
Prof. Diego Falceta

ACH5514 - Fenômenos dos Transportes

Lista de Exercícios – Parte 3

Fluidos viscosos; Turbulência

(quando não informado, use a viscosidade dinâmica para água de $\mu=10^{-3}\text{Pa}\cdot\text{s}$)

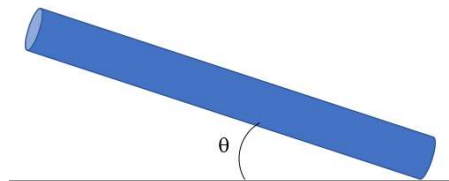
Exercício 01 – Tome a equação de Navier-Stokes considerando apenas os termos de aceleração, viscosidade e pressão.

- Explique cada termo da equação com suas palavras, descrevendo o papel de cada um nos aspectos físicos da fluidodinâmica. Indique qual termo é responsável pelo aparecimento da turbulência.
- O número de Reynolds é dado pela relação $R = \rho v l / \mu$, onde l representa a escala de tamanho da perturbação no campo de velocidade. Explique o que esta razão representa.

Exercício 02 – Uma barca de ferry de fundo chato desliza com uma velocidade de 3m/s sobre a água. Determine a que distância da proa da barca ocorre a transição para escoamento turbulento, sendo que o mesmo ocorre para $Re = 10^5$.

Exercício 03 – A queda de pressão de um tubo horizontal de 2cm de diâmetro, e 15m de comprimento, foi medida como sendo de 60Pa. Determine a vazão de água no tubo. (resp: 2,18L/s)

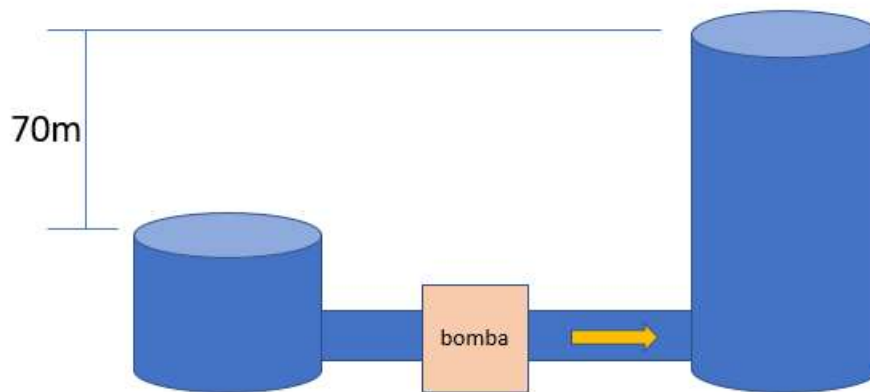
Exercício 04 – Um tubo cilíndrico, de 10mm de diâmetro, é posicionado de forma inclinada, com um ângulo θ com a direção horizontal, de forma que água flua pela ação da gravidade, com um número de Reynolds de 1500, sem sofrer perda de pressão devido à viscosidade. Determine o valor de θ e a vazão de água. (resposta: 0,12 graus e $7,7 \times 10^{-6} \text{m}^3/\text{s}$)



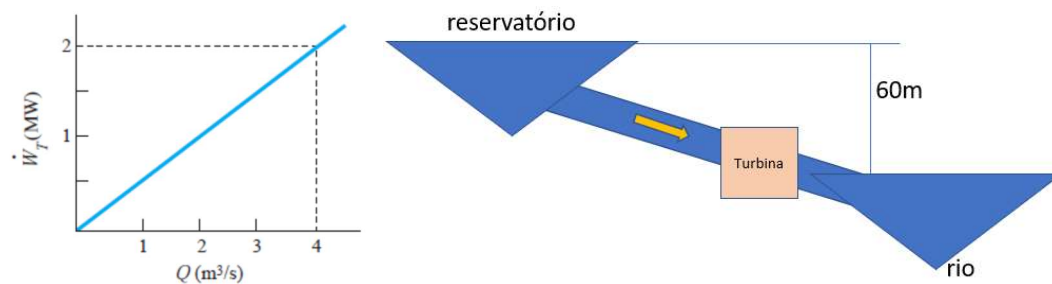
Exercício 05 – Um tubo cilíndrico de 2mm de diâmetro é posto verticalmente, e água flui sob ação da gravidade de forma que a pressão ao longo do tubo permaneça constante. Este fluxo

pode ser considerado laminar ou turbulento? Qual a vazão esperada na saída do tubo? (resposta: $3,85 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$)

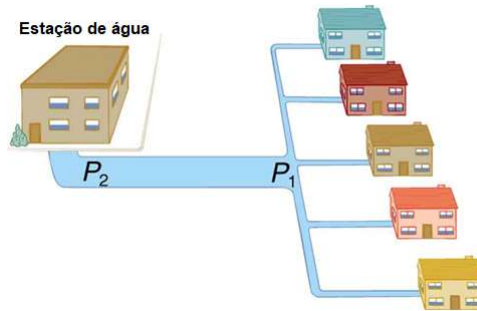
Exercício 06 – Dois reservatórios estão conectados por um tubo horizontal cilíndrico, de 800m de comprimento, e de 4cm de diâmetro. A diferença de altura entre os níveis de água dos reservatórios é de 70m. Para que um fluxo de $0,01 \text{ m}^3/\text{s}$ seja mantido de forma constante, do reservatório mais baixo para o mais alto, uma bomba hidráulica é instalada em algum ponto do tubo horizontal. Determine se o fluxo pode ser considerado laminar ou turbulento, a perda de pressão devido à viscosidade ao longo do tubo, e a potência necessária para que a bomba possa manter esse fluxo entre os reservatórios. (resposta: $P=100\text{kW}$)



