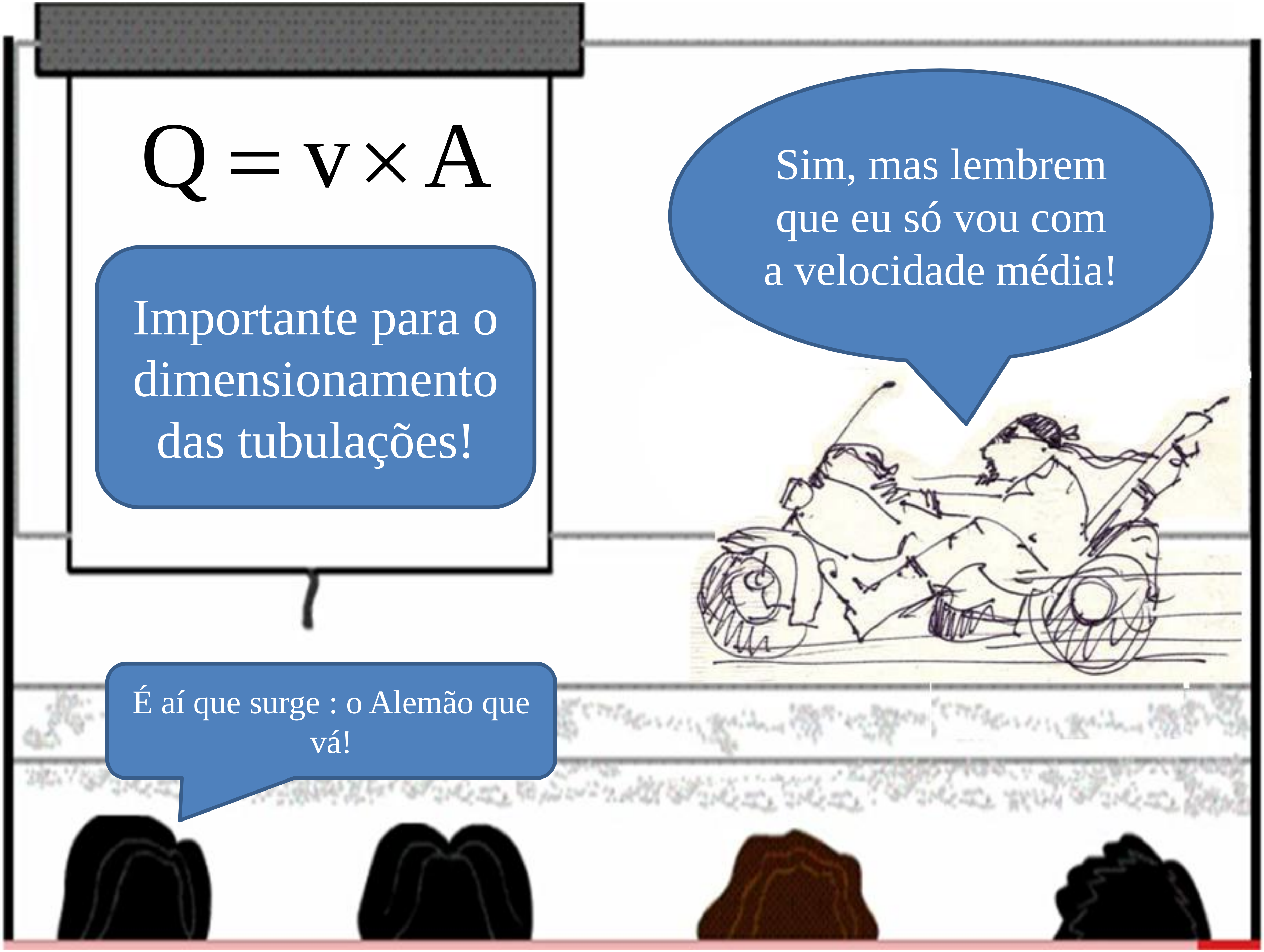
$$V = s \times A$$

E se considerarmos por unidade de tempo?

