

**INTRODUÇÃO  
MECÂNICA DOS FLUIDOS**

FBT0530 - FÍSICA INDUSTRIAL  
PROFA. JULIANA RACT  
PROFA. MARINA ISHII  
2018

**Mecânica**

- **Sólidos**
- **Fluidos**

**O que é um fluido?**

PROPRIEDADE	SÓLIDOS	LÍQUIDOS	GASES
FORMA	DEFINIDA	OCUPA O RECIPIENTE	OCUPA O RECIPIENTE
AÇÃO A COMPRESSÃO	CORPOS RÍGIDOS	quase incompressíveis	FACILMENTE COMPRESSÍVEIS
INTERAÇÃO ENTRE AS PARTÍCULAS	FORTEMENTE LIGADAS ELASTICIDADE	LIGAÇÕES FRÁGAS	LIGAÇÕES FRÁGAS

MATERIAL QUE, AO SER APLICADA UMA TENSÃO, DESLOCA-SE, OU SEJA, FLUI.

**MECÂNICA DOS FLUIDOS**

- **DEFINIÇÃO**
  - Ciência que tem por objetivo o estudo do comportamento físico dos fluidos e das leis que regem este comportamento (estática ou dinâmica).
- **APLICAÇÕES**
  - Estudo do escoamento de líquidos e gases (tanques e tubulações)
  - Pneumática e hidráulica industrial
  - Sistemas de ventilação e ar condicionado
  - aeronáutica

**SÓLIDOS**  
**Força x Deformação**

**Força Normal**

Deformação longitudinal

Pressão

$$P = \frac{F}{A}$$

**Força Tangencial**

Deformação angular

Tensão de cisalhamento

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

**FLUIDO**  
**Força x Deformação**

Force

$x_2$

$x_1$

$v_p$

$v = 0$

- As características do **fluido contínuo** durante o deslocamento.
- Forças que atuam sobre o fluido: pressão, gravidade, fricção, etc., (intensidade ou direção, influenciam o fluxo).

**+**

## PROPRIEDADES QUE ATUAM DIRETAMENTE SOBRE O FLUIDO

- DENSIDADE
- VISCOSIDADE

**+**

## DENSIDADE

- Define a quantidade de massa por unidade de volume
- SI: kg/m<sup>3</sup>
- Influenciada pela temperatura

**+**

## VISCOSIDADE

- Medida quantitativa de como os fluidos escoam.
- Fluido: matéria composta por uma série de camadas muito próximas
- Viscosidade é a resistência oferecida pelo fluido ao movimento
- mel x água

**+**

## Viscosidade

Liquid	Viscosity, approximate (Pa s)
Air	10 <sup>-5</sup>
Water	10 <sup>-3</sup>
Olive oil	10 <sup>-1</sup>
Glycerol	10 <sup>0</sup>
Liquid honey	10 <sup>1</sup>
Golden syrup	10 <sup>2</sup>
Glass	10 <sup>40</sup>

- Unidades para viscosidade:
  - Pa.s ou mPa.s (SI)
  - P (Poise) ou cP (centipoise) (CGS)
  - 1 cP = 1 mPa.s
- Viscosidade da água:
  - 0,001 Pa.s ou 1,0 mPa.s
  - 1,0 cP ou 0,01 P

**+**

## Lei de Newton para viscosidade

$$\sigma \propto \dot{\gamma}$$

$$\sigma \propto \frac{dv}{dy}$$

$$\sigma = \mu \frac{dv}{dy}$$

$$\sigma = \mu \dot{\gamma}$$

- Taxa de cisalhamento ou deformação ( $\dot{\gamma}$ ): variação de velocidade dividida pela distância entre as placas
- Viscosidade ( $\mu$ ): constante de proporcionalidade entre tensão e taxa de cisalhamento

**+**

## Exercício

- Em um teste de controle de qualidade, a viscosidade de um fluido alimentício está sendo medida com um viscosímetro. Foi registrada uma tensão de cisalhamento de 4 dyna/cm<sup>2</sup> para uma deformação de 100 s<sup>-1</sup>. Calcule a viscosidade e a expresse em:
  - Pa.s
  - mPa.s
  - P
  - cP
  - kg/m.s

