



INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
SÃO PAULO

# Mecânica dos Fluidos

## Aula 8 – Introdução a Cinemática dos Fluidos

Prof. MSc. Luiz Eduardo Miranda J. Rodrigues

# Tópicos Abordados Nesta Aula

- Cinemática dos Fluidos.
- Definição de Vazão Volumétrica.
- Vazão em Massa e Vazão em Peso.

# Definição

- A cinemática dos fluidos é a ramificação da mecânica dos fluidos que estuda o comportamento de um fluido em uma condição movimento.

# Vazão Volumétrica

- Em hidráulica ou em mecânica dos fluidos, define-se vazão como a relação entre o volume e o tempo.
- A vazão pode ser determinada a partir do escoamento de um fluido através de determinada seção transversal de um conduto livre (canal, rio ou tubulação aberta) ou de um conduto forçado (tubulação com pressão positiva ou negativa).
- Isto significa que a vazão representa a rapidez com a qual um volume escoar.
- As unidades de medida adotadas são geralmente o  $\text{m}^3/\text{s}$ ,  $\text{m}^3/\text{h}$ ,  $\text{l}/\text{h}$  ou o  $\text{l}/\text{s}$ .

## Cálculo da Vazão Volumétrica

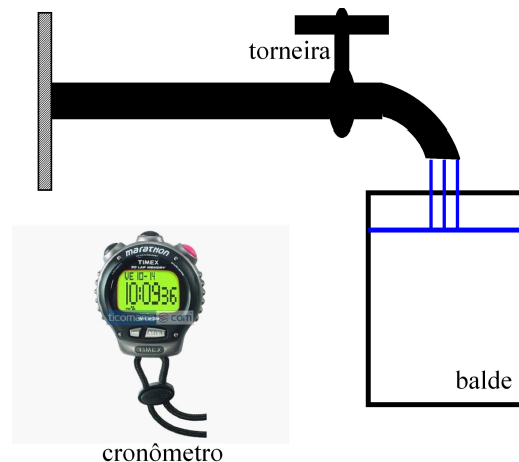
- A forma mais simples para se calcular a vazão volumétrica é apresentada a seguir na equação mostrada.

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

- $Q_v$  representa a vazão volumétrica,  $V$  é o volume e  $t$  o intervalo de tempo para se encher o reservatório.

# Método Experimental

- Um exemplo clássico para a medição de vazão é a realização do cálculo a partir do enchimento completo de um reservatório através da água que escoar por uma torneira aberta como mostra a figura.
- Considere que ao mesmo tempo em que a torneira é aberta um cronômetro é acionado. Supondo que o cronômetro foi desligado assim que o balde ficou completamente cheio marcando um tempo  $t$ , uma vez conhecido o volume  $V$  do balde e o tempo  $t$  para seu completo enchimento, a equação é facilmente aplicável resultando na vazão volumétrica desejada.



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

# Relação entre Área e Velocidade

- Uma outra forma matemática de se determinar a vazão volumétrica é através do produto entre a área da seção transversal do conduto e a velocidade do escoamento neste conduto como pode ser observado na figura a seguir.

Pela análise da figura, é possível observar que o volume do cilindro tracejado é dado por:

$$V = d \cdot A$$

Substituindo essa equação na equação de vazão volumétrica, pode-se escrever que:

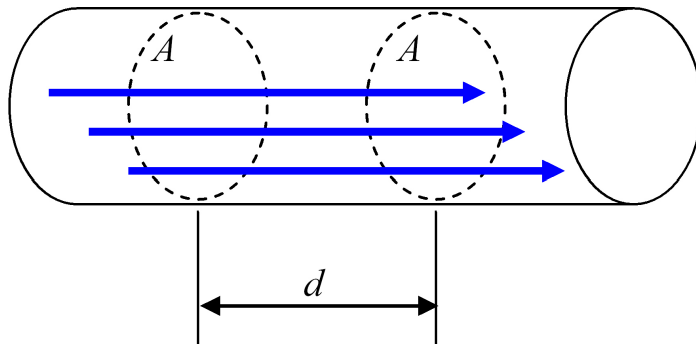
$$Q_v = \frac{d \cdot A}{t}$$

A partir dos conceitos básicos de cinemática aplicados em Física, sabe-se que a relação  $d/t$  é a velocidade do escoamento, portanto, pode-se escrever a vazão volumétrica da seguinte forma:

$$Q_v = v \cdot A$$

$Q_v$  representa a vazão volumétrica,  $v$  é a velocidade do escoamento e  $A$  é a área da seção transversal da tubulação.