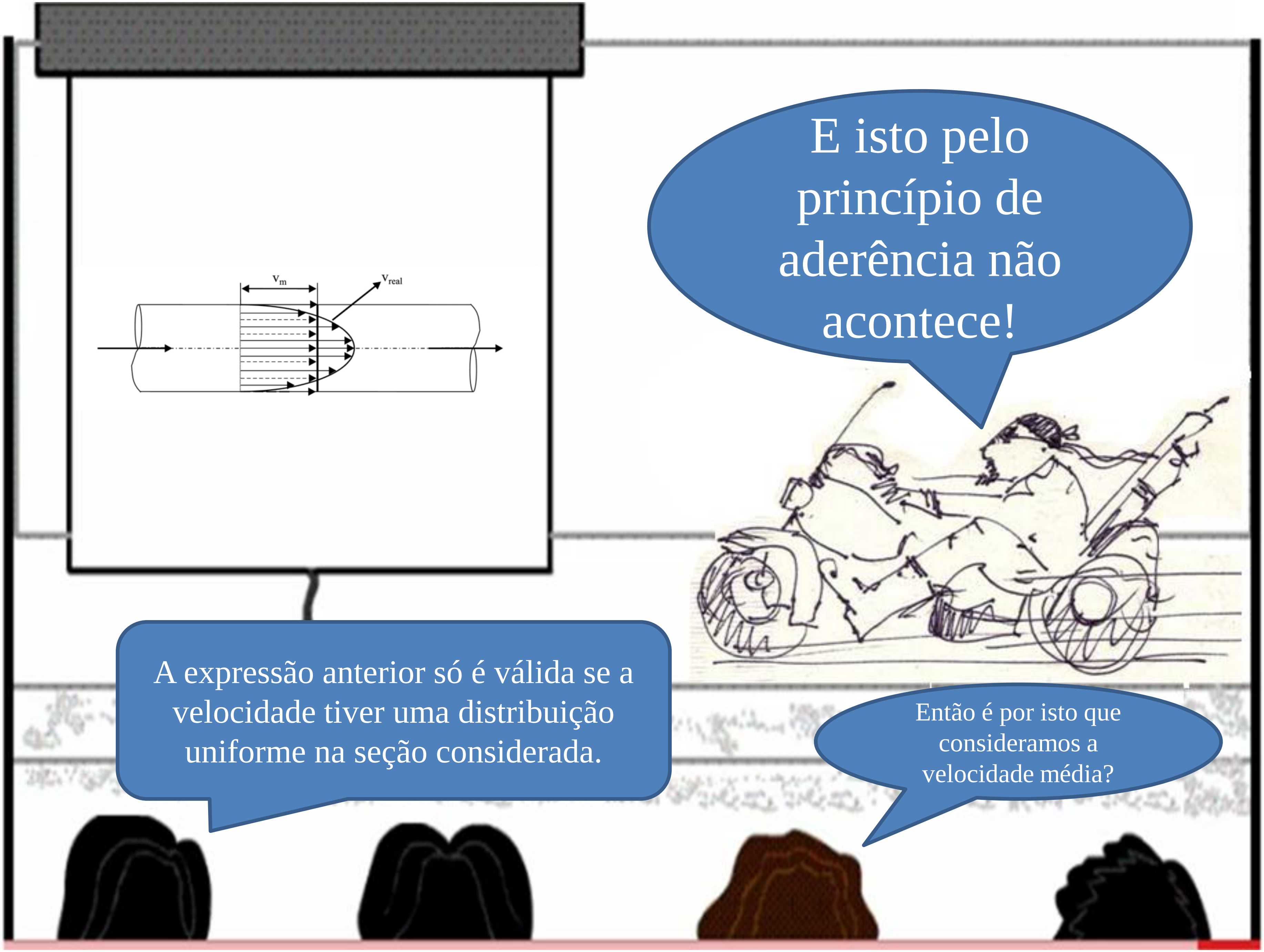


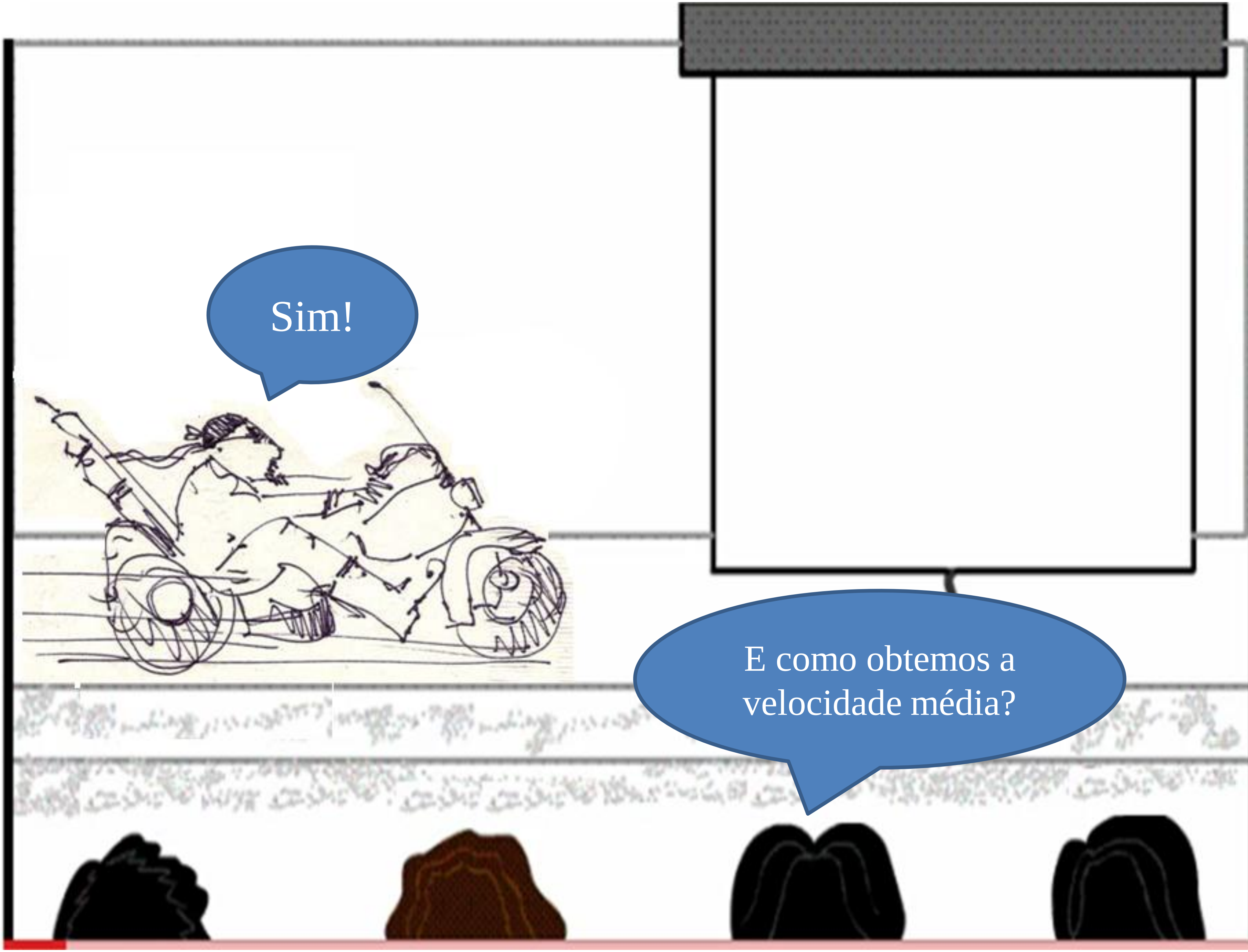
Teremos:

