

Bibliografia

- 1) Estática dos Fluidos
Professor Dr. Paulo Sergio
Catálise Editora, São Paulo, 2011
CDD-620.106

- 2) Introdução à Mecânica dos Fluidos
Robert W. Fox & Alan T. MacDonald
Editora Guanabara - Koogan

- 3) Fundamentos da Mecânica dos Fluidos
Bruce R. Munson ; Donald F. Young; Theodore H. Okiishi
Editora Edgard Blucher Ltda

- 4) Mecânica dos Fluidos
Franco Brunetti
Editora Pearson Pratices Hall

Definições:

Fluidos

Fluidos são substâncias que não apresentam formas próprias, e quando em *REPOUSO*, não resistem a esforços tangenciais. São exemplos os líquidos e os gases. Os fluidos podem ser: compressíveis ou incompressíveis, dilatáveis ou indilatáveis.

Fluidos incompressíveis: São os fluidos cujos volumes não dependem da pressão. Como exemplo os líquidos. A expressão formal é:

$$\left(\frac{\delta V}{\delta P} \right)_T = 0$$

onde V = Volume
 P = Pressão
 T = Temperatura

Fluidos compressíveis: São os fluidos cujos volumes dependem da pressão, como exemplo os gases. A expressão formal é:

$$\left(\frac{\delta V}{\delta P} \right)_T < 0$$

Fluidos indilatáveis: São fluidos cujos volumes não dependem do valor da temperatura. Como exemplo os líquidos. A expressão formal é:

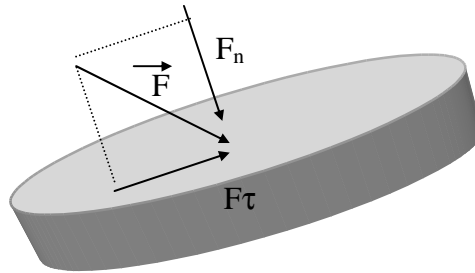
$$\left(\frac{\delta V}{\delta T} \right)_p = 0$$

Fluidos dilatáveis: São os fluidos cujos volumes dependem da temperatura. Como exemplo os gases. A expressão formal é:

$$\left(\frac{\delta V}{\delta T} \right)_p > 0$$

2 - Pressão Média (P) e Tensão de Cisalhamento Média (τ)

Considere uma força aplicada contra a superfície de um fluido, e decomposta numa direção perpendicular à superfície (F_n) e numa direção tangencial ao fluido (F_τ), conforme *figura*.
Por definição temos:



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

e

$$\tau = \frac{F_\tau}{A}$$

Pressão atmosférica é a pressão que a atmosfera exerce sobre a superfície da Terra e diminui com a altitude, isto é, com a altura do local, em relação ao nível do mar.

Como exemplos de pressão do dia - dia cita-se:

A lâmina da faca: quanto mais afiada, maior será a pressão exercida.

Os alfinetes e percevejos têm pontas finas e a pressão que exercem é maior do que a madeira pode tolerar.

A força da cabeça do parafuso é melhor distribuída pela arruela e isso evita que a cabeça do parafuso penetre no madeiramento.

3. – *Massa Específica* (ρ)

Também conhecida como densidade é, por definição, a quantidade de matéria contida num certo volume de fluido. Desta forma pode-se dizer que a densidade mede o grau de concentração de massa em determinado volume. O símbolo para a densidade é ρ (letra grega ró). A densidade da água à pressão normal e à temperatura de 25 °C, é de 1,00 g/cm³, e a 4 °C, onde se atinge sua densidade máxima, é de 1,03 g/cm³. Para definir a densidade nos gases utiliza-se como massa volúmica de referência o ar, que nas condições normais de temperatura e pressão (CNTP) (temperatura de 0 °C e pressão atmosférica 101 325 Pa) corresponde a 1,2928 kg/m³

$$\rho = \frac{m}{\forall}$$

onde, m = massa e \forall = volume

4. - *Peso Específico* (γ)

Define-se *peso específico* como sendo o peso da unidade volumétrica, isto é, peso de fluido dividido pelo volume de fluido.

$$\gamma = \frac{G}{V}$$

1.7. - *Relação entre Peso Específico e Massa Específica:*

Sendo assim, a força peso pode ser expresso por:

$$G = m \cdot g$$

Dividindo os dois lados pelo volume V , temos que:

$$\frac{G}{V} = \left(\frac{m}{V} \right) \cdot g$$

$$\gamma = \rho \cdot g$$

1.8. - *Peso Específico Relativo ou Densidade Relativa* (γ_r)

É a relação entre o peso específico de um fluido e o peso específico de um outro fluido qualquer. Geralmente para líquidos a referência é o fluido água. Para gases geralmente a referência é o ar. Esta propriedade é de grande valia, pois é adimensional, isto é, o seu valor é o mesmo em qualquer sistema de unidade.

