O cãozinho chamado Alemão nasceu com HIDROCEFALIA (acúmulo excessivo de líquido cefalorraquidiano dentro do crânio, que leva ao inchaço cerebral) e mesmo contra os diagnósticos conviveu comigo durante 3 anos, nos quais me ensinou muitas coisas, entre elas de não aceitar a resignação.

Apresento a solução do **problema 50**, cujos dados foram extraídos do vídeo publicado no canal Alemão MecFlu Resolve: https://youtu.be/liXSKua25G4.

a): Calcular o número de Reynolds e através dele classificar o escoamento incompressível em regime permanente e comparar a classificação obtida com a visualizada.

$$V = 50\text{mL}$$
$$t = 16{,}41\text{s}$$

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{50}{16{,}41} \cong 3{,}1\frac{\text{mL}}{\text{s}} = 3{,}1\times10^{-6}\,\frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$Q = v \times A \Rightarrow 3{,}1 \times 10^{-6} = v \times \frac{\pi \times (0{,}01)^2}{4}$$

$$v \cong 0{,}0395\,\frac{m}{s} \therefore \mathrm{Re} = \frac{0{,}0395 \times 0{,}01}{10^{-6}} \cong 395$$

$$\mathrm{Re} < 2000 \Rightarrow \text{escoamento laminar}$$

$$\therefore \text{ observado igual ao calculado}$$

b: Calcular o número de Reynolds e através dele classificar o escoamento incompressível em regime permanente e comparar a classificação obtida com a visualizada.

$$V = 550\,\text{mL}$$

$$t = 5{,}46\,\text{s}$$

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{550}{5{,}46} \cong 100{,}7\,\frac{\text{mL}}{s} = 1{,}01 \times 10^{-4}\,\frac{m^3}{s}$$

$$Q = v \times A \Rightarrow 1{,}01 \times 10^{-4} = v \times \frac{\pi \times (0{,}01)^2}{4}$$

$$v \cong 1{,}29\,\frac{m}{s} \approx 1{,}3\,\frac{m}{s} \therefore \mathrm{Re} = \frac{1{,}3 \times 0{,}01}{10^{-6}} \cong 13000$$

$$\mathrm{Re} > 4000 \Rightarrow \text{escoamento turbulento}$$

observado igual ao calculado

3.6. Diâmetro hidráulico (D_H)

No intuito de generalizar as equações estabelecidas para condutos forçados (fluido tem contato total com a parede interno do conduto) e de seção transversal circular, foi introduzido o conceito de diâmetro hidráulico que é definido pela equação 28.

$$D_H = 4 \times R_H \qquad \text{equação 28}$$

Onde R_H é o raio hidráulico que é definido pela equação 29.

$$R_H = \frac{A}{\sigma} = \frac{\text{área da seção formada pelo fluido}}{\text{perímetro molhado}} \qquad \text{equação 29}$$

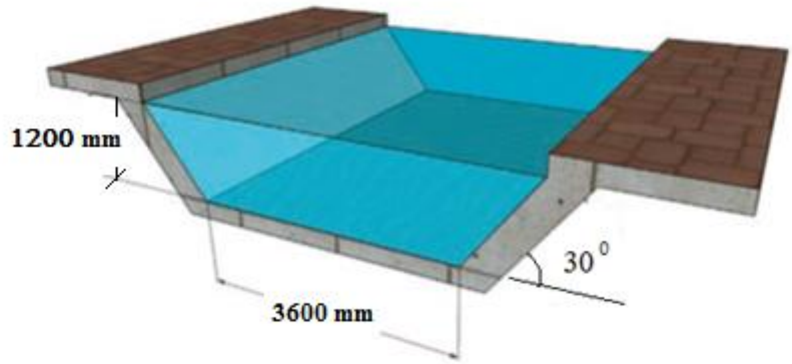
Observações:

- perímetro molhado é caracterizado pelo contato do fluido com parede sólida;
- tratando-se de seção circular forçada o diâmetro hidráulico é igual ao diâmetro interno, como demonstrado a seguir:

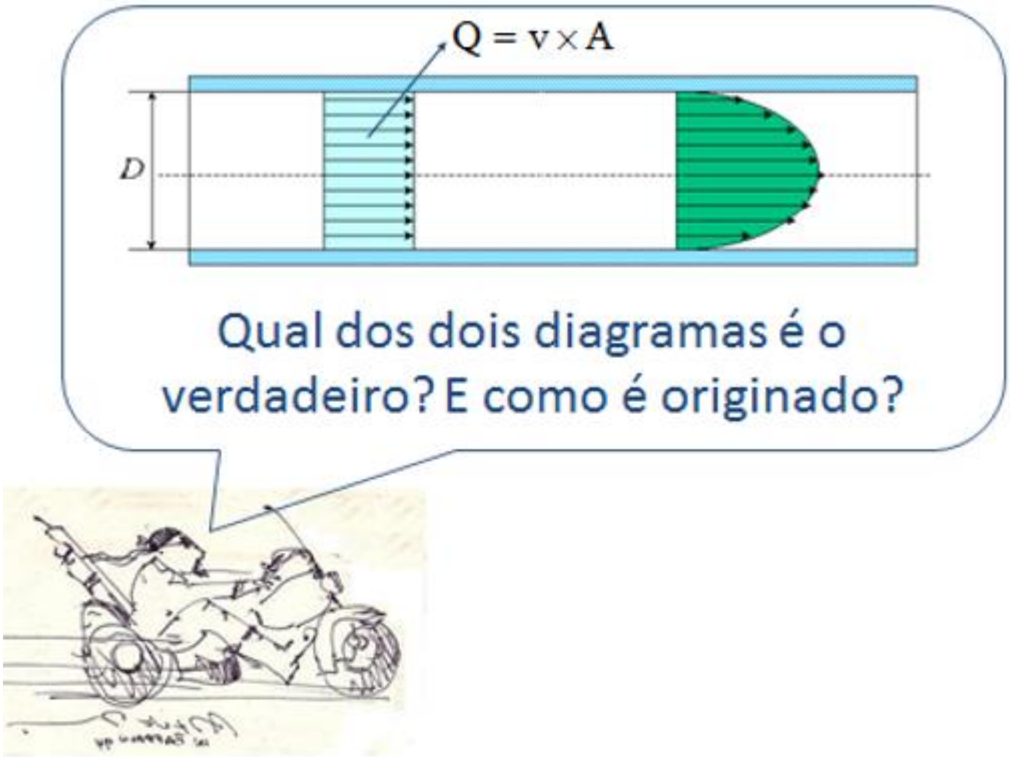
$D_H = 4 \times \frac{\pi R^2}{2\pi R} = 2R = D$, portanto podemos substituir os diâmetros (D) das equações pelos diâmetros hidráulicos (D_H) e nada se altera.

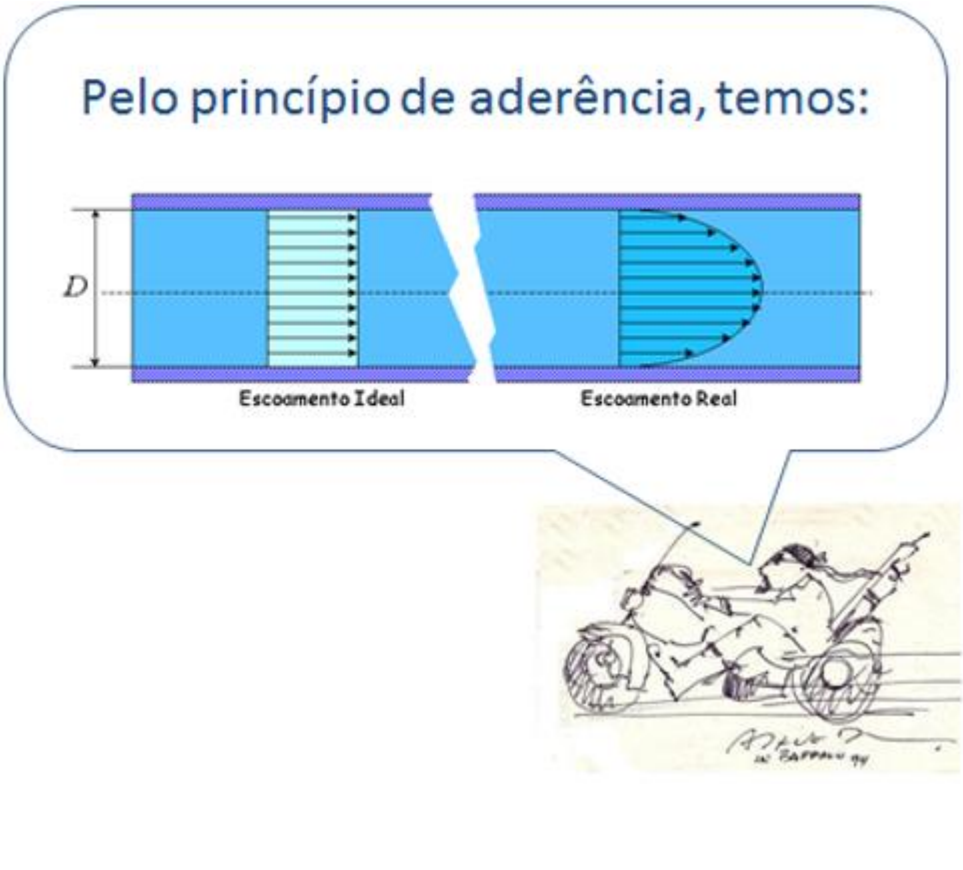
Exercício 51: Considerando que a vazão de água (γ = 1000 kgf/m³ e $\nu = 10^{-6}$ m²/s) que passa no canal cuja seção transversal e representada a seguir é igual a 13628,3 L/s e que o diâmetro hidráulico é um parâmetro importante no dimensionamento de canais, tubos, dutos e outros componentes das obras hidráulicas sendo igual a quatro (4) vezes à razão entre a área da seção transversal formada pelo fluido e o perímetro molhado, pede-se:

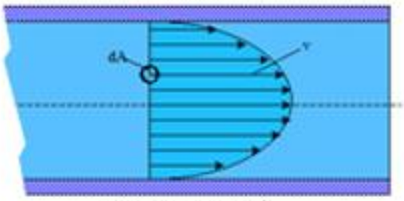
a. o diâmetro e o raio hidráulico do canal;
b. o número de Reynolds e a classificação do escoamento na seção considerada



3.7. Cálculo da velocidade média para o escoamento laminar e turbulento





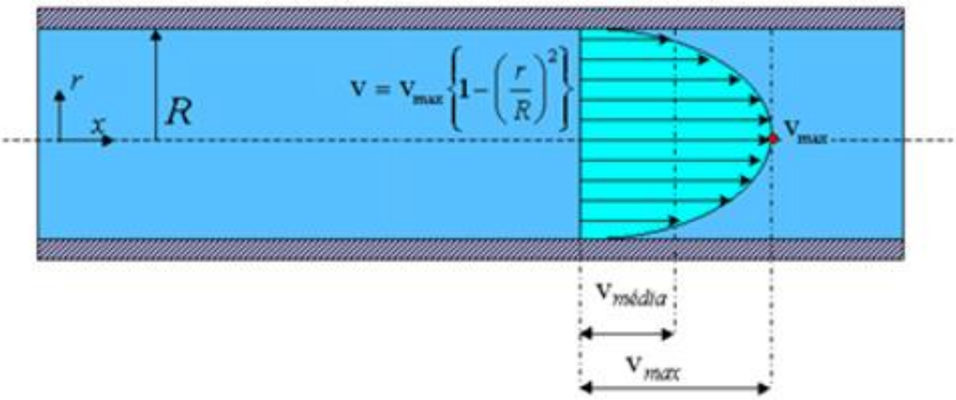


Escoamento Real

$$dA \Rightarrow dq$$

$$dq = v \times dA \therefore \begin{cases} Q = \int_A v \times dA \rightarrow v = f(r) \\ Q \cong \sum dq \end{cases}$$

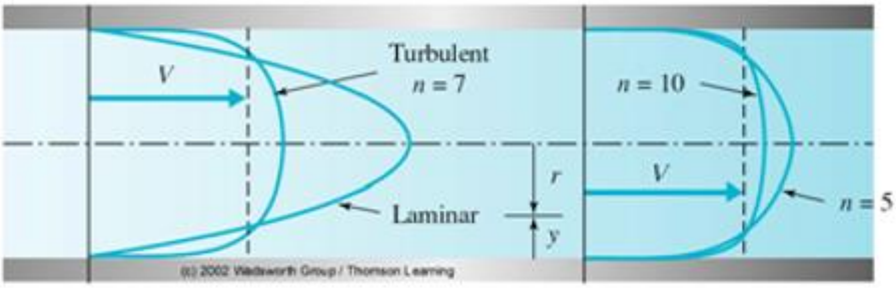
Escoamento laminar em um conduto forçado de seção circular



$$v_{média} = \frac{1}{\pi \times R^2} \times \int_0^R \left[v_{max} \times \left(\frac{R^2 - r^2}{R^2} \right) \right] \times 2\pi \times r \times dr$$

$$v_{média} = \frac{v_{máx}}{2}$$

Escoamento turbulento em um conduto forçado de seção circular



$$v = v_{max} \times \left(1 - \frac{r}{R}\right)^{1/7}$$

$$v_{média} = \frac{1}{\pi \times R^2} \times \int_0^R \left[v_{max} \times \left(1 - \frac{r}{R}\right)^{1/7} \right] \times 2\pi \times r \times dr$$

$$v_{média} = \frac{49}{60} \times v_{máx}$$

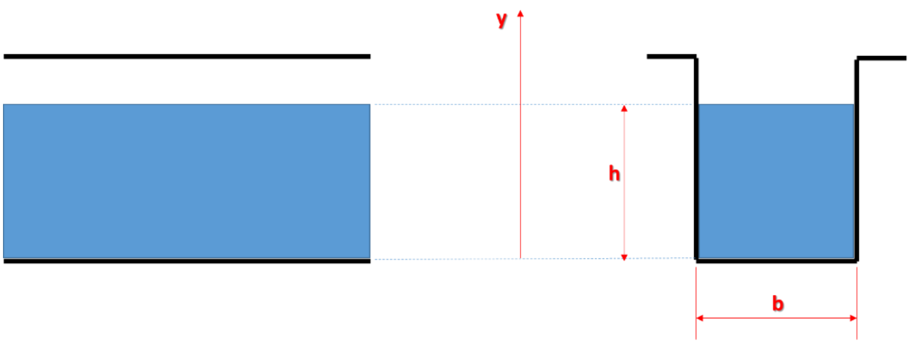
No caso de não ser um conduto forçado de seção circular a vazão e a velocidade média são calculadas pelas equações 30 e 31 respectivamente:

$$v_{média} = \frac{1}{A} \times \int_A v \times dA = \frac{1}{A} \times \int_A (\text{função da velocidade}) \times dA$$ equação 30

$$Q = \int_A v \times dA = \int_A (\text{função da velocidade}) \times dA$$ equação 31