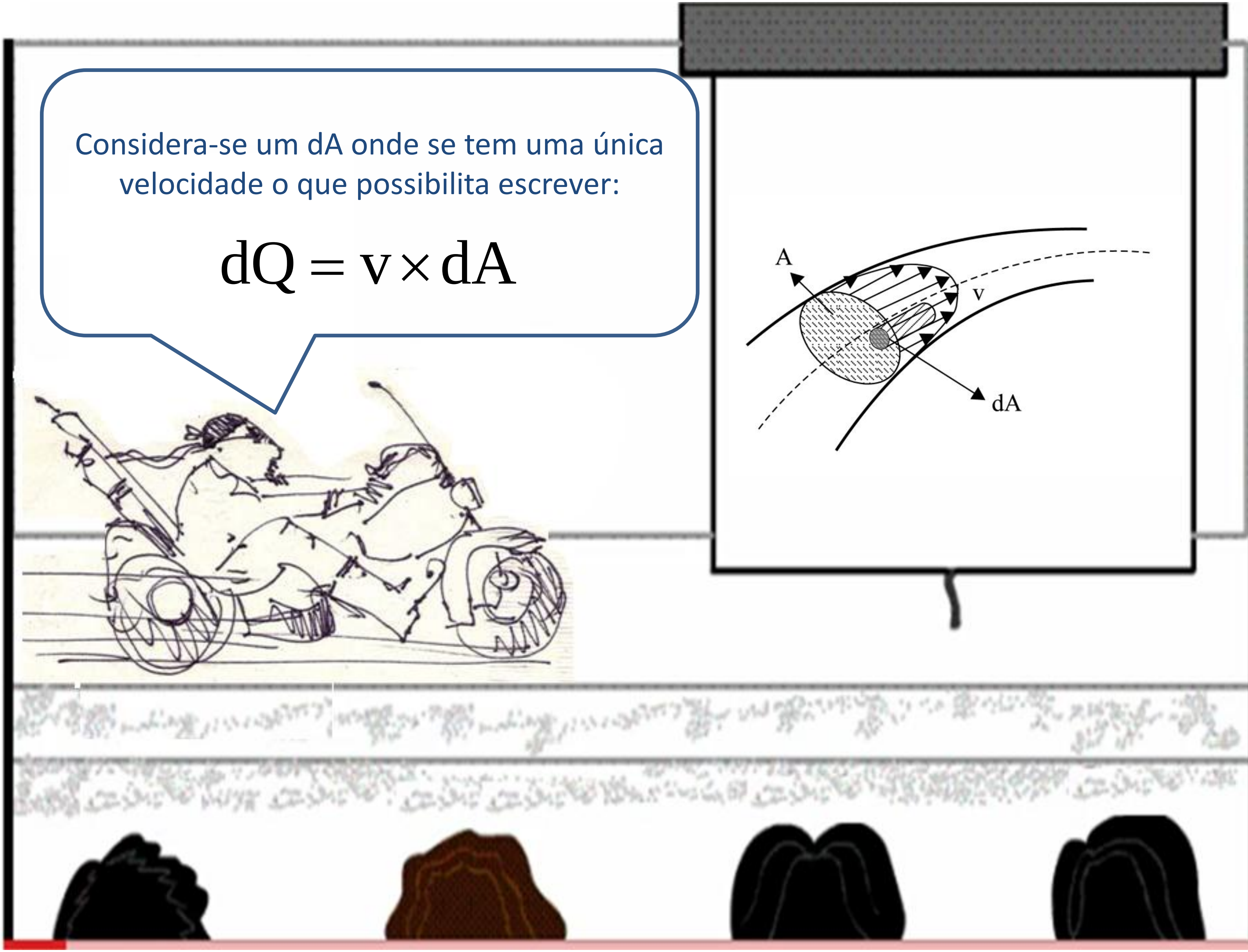
$$\frac{V}{t} = Q = \frac{s \times A}{t} = v \times A$$

