

REOLOGIA E ESTRUTURA DE ALIMENTOS (ENG. ALIMENTAR)

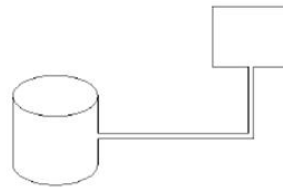
RESOLUÇÃO DO EXERCÍCIO 7

Problema 7: Pretende-se bombear polpa liquefeita de abacate com uma densidade de 950 Kg.m^{-3} (viscosidade aparente de $2,9 \pm 0,06 \text{ Pa.s}$ a 10 s^{-1} e $1,7 \pm 0,04 \text{ Pa.s}$ a 20 s^{-1}) através de um tubo de aço inox com 4 cm de diâmetro desde o liquidificador até ao tanque de mistura. Este encontra-se situado a 5 m de altura e a 10 m de distância do liquidificador. O caudal requerido é de $0,003 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ e o tubo tem um cotovelo de 90° . Calcule:

- A velocidade média do fluido no tubo.
- O número de Reynolds.
- O factor de atrito f .
- As energias potencial, cinética e de atrito por unidade de massa.
- A energia total e a potência da bomba.

Considere: Aceleração da gravidade $9,8 \text{ m.s}^{-2}$ e o K_f para o cotovelo de 0,9.

Considere ainda o seguinte diagrama:



Dados do problema:

diâmetro tubo = 4 cm = 0.04 m

$Q = 0,003 \text{ m}^3/\text{s}$

$\rho = 950 \text{ Kg/m}^3$

cotovelo 90° - $K_f = 0.9$

$\eta_A = 2,9 \text{ Pa.s}$ ($\gamma = 10 \text{ s}^{-1}$)

$\eta_B = 1,7 \text{ Pa.s}$ ($\gamma = 20 \text{ s}^{-1}$)

Nota: considerar valor médio da viscosidade aparente

a) $v_{méd}$?

$$A = \pi \times r^2$$

$$A = 3,14 \times (0,04/2)^2 = 0.0013 \text{ m}^2$$

$$Q = A \times v_{méd} \quad \mathbf{v_{méd} = 2.31 \text{ m/s}}$$

b) Re' ?

$$Re' = \frac{\rho \cdot v^{2-n} \cdot D^n}{8^{n-1} K} \left(\frac{4n}{1+3n} \right)^n$$

determinar n e k !

1ª opção:

$$\eta_a = k \times \dot{\gamma}^{n-1} \quad \log \eta_a = \log k + (n-1) \log \dot{\gamma} \quad (\text{eq. da reta: } y = mx + b)$$

$$\begin{cases} \log 2,9 = \log k + (n-1) \log 10 \\ \log 1,7 = \log k + (n-1) \log 20 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 0,462 = \log k + (n-1) \times 1 \\ 0,230 = \log k + (n-1) \times 1,301 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 0,462 - (n-1) = \log k \\ \dots \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 1,462 - n = \log k \\ 0,230 = 1,462 - n + 1,301(n-1) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \dots \\ -1,232 = -n + 1,301n - 1,301 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \dots \\ 0,069 = 0,301n \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 1,462 - 0,23 = \log k \\ n = 0,23 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} k = 10^{1,232} \\ \dots \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} k = 17,1 \text{ Pa.s}^n \\ n = 0,23 \end{cases}$$

2ª opção:

x	y	$m = \Delta y / \Delta x = (0.23 - 0.462) / (1.3 - 1) = -0.76$
log vel def	log visc	
1	0.462	$y = mx + b$
1.3	0.230	$b = y - mx$

substituindo um dos casos:

$$b = 0.462 + 0.76 \times 1 \quad \log k = b \quad k = 10^{1.266} = 18.5 \text{ Pa.s}^{0.23}$$

$$b = 1.266 \quad (n-1) = m \quad n = -0.76 + 1 = 0.23$$

Substituindo os valores para determinar Re':

$$Re' = \frac{\rho \cdot v^{2-n} \cdot D^n}{8^{n-1} K} \left(\frac{4n}{1+3n} \right)^n \quad Re' = 500 \quad \text{Regime Laminar de escoamento (<2000)}$$

c) f ?

$$f = \frac{16}{Re'} \rightarrow f = 0,032$$

d) Energia potencial ?

Energia cinética ?

Perdas de energia devido ao atrito ?

$$W = E_p + E_c + \Delta P / \rho + E_f$$

$$E_p = g(h_1 - h_2) \rightarrow \text{Energia potencial} = 9.8 \times 5 = 49 \text{ J/Kg}$$

$$E_c = (v_1^2 - v_2^2) / \alpha \rightarrow \text{Energia cinética} = 0 \text{ J/Kg (n\~ao existem varia\~c\~oes de velocidade do fluido ao longo do tubo)}$$

$$E_f = 2 f v^2 L / D + \sum K f v^2 / 2 + \Delta P / \rho$$

$$E_f = [(2 \times 0.032 \times 2.31^2 \times 15) / 0.04] + (0.9 \times 2.31^2) + 0$$

$$E_f = 131 \text{ J/Kg}$$

e) W = ?

P = ?

$$W = E_p + E_c + \Delta P / \rho + E_f = 49 + 130.47 = 179.5 \text{ J/Kg}$$

$$W = 49 + 131 = 180 \text{ J/Kg}$$

$$P = W \times Q_m$$

$$P = 180 \times 2.85 = 513 \text{ W}$$

$$Q_m = Q_v \times \rho \rightarrow Q_m = 0.003 \times 950 = 2.85 \text{ kg/s}$$