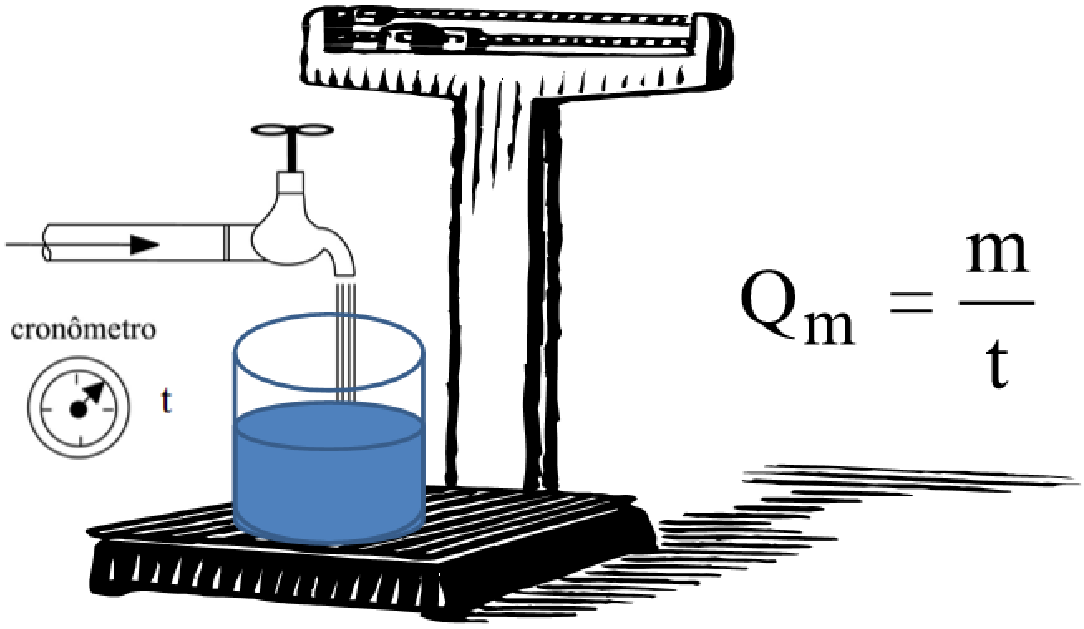
Exercício 52: Um canal retangular de largura b = 2 m, a altura do fluido (h) é de 1,5 m. o diagrama de velocidade em função de uma coordenada (y) perpendicular à base é $v = C_1 y^3 + C_2 y$ com [v] em "m/s" e [y] em "m", sabe-se que na superfície livre do fluido a velocidade é 4 m/s e a 0,5 m do fundo é 1 m/s. nesta situação pede-se a vazão no canal. Veja a solução no canal do YouTube Alemão MecFlu Resolve:

https://www.youtube.com/watch?v=2xidrb1hafc



3.8. Vazão em massa (Q_m)

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.