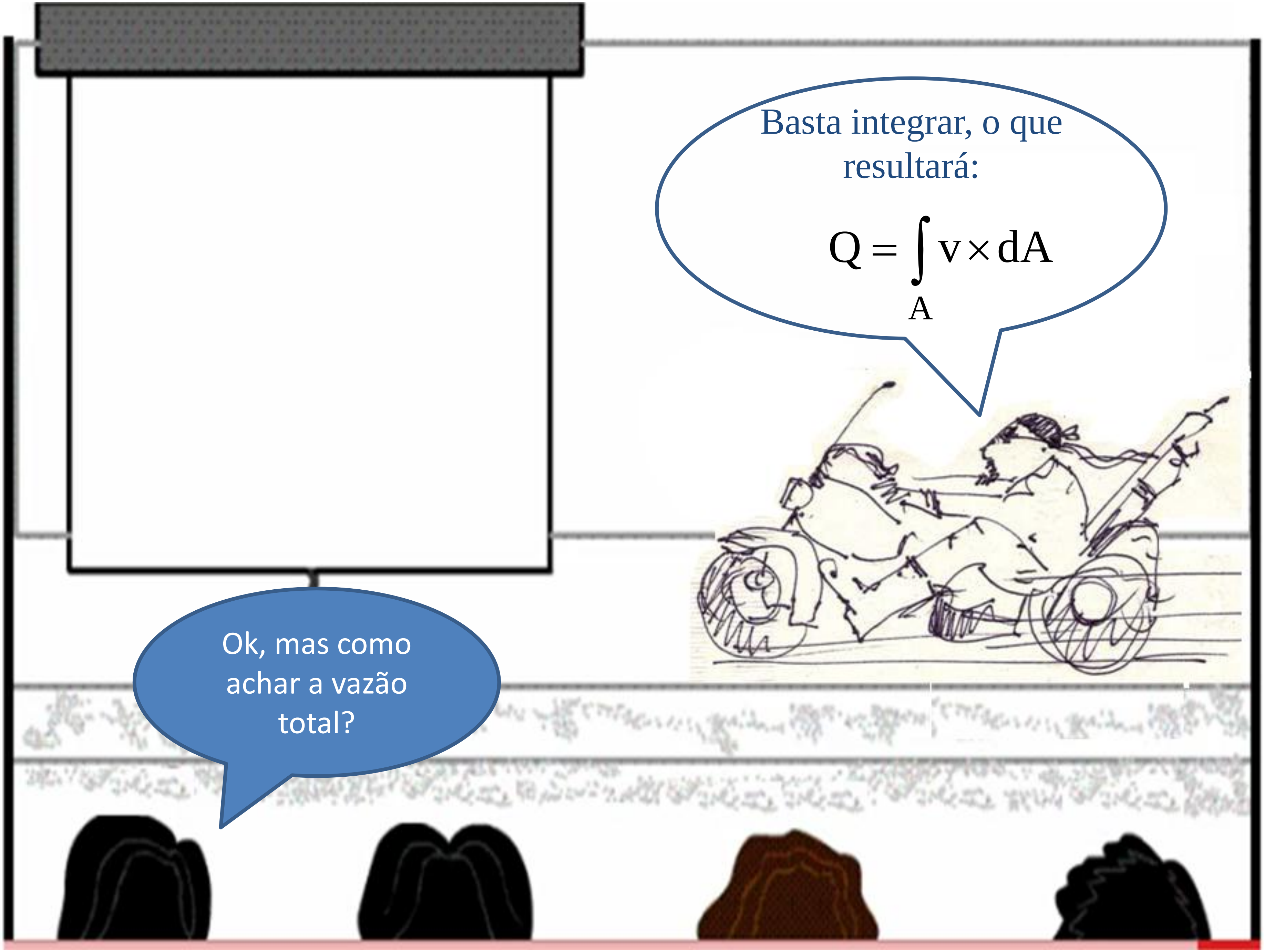


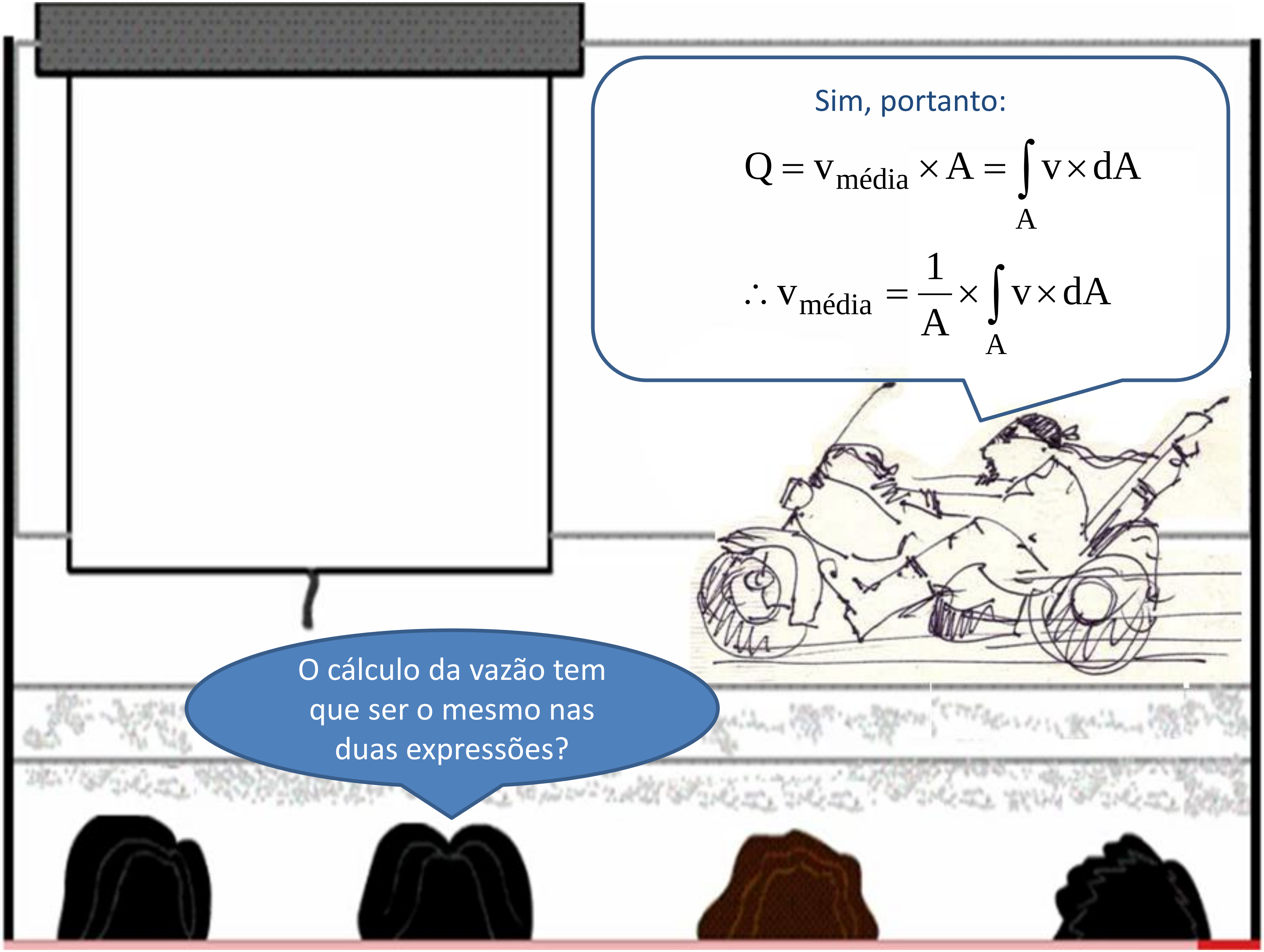
$Q = v \times A$
Importante para o dimensionamento das tubulações!
Sim, mas lembrem que eu só vou com a velocidade média!
É aí que surge : o Alemão que vá!