Mecânica dos Fluidos



## Relações Importantes

- $1\text{m}^3=1000\text{litros}$
- $1\text{h}=3600\text{s}$
- $1\text{min}=60\text{s}$
  
- Área da seção transversal circular:

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

$$\pi = 3,14$$



# Vazão em Massa e em Peso

- De modo análogo à definição da vazão volumétrica é possível se definir as vazões em massa e em peso de um fluido, essas vazões possuem importância fundamental quando se deseja realizar medições em função da massa e do peso de uma substância.

# Vazão em Massa

- **Vazão em Massa:** A vazão em massa é caracterizada pela massa do fluido que escoar em um determinado intervalo de tempo, dessa forma tem-se que:

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

- Onde  $m$  representa a massa do fluido.
- Como definido anteriormente, sabe-se que  $\rho = m/V$ , portanto, a massa pode ser escrita do seguinte modo:

$$m = \rho \cdot V$$



$$Q_m = \frac{\rho \cdot V}{t}$$

- Assim, pode-se escrever que:

$$Q_m = \rho \cdot Q_v$$



$$Q_m = \rho \cdot v \cdot A$$

- Portanto, para se obter a vazão em massa basta multiplicar a vazão em volume pela massa específica do fluido em estudo, o que também pode ser expresso em função da velocidade do escoamento e da área da seção do seguinte modo:
- As unidades usuais para a vazão em massa são o kg/s ou então o kg/h.

# Vazão em Peso

- **Vazão em Peso:** A vazão em peso se caracteriza pelo peso do fluido que escoar em um determinado intervalo de tempo, assim, tem-se que:

$$Q_w = \frac{W}{t}$$

- Sabe-se que o peso é dado pela relação  $W = m \cdot g$ , como a massa é  $m = \rho \cdot V$ , pode-se escrever que:

$$W = \rho \cdot V \cdot g$$

- Assim, pode-se escrever que:

$$Q_w = \frac{\gamma \cdot V}{t} \quad \longrightarrow \quad Q_w = \gamma \cdot Q_v$$

- Portanto, para se obter a vazão em massa basta multiplicar a vazão em volume pelo peso específico do fluido em estudo, o que também pode ser expresso em função da velocidade do escoamento e da área da seção do seguinte modo:

$$Q_w = \gamma \cdot v \cdot A$$

- As unidades usuais para a vazão em massa são o N/s ou então o N/h.

## Exercício 1

- 1) Calcular o tempo que levará para encher um tambor de 214 litros, sabendo-se que a velocidade de escoamento do líquido é de  $0,3\text{m/s}$  e o diâmetro do tubo conectado ao tambor é igual a  $30\text{mm}$ .

# Solução do Exercício 1

Cálculo da vazão volumétrica:

$$Q_v = v \cdot A$$

$$Q_v = v \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

$$Q_v = 0,3 \cdot \frac{\pi \cdot 0,03^2}{4}$$

$$Q_v = 0,00021 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_v = 0,21 \text{ l/s}$$

Cálculo do tempo:

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

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

$$t = \frac{214}{0,21}$$

$$t = 1014,22 \text{ s}$$

$$t = 16,9 \text{ min}$$

## Exercício 2

- 2) Calcular o diâmetro de uma tubulação, sabendo-se que pela mesma, escoia água a uma velocidade de  $6\text{m/s}$ . A tubulação está conectada a um tanque com volume de  $12000$  litros e leva  $1$  hora,  $5$  minutos e  $49$  segundos para enchê-lo totalmente.

# Solução do Exercício 2

Cálculo do tempo em segundos:

$$1\text{h}=3600\text{s}$$

$$5\text{min}=300\text{s}$$

$$t=3600+300+49$$

$$t = 3949\text{s}$$

Cálculo da vazão volumétrica:

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

$$Q_v = \frac{12}{3949}$$

$$Q_v = 0,00303\text{m}^3/\text{s}$$

Cálculo do diâmetro:

$$Q_v = v \cdot A$$

$$Q_v = v \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

$$4 \cdot Q_v = v \cdot \pi \cdot d^2$$

$$d^2 = \frac{4 \cdot Q_v}{v \cdot \pi}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_v}{v \cdot \pi}} \quad \longrightarrow \quad d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,00303}{6 \cdot \pi}}$$

$$d = 0,0254\text{m}$$

$$d = 25,4\text{mm}$$

## Exercícios Propostos

- 1) Uma mangueira é conectada em um tanque com capacidade de 10000 litros. O tempo gasto para encher totalmente o tanque é de 500 minutos. Calcule a vazão volumétrica máxima da mangueira.
  
- 2) Calcular a vazão volumétrica de um fluido que escoar por uma tubulação com uma velocidade média de 1,4 m/s, sabendo-se que o diâmetro interno da seção da tubulação é igual a 5cm.