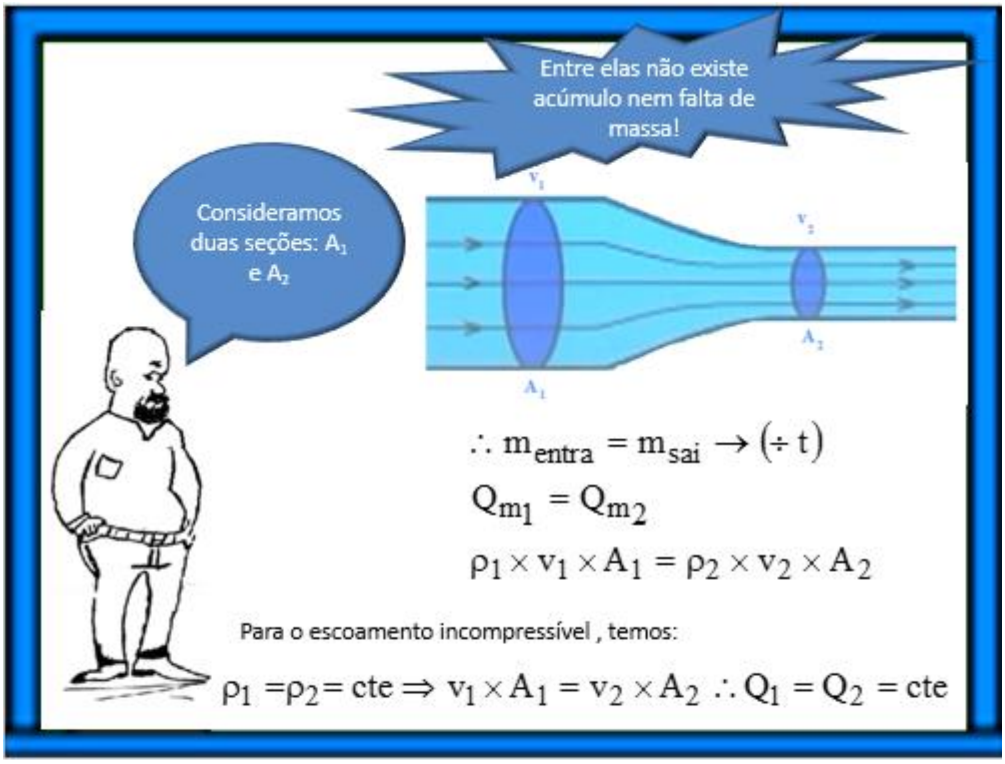
$$Q_m = \frac{m}{t}$$

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

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

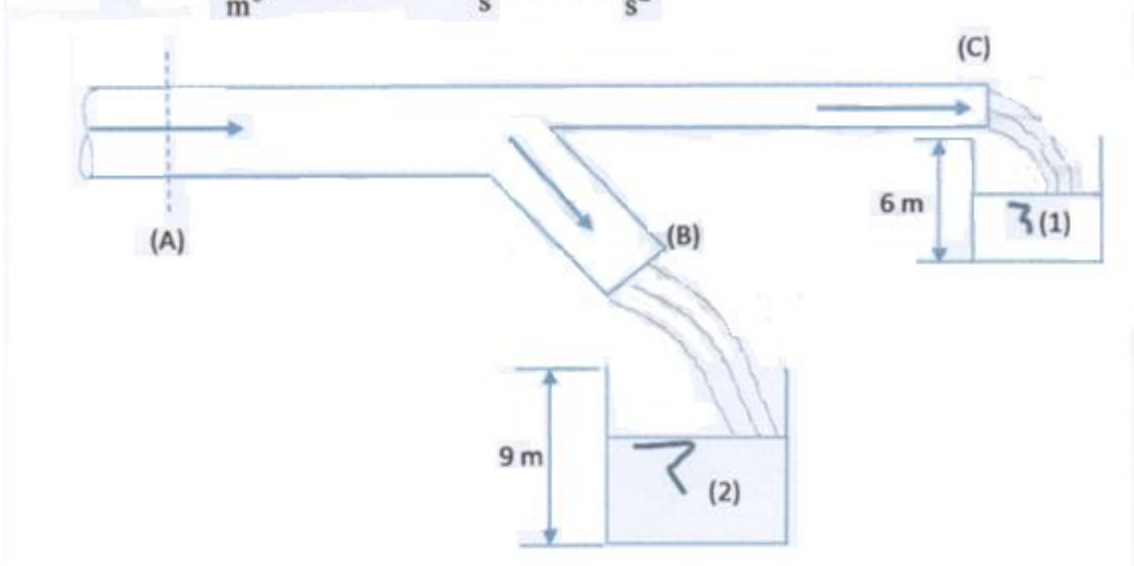
$$Q_m = \rho \times v \times A$$

3.9. Equação da conservação em massa ou equação da continuidade

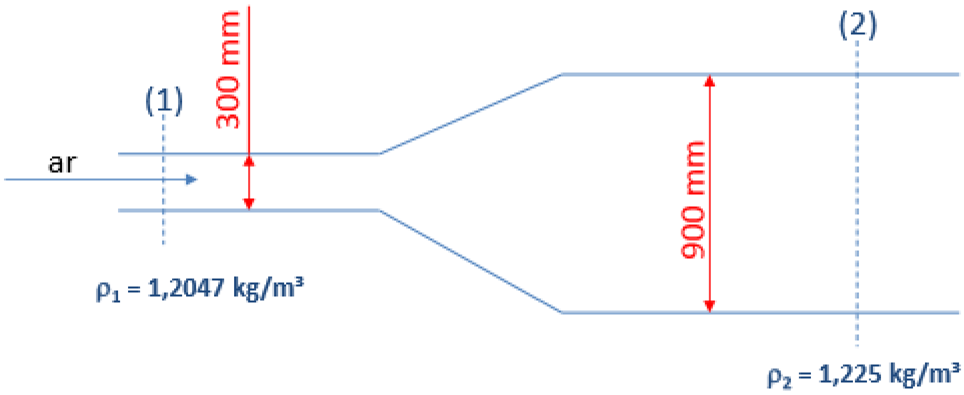


Exercício 53: Os reservatórios da figura a seguir são cúbicos. Sabendo que o número de Reynolds na seção A é 3,6 x 10^6, que o diâmetro nessa seção, que é circular e forçada, é 0,6 m e que o tempo para encher o reservatório (1) completamente foi de 250 s, determine: a vazão em massa que saí em B e o tempo para encher completamente o reservatório (2).

Dados: $\rho = 900 \frac{kg}{m^3}; \nu = 1,2 \times 10^{-6} \frac{m^2}{s}$ e $g = 9,8 \frac{m}{s^2}$



Exercício 54: No trecho a seguir na seção 1 o ar tem uma velocidade igual a 75 m/s. Calcule: a vazão em volume em 1; a vazão em massa e a velocidade média na seção 2.