v_m
v_{real}
E isto pelo princípio de aderência não acontece!
A expressão anterior só é válida se a velocidade tiver uma distribuição uniforme na seção considerada.
Então é por isto que consideramos a velocidade média?


Sim!
E como obtemos a velocidade média?

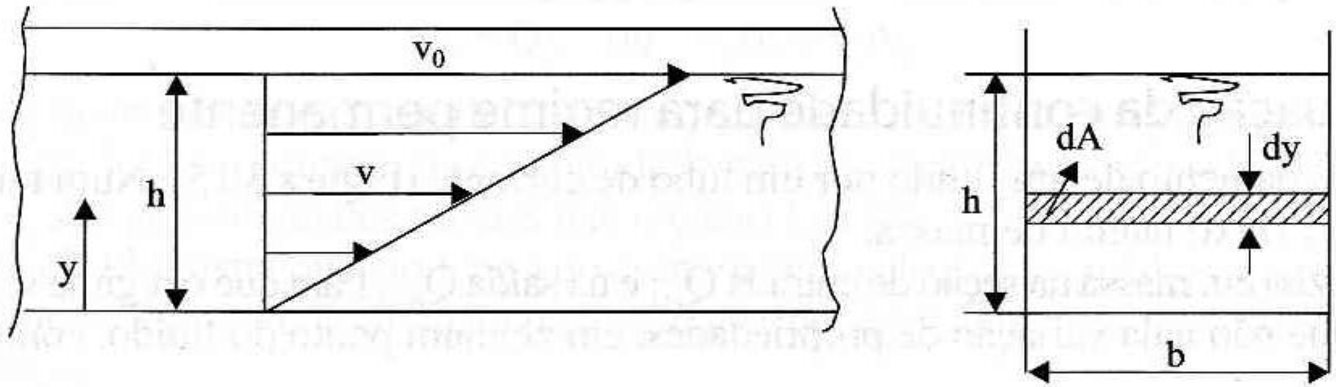

Considera-se um dA onde se tem uma única velocidade o que possibilita escrever:
$dQ = v \times dA$
A
v
dA


Basta integrar, o que resultará:
$$Q = \int_A v \times dA$$
Ok, mas como achar a vazão total?


Sim, portanto:
$$Q = v_{média} \times A = \int_A v \times dA$$
$$\therefore v_{média} = \frac{1}{A} \times \int_A v \times dA$$
O cálculo da vazão tem que ser o mesmo nas duas expressões?

Exemplo:

Determinar a velocidade média correspondente ao diagrama de velocidades a seguir. Supor que não haja variação da velocidade segundo a direção normal ao plano da figura (escoamento bidimensional).



Sendo o diagrama linear, tem-se $v = C_1 y + C_2$, com C_1 e C_2 a serem determinados pelas condições de contorno.

Para $y = 0$ $\quad$ $v = 0$, $\quad$ logo: $\quad C_2 = 0$

Para $y = h$ $\quad$ $v = v_0$, $\quad$ logo: $\quad v_0 = C_1 h \;$ e $\; C_1 = \dfrac{v_0}{h}$

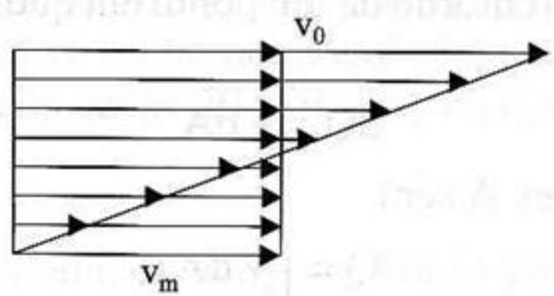
ou, finalmente, $\quad v = v_0 \dfrac{y}{h}$