**Equação:**  $\sigma = \mu \dot{\gamma}$

**Conversão de unidades:**

**Tensão**  
 1 dyna/cm<sup>2</sup> = 1 g.cm/s<sup>2</sup> = 0,1 kg.m/s<sup>2</sup> (SI) = 0,1 N/m<sup>2</sup> (SI) = 0,1 Pa (SI)

**Viscosidade**  
 1 cP = 1 mPa.s (SI) = 0,01 P

## + Tipos de viscosidade

- $\mu$  = viscosidade dinâmica ou absoluta
- $\nu$  = viscosidade cinemática = [stk] (Stokes)
- $\text{stoke} = P/(g/cm^3) = (g/cm \cdot s)/(g/cm^3) = cm^2/s$
- $\nu = \frac{\mu}{\rho}$  no SI:  $\nu = (kg \cdot s/m^2)/(kg/m^3) \cdot (s^2/m) = m^2/s$
- Em um viscosímetro capilar, é medida a viscosidade cinemática
- **viscosidade relativa:** relação entre a viscosidade absoluta do fluido e a da água tomada a 20 ° C.

## Regimes de escoamento

- Laminar
  - Forças viscosas são dominantes
  - [http://www.youtube.com/watch?v=\\_dbnH-BBSNo&feature=related](http://www.youtube.com/watch?v=_dbnH-BBSNo&feature=related)
- Turbulento
  - Forças de inércia são dominantes
  - <https://www.youtube.com/watch?v=xX9PIFxmIs>



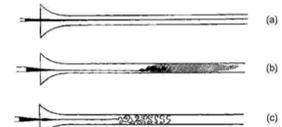
+

## Experimento de Reynolds

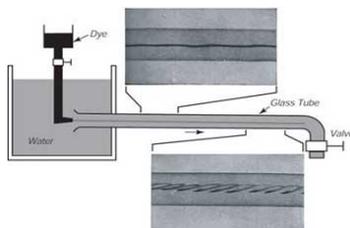
## 1. História e Aparato



Osborne Reynolds  
Artigo publicado em 1883

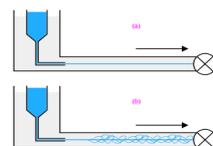


## 1. História e Aparato



## 2. Objetivo do Experimento

- Estudar a relação entre as forças que agem no escoamento de fluidos
  - Inércia (movimento da massa fluida)
  - Viscosidade (ação das tensões de cisalhamento)



### 3. Número de Reynolds

- Parâmetro adimensional que relaciona forças de inércia a forças viscosas

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu}$$

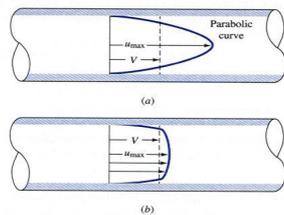
	SI	CGS
$\rho$ = densidade	kg/m <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>
$v$ = velocidade de escoamento	m/s	cm/s
$D$ = diâmetro interno do tubo de vidro	m	cm
$\mu$ = viscosidade	Pa.s	P (Poise)

### 4. Classificação do escoamento pelo número de Reynolds

- $Re < 2300$  ESCOAMENTO LAMINAR
- $2300 < Re < 4000$  ZONA DE TRANSIÇÃO
- $Re > 4000$  ESCOAMENTO TURBULENTO
- $Re > 10^6$  ESTRITAMENTE TURBULENTO

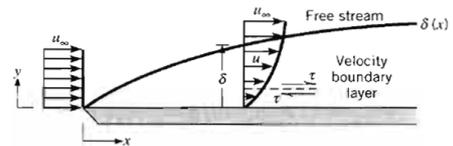
<http://www.youtube.com/watch?v=oApDhs4xtaY>

### + Perfil de velocidades em um tubo



(a) Fluxo laminar (b) Fluxo turbulento

### Camada limite



- Desaceleração de partículas próximas à superfície
- Forças viscosas
- Variação substancial de velocidade

### FÓRMULAS

- Vazão (Q)

$$Q = \frac{\text{Volume}}{\text{Tempo}} = \frac{\text{Área (A)} \cdot \text{Comprimento (L)}}{\text{Tempo (t)}} = A \cdot v$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

- Onde:

- Q = vazão (cm<sup>3</sup>/s)
- v = velocidade de escoamento (cm/s)
- D = diâmetro interno do tubo de vidro (cm)
- A = Área da seção transversal do tubo (cm<sup>2</sup>)
- L = comprimento do tubo (cm)