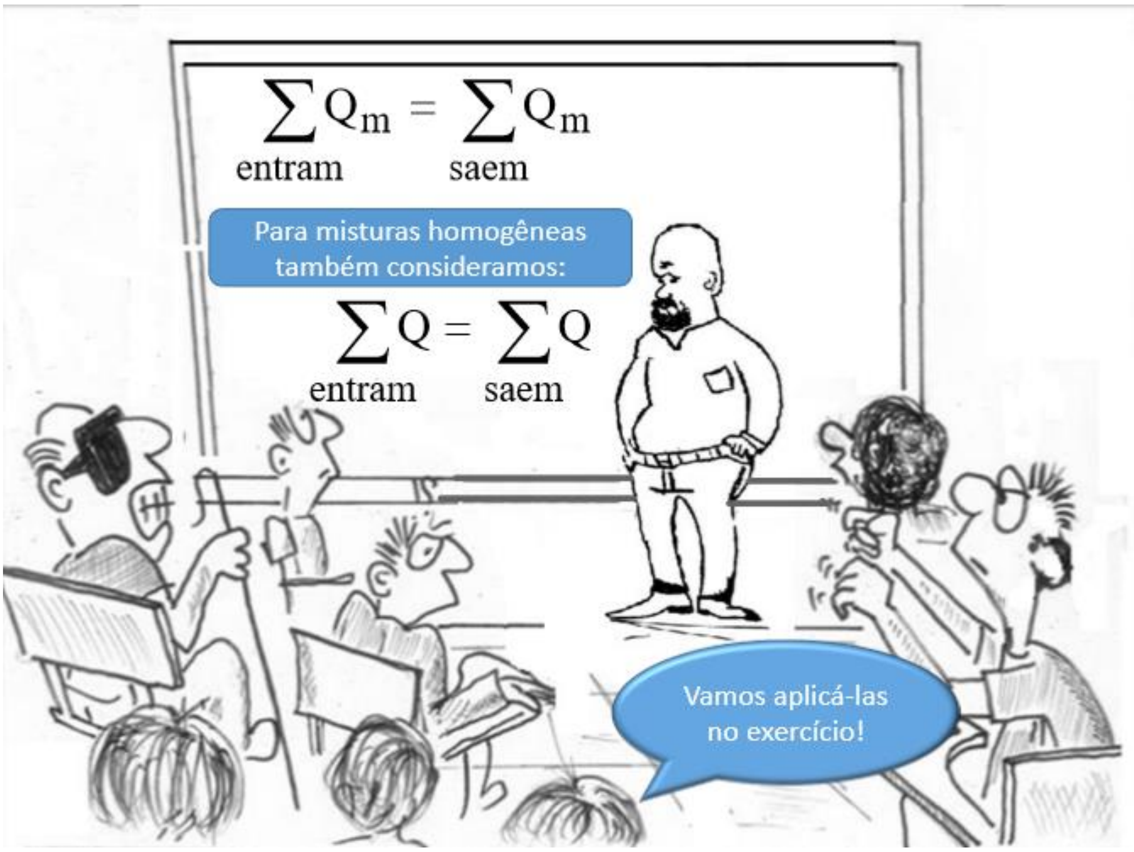
3.10. Vazão em peso (Q_G) e a relação entre as vazões

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.

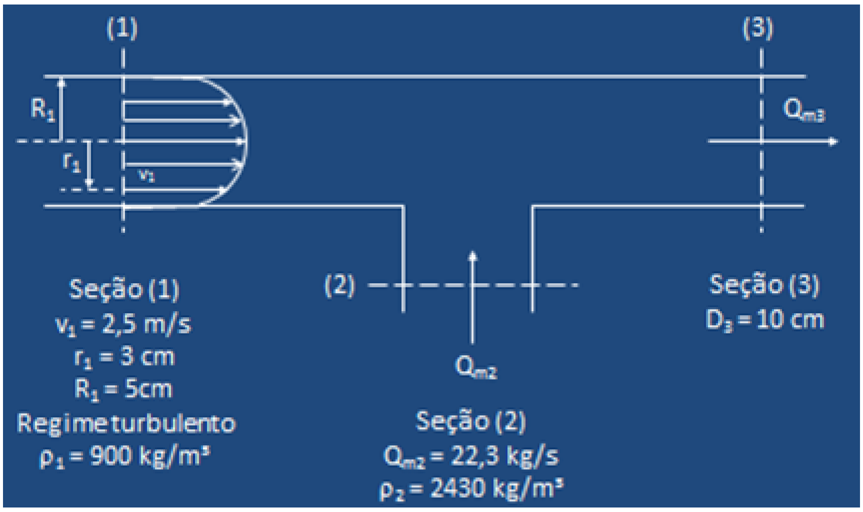
$$Q_G = \frac{G}{t} = \frac{g \times m}{t} = g \times Q_m = g \times \rho \times Q = \gamma \times Q = \gamma \times v \times A$$

	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

3.11. Equação da conservação de massa (ou da continuidade) para um sistema com diversas entradas e diversas saídas



Exercício 55: Para a tubulação representada a seguir pede-se: a vazão em massa na seção (1) e a massa específica em (3) para que a mistura formada seja considerada homogênea.