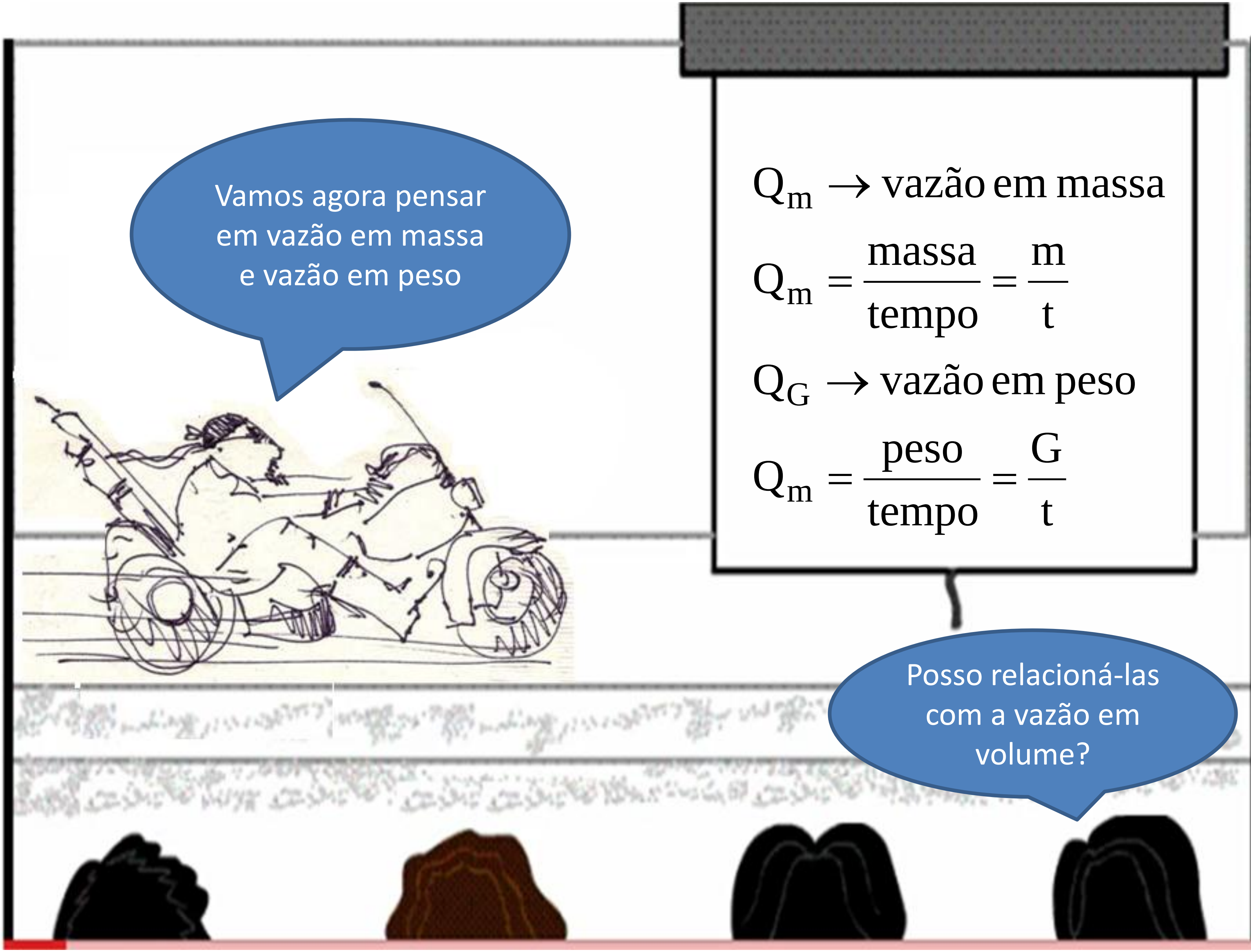
A velocidade média será dada por:

$$v_m \frac{1}{A}\int_A v\,dA = \frac{1}{bh}\int_0^h v_0 \frac{y}{h} b\,dy = \frac{v_0}{h^2}\frac{y^2}{2}\Bigg|_0^h$$

$$v_m = \frac{v_0}{2}$$

No diagrama a seguir está representado o resultado.

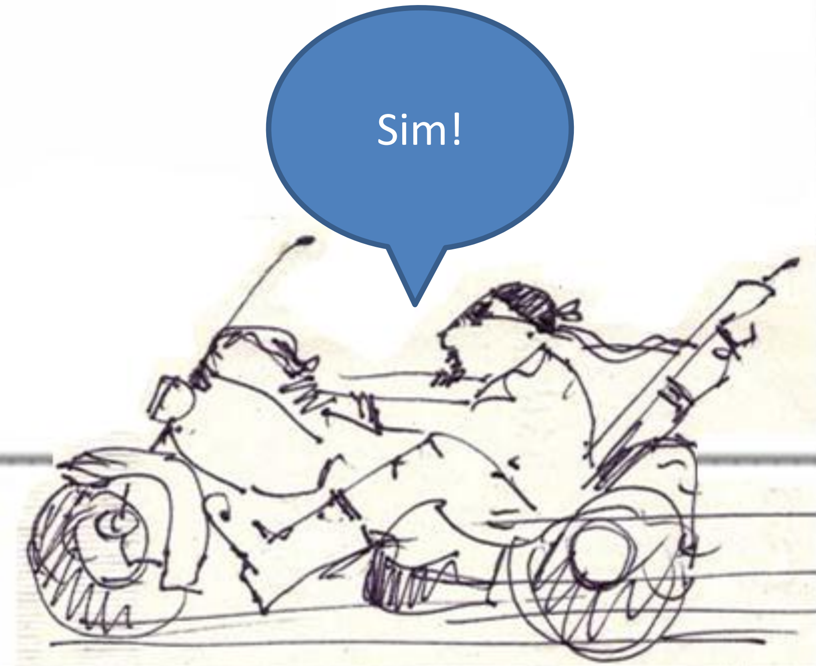



Vamos agora pensar em vazão em massa e vazão em peso
$Q_m \rightarrow$ vazão em massa
$Q_m = \frac{massa}{tempo} = \frac{m}{t}$
$Q_G \rightarrow$ vazão em peso
$Q_m = \frac{peso}{tempo} = \frac{G}{t}$
Posso relacioná-las com a vazão em volume?