# Exercícios Propostos

- 3) Calcular o volume de um reservatório, sabendo-se que a vazão de escoamento de um líquido é igual a 5 l/s. Para encher o reservatório totalmente são necessárias 2 horas.
  
- 4) No entamboramento de um determinado produto são utilizados tambores de 214 litros. Para encher um tambor levam-se 20 min. Calcule:
  - a) A vazão volumétrica da tubulação utilizada para encher os tambores.
  - b) O diâmetro da tubulação, em milímetros, sabendo-se que a velocidade de escoamento é de 5 m/s.
  - c) A produção após 24 horas, desconsiderando-se o tempo de deslocamento dos tambores.

# Exercícios Propostos

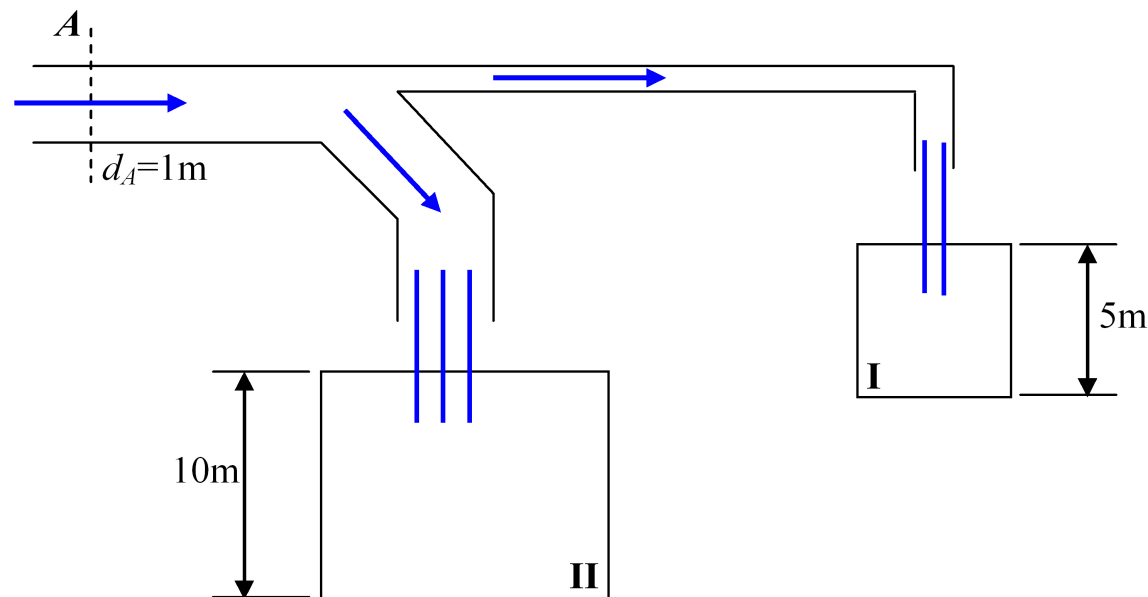
- 5) Um determinado líquido é descarregado de um tanque cúbico de 5m de aresta por um tubo de 5cm de diâmetro. A vazão no tubo é 10 l/s, determinar:
  - a) a velocidade do fluido no tubo.
  - b) o tempo que o nível do líquido levará para descer 20cm.
  
- 6) Calcule a vazão em massa de um produto que escoar por uma tubulação de 0,3m de diâmetro, sendo que a velocidade de escoamento é igual a 1,0m/s.  
Dados: massa específica do produto =  $1200\text{kg/m}^3$
  
- 7) Baseado no exercício anterior, calcule o tempo necessário para carregar um tanque com 500 toneladas do produto.

# Exercícios Propostos

- 8) A vazão volumétrica de um determinado fluido é igual a 10 l/s. Determine a vazão mássica desse fluido, sabendo-se que a massa específica do fluido é  $800 \text{ kg/m}^3$ .
  
- 9) Um tambor de 214 litros é enchido com óleo de peso específico relativo 0,8, sabendo-se que para isso é necessário 15 min. Calcule:
  - a) A vazão em peso da tubulação utilizada para encher o tambor.
  - b) O peso de cada tambor cheio, sendo que somente o tambor vazio pesa 100N
  - c) Quantos tambores um caminhão pode carregar, sabendo-se que o peso máximo que ele suporta é 15 toneladas.

# Exercícios Propostos

- 10) Os reservatórios I e II da figura abaixo, são cúbicos. Eles são cheios pelas tubulações, respectivamente em 100s e 500s. Determinar a velocidade da água na seção A indicada, sabendo-se que o diâmetro da tubulação é 1 m.



# Próxima Aula

- Avaliação 1.