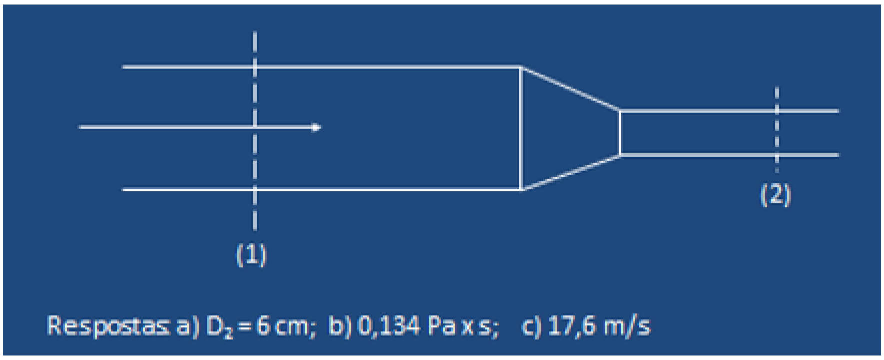
https://www.youtube.com/watch?v=TabGwVD1yck

Exercício 56: No tubo da figura a seção (1) tem um diâmetro D_1 = 18 cm e o líquido apresenta um escoamento laminar com número de Reynolds igual a 2000, já na seção (2) o escoamento é turbulento com número de Reynolds igual a 6000. Na seção (1) o líquido tem uma velocidade igual a 3 m/s a 5 cm da parede do tubo, calcule:

a) o diâmetro da seção (2);

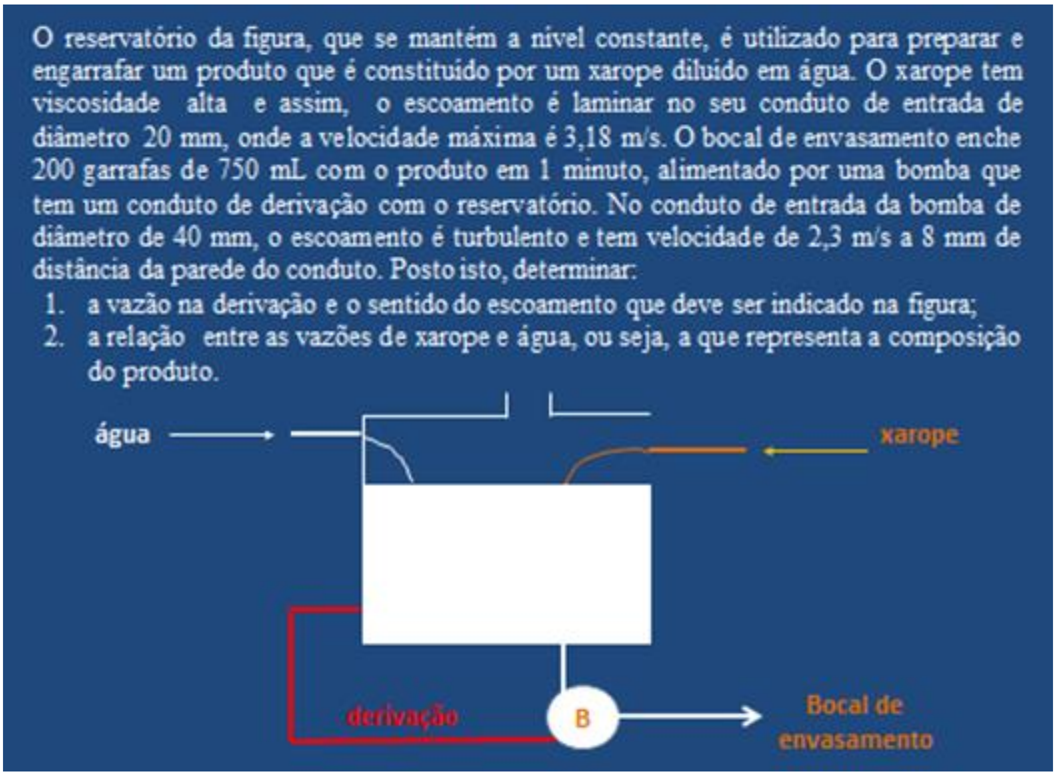
b) a viscosidade dinâmica do líquido se sua massa específica é igual a 800 kg/m³;

c) a velocidade na seção (2) a 1 cm da parede.



https://www.youtube.com/watch?v=TeE3Jlpp4aU

Exercício 57:



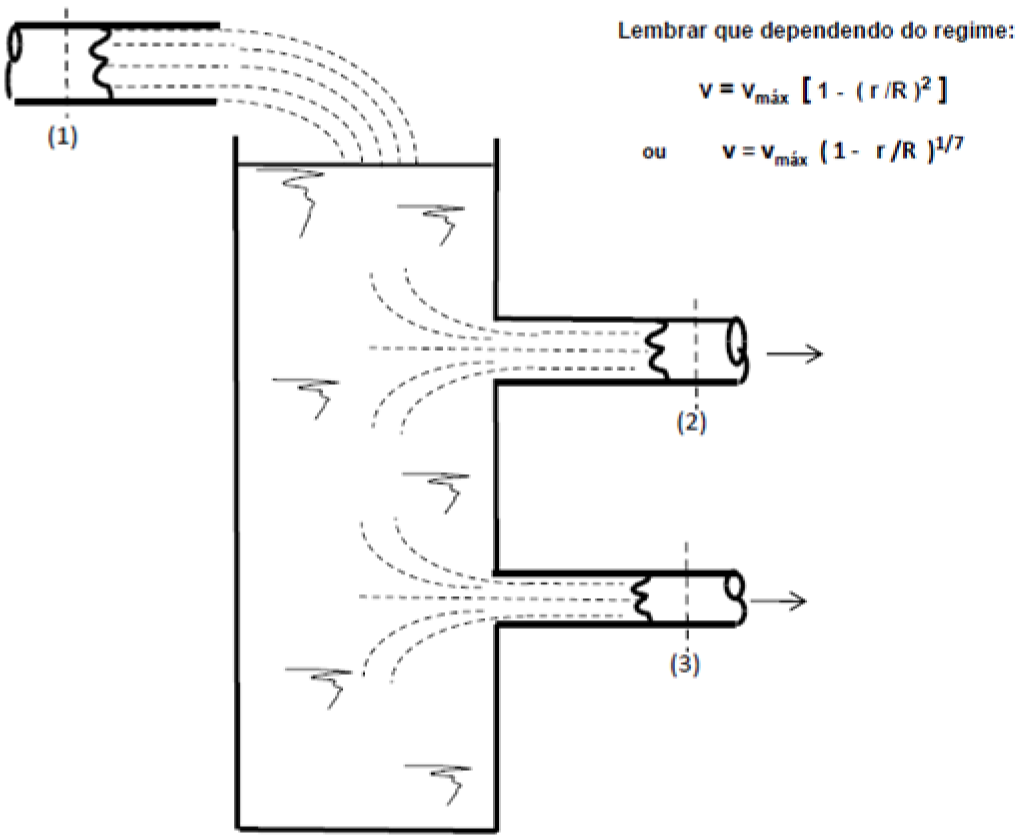
O reservatório da figura, que se mantém a nível constante, é utilizado para preparar e engarrafar um produto que é constituído por um xarope diluído em água. O xarope tem viscosidade alta e assim, o escoamento é laminar no seu conduto de entrada de diâmetro 20 mm, onde a velocidade máxima é 3,18 m/s. 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.

https://www.youtube.com/watch?v=_vFcb1ZOQqE

Exercício 58: 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 partícula fluida a 1 cm da parede interna na seção (3).

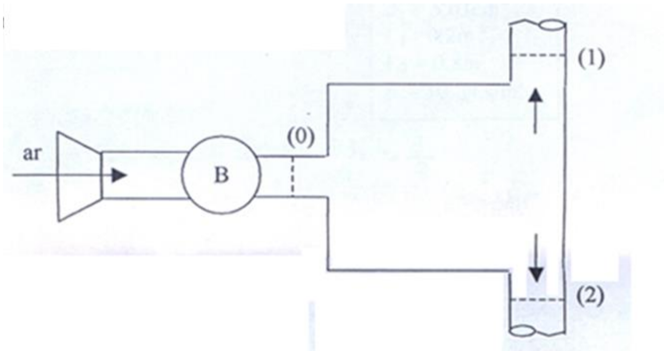


https://www.youtube.com/watch?v=PJ-TKagMzgw

Exercício 59: O insuflador de ar da figura fornece 4 kg/s na seção (0). O sistema está em regime permanente. Nas seções (1) e (2) deseja-se que o número de Reynolds seja 10^5 para que o movimento turbulento favoreça a homogeneização das temperaturas. Dados D_1 = 40 cm; ρ_1 = 1,2 kg/m³; μ_1 = 2,4 x 10^{-5} N x s/m²; ρ_2 = 0,95 kg/m³ e μ_2 = 7,6 x 10^{-5} N x s/m².

Pede-se:

a. o diâmetro D_2;
b. a vazão em volume e em massa nas seções (1) e (2)



https://www.youtube.com/watch?v=xfKRF-OewDo

Exercício 60: No laboratório, decide-se fazer a medida de viscosidade dinâmica de um fluido utilizando-se a experiência de Reynolds. Inicialmente realiza-se um ensaio com a água (ν = 10^{-6} m²/s e ρ = 1000 kg/m³). Neste ensaio quando acontece a passagem da transição para o turbulento, já turbulento, é recolhido no recipiente graduado o volume de 400 mL em 50 s. Nesta condição o recipiente com água é submetido a uma balança, obtendo-se 0,7 kg. Com o fluido em estudo verifica-se que na passagem do laminar para o escoamento de transição, ainda laminar, recolhe-se 900 mL no recipiente graduado, em 30 s. Nesta condição, na balança o recipiente graduado com o fluido em estudo registra-se 1 kg. Qual a viscosidade do fluido em estudo em Pa x s.

https://www.youtube.com/watch?v=UJ4oiNGyzwo