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

$$Q_G = \frac{G}{t} = \frac{\gamma \times V}{t} = \gamma \times Q$$

$$Q_G = \rho \times g \times Q$$



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

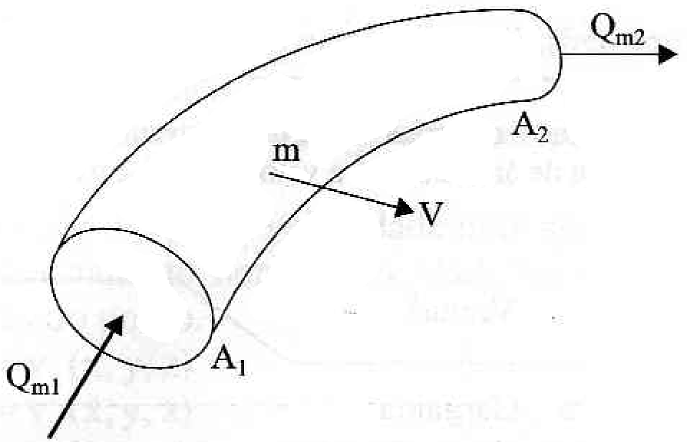
Relações:

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

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

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

Equação da continuidade para um escoamento incompressível – não podemos ter acúmulo nem falta de massa entre duas seções do escoamento.



Se, por absurdo, $Q_{m1} \neq Q_{m2}$, então em algum ponto interno ao tubo de corrente haveria ou redução ou acúmulo de massa.

Dessa forma, a massa específica nesse ponto variaria com o tempo, o que contrariaria a hipótese de regime permanente. Logo,

$$Q_{m1} = Q_{m2} \quad \text{ou} \quad \rho_1 Q_1 = \rho_2 Q_2 \quad \text{ou} \quad \rho_1 v_1 A_1 = \rho_2 v_2 A_2$$

Esta é a equação da continuidade para um fluido qualquer em regime permanente.

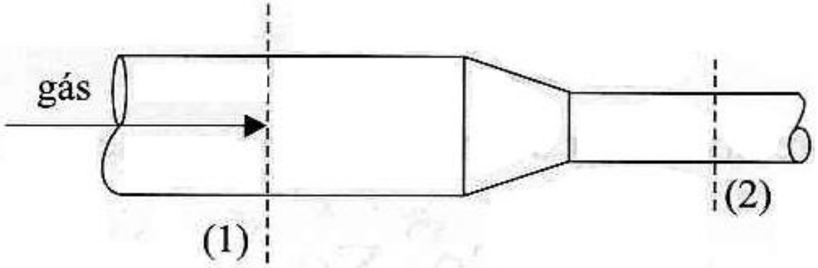
Se o fluido for incompressível, temos:

$$\rho_1 = \rho_2 = \rho = \text{cte}$$

$$\therefore Q_1 = Q_2$$

Outro exemplo:

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



Solução

$Q_{m1} = Q_{m2}$ Logo: $\rho_1 v_1 A_1 = \rho_2 v_2 A_2$

ou $v_2 = v_1 \dfrac{\rho_1}{\rho_2} \dfrac{A_1}{A_2}$

portanto, $v_2 = 30 \dfrac{4}{12} \dfrac{20}{10} = 20\ m/s$

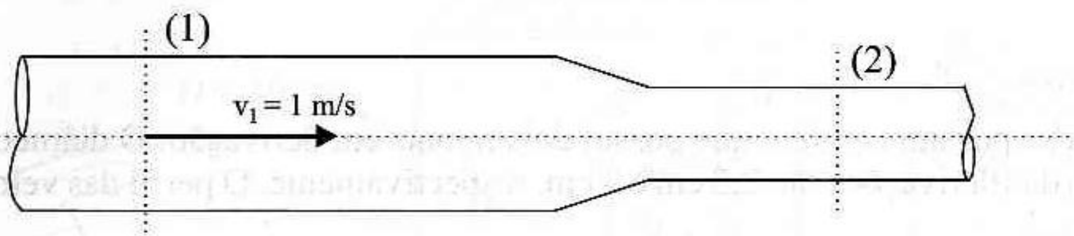
3.3 Um gás ($\gamma = 5\ N/m^3$) escoa em regime permanente com uma vazão de 5 kg/s pela seção A de um conduto retangular de seção constante de 0,5 m por 1 m. Numa seção B, o peso específico do gás é $10\ N/m^3$. Qual será a velocidade média do escoamento nas seções A e B? ($g = 10\ m/s^2$)

Resp.: $v_A = 20\ m/s$; $v_B = 10\ m/s$

3.4 Uma torneira enche de água um tanque, cuja capacidade é 6.000 L, em 1h40min. Determinar a vazão em volume, em massa e em peso em unidade do SI se $\rho_{H_2O} = 1.000\ kg/m^3$ e $g = 10\ m/s^2$.

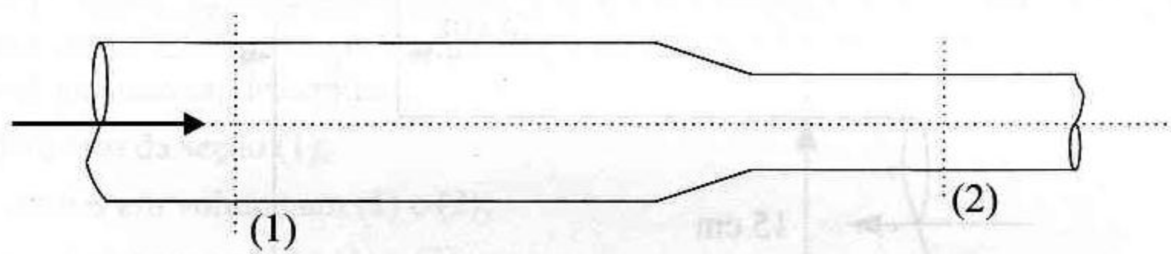
Resp.: $Q = 10^{-3}\ m^3/s$; $Q_m = 1\ kg/s$; $Q_G = 10\ N/s$