Exercício 07 – Uma usina hidroelétrica funciona a partir da transferência de energia cinética da água que escoar por ação da gravidade para turbinas com componentes eletromagnéticos, geradores de potenciais elétricos. Uma turbina de sua função de conversão de energia descrita no gráfico abaixo. Determine qual seria a máxima produção de energia elétrica para uma usina como a da figura abaixo, assumindo que o fluxo é turbulento ($f = 0,02$). O duto possui comprimento de 1000m e 1,2m de diâmetro. Compare a resposta com a perda viscosa. (resposta: 4,8MW).



Exercício 08 – Na figura abaixo, a tubulação de alimentação de um bairro possui comprimento 5km e diâmetro igual a 1m. No horário de pico de consumo do dia, um manômetro indica que a queda de pressão entre a estação de bombeamento e o ponto de alimentação do bairro está em 1kPa. Sabe-se que cada residência utiliza, no horário de pico, cerca de 200L/h. Quantas residências poderiam ser alimentadas por esta estação de bombeamento, sem perda no regime de suprimento? (resposta: aprox. 350mil)



Exercício 09 – Tome a equação de Navier-Stokes considerando apenas os termos de aceleração, viscosidade e pressão. Depois considere que o fluido tem uma velocidade de deslocamento na forma $\vec{v} = (v_x + \delta v_x)\hat{i} + \delta v_y\hat{j}$, onde os termos δ representam flutuações turbulentas isotrópicas. Ou seja, \vec{v} é um campo de velocidade com componente horizontal principal, superposta por flutuações turbulentas. Mostre, ao se fazer a média temporal (símbolo $\langle \rangle$) da equação de Navier-Stokes, a componente em x desta equação se reduz a:

$$\rho \frac{\partial}{\partial y} \langle \delta v_x \delta v_y \rangle = -\frac{\partial \langle p \rangle}{\partial x} + \frac{\partial^2 \langle \delta v_x \rangle}{\partial y^2}$$

Exercício 10 – Na tabela abaixo estão dados os valores das componentes horizontais (u e v) medidos em uma superfície de um reservatório de água de grandes dimensões. Determine:

- Média temporal de u e v;
- Média temporal das flutuações de u, v e u.v

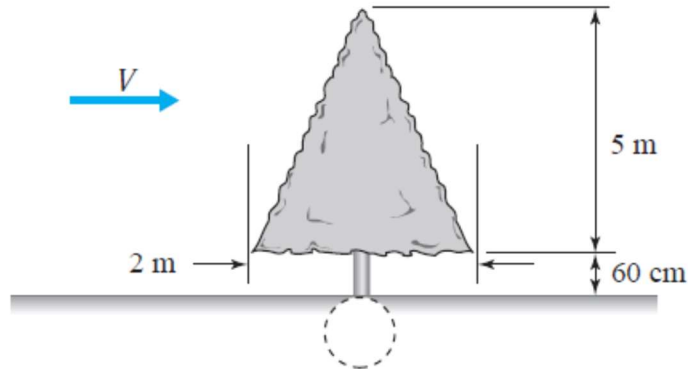
t (s)	u (m/s)	v (m/s)	t (s)	u (m/s)	v (m/s)
0.00	16.1	1.6	0.06	17.1	-1.4
0.01	25.7	-5.4	0.07	28.6	6.7
0.02	10.6	-8.6	0.08	6.7	-5.2
0.03	17.3	3.5	0.09	19.2	-8.2
0.04	5.2	4.1	0.10	21.6	1.5
0.05	10.2	-6.0			

Exercício 11 – Num dado sistema de tubos conectados, em uma determinada junção, o escoamento da água varia de laminar para turbulento. A velocidade inicial do fluxo era de 5m/s, a amplitude das flutuações turbulentas é de 20% da velocidade inicial, e o tubo tem 5cm de diâmetro.

- Explique o que ocorre com a pressão local na região onde o fluxo se torna turbulento;
- Estime o valor da densidade de energia cinética turbulenta, e compare com a densidade de energia cinética do fluxo laminar.
- Estime o valor da taxa de dissipação da energia cinética turbulenta.

Exercício 12 – Água flui, a 32°C , pela saída de uma torneira de $1,5\text{cm}$ de diâmetro a uma velocidade média de 2 m/s . Explique se você espera que o fluxo saia laminar ou turbulento?

Exercício 13 – Uma árvore plantada recentemente tem seu enraizamento limitado a uma bola de terra, capaz de resistir a um momento de força de 5000Nm . Determine a menor velocidade de vento capaz de arrancar a árvore? (assuma $C_D = 0,4$ e a densidade do ar 1kg/m^3).



Exercício 14 – Uma placa de sinalização retangular, de dimensões $2\text{ m} \times 3\text{ m}$ e 10kg de massa, é apoiada em 4 pontos de apoio (pés) de 20cm de altura, distantes entre si em $2,2\text{ m}$. Determine a velocidade de vento para que a placa tombe. Despreze a massa dos pés. (assuma $C_D = 1,0$ e a densidade do ar 1kg/m^3). (resp: aprox. 20km/h)