3.5 No tubo da figura, determinar a vazão em volume, em massa, em peso e a velocidade média na seção (2), sabendo que o fluido é água e que $A_1 = 10\ cm^2$ e $A_2 = 5\ cm^2$. ($\rho_{H_2O} = 1.000\ kg/m^3$, $g = 10\ m/s^2$)



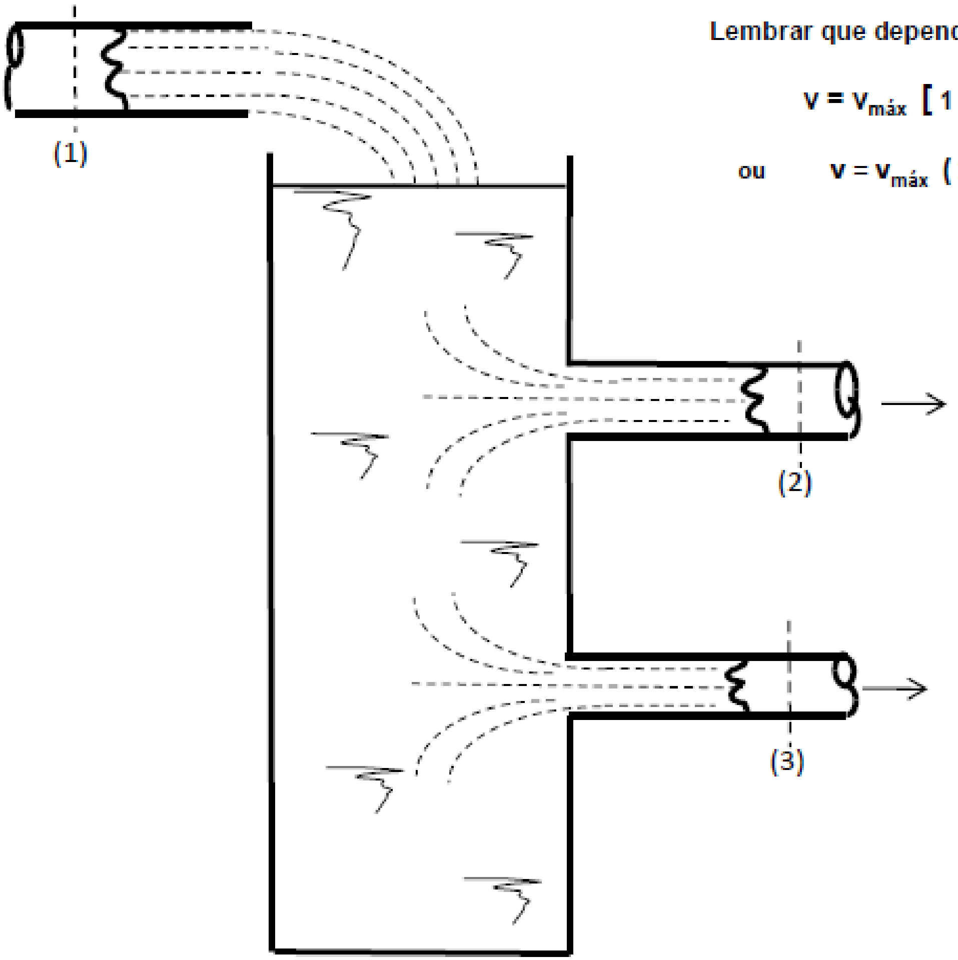
Resp.: $Q = 1\ L/s$; $Q_m = 1\ kg/s$; $Q_G = 10\ N/s$; $v_2 = 2\ m/s$.

3.6 O ar escoa num tubo convergente. A área da maior seção do tubo é $20\ cm^2$ e a da menor é $10\ cm^2$. A massa específica do ar na seção (1) é $1,2\ kg/m^3$, enquanto na seção (2) é $0,9\ kg/m^3$. Sendo a velocidade na seção (1) 10 m/s, determinar as vazões em massa, volume, em peso e a velocidade média na seção (2).



1^0)

O nível do reservatório da figura, se mantém constante, mesmo sendo de pequenas dimensões. A viscosidade do fluido em escoamento é de 150 mm^2/s. Nas seções (1) e (2) o regime de escoamento está no limite entre o laminar e o de transição; ainda laminar. Na seção (3) o regime de escoamento está no limite entre o de transição e o turbulento; já no turbulento. As velocidades no centro das seções (1) e (3) são respectivamente 2,5 m/s e 3,7 m/s.
Pede-se determinar:
a) As vazões nas três seções (1); (2) e (3).
b) Os diâmetros nas três seções (1); (2) e (3).
c) A velocidade de uma particula fluida a 1 cm da parede interna na seção (3).



Lembrar que dependendo do regime:

$$v = v_{máx} \left[1 - (r/R)^2 \right]$$

ou $$v = v_{máx} (1 - r/R)^{1/7}$$

2^0) O reservatório da figura, que se mantém a nível constante, é utilizado para preparar e engarrafar um produto que é constituído por um xarope diluído em água. O xarope tem viscosidade alta e assim, o escoamento é laminar no seu conduto de entrada de diâmetro 20 mm, onde a velocidade máxima é 3,18 m/s. O bocal de envasamento enche 200 garrafas de 750 mL com o produto em 1 minuto, alimentado por uma bomba que tem um conduto de derivação com o reservatório. No conduto de entrada da bomba de diâmetro de 40 mm, o escoamento é turbulento e tem velocidade de 2,3 m/s a 8 mm de distância da parede do conduto. Posto isto, determinar:

1. a vazão na derivação e o sentido do escoamento que deve ser indicado na figura;
2. a relação entre as vazões de xarope e água, ou seja, a que representa a composição do produto.