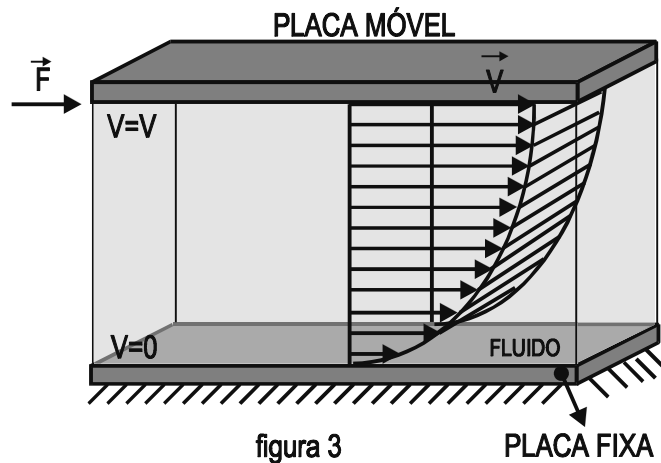
$$\gamma_r = \frac{\gamma_{fluido}}{\gamma_{referencia}}$$

1.9- Princípio da Aderência:

Este princípio afirma que as partículas de fluido que estão junto a um contorno sólido (camada limite) apresentam a mesma velocidade do contorno (corpo) sólido. Portanto, se o fluido estiver em contato com um sólido em repouso, a camada limite também estará em repouso.

1.9.1 - Experiência das duas placas:

Aplicando-se o princípio da aderência à experiência das duas placas, uma fixa e a outra móvel, chegamos ao perfil de velocidades esboçado na *figura 3*. Neste, vemos que junto à placa fixa a velocidade é nula e junto à placa móvel a velocidade é máxima.



1.9.2 - Lei de Newton da viscosidade:

Newton realizou o experimento das duas placas e verificou que ao aplicar a força \mathbf{F} à placa superior (móvel), esta era inicialmente acelerada até adquirir uma velocidade constante, o que permitiu concluir que o fluido aplicava à placa uma força contrária ao movimento e de mesma intensidade. Após vários experimentos, chegou à equação:

$$\tau = \mu \cdot \left(\frac{d_v}{d_y} \right)$$

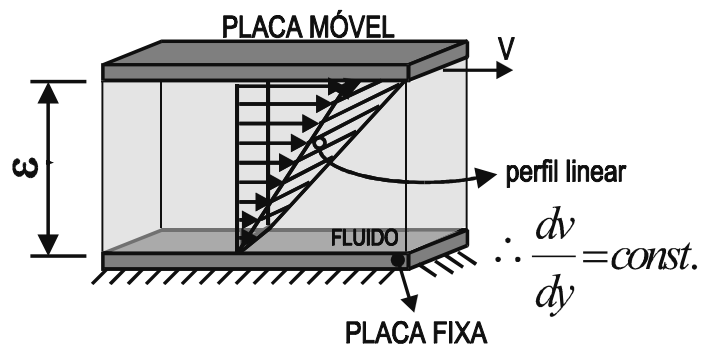
onde: τ = Tensão de cisalhamento

μ = Viscosidade absoluta ou dinâmica

$\frac{d_v}{d_y}$ = Gradiente de velocidade

1.9.3- Simplificação prática da Lei de Newton da Viscosidade:

Em casos reais, como nos mancais de máquinas, motores, a distância entre as placas é bem pequena, da ordem de décimos de milímetros ou até menos. Nesses casos, admite-se um perfil linear de velocidades, tornando assim muito fácil a análise. Sendo assim o *gradiente de velocidades* passa a ser constante.



$$\frac{d_V}{d_Y} \cong \frac{V-0}{\varepsilon} \quad \text{ou} \quad \frac{d_V}{d_Y} = \frac{V}{\varepsilon} \quad \text{ou} \quad \tau = \mu \cdot \frac{V}{\varepsilon}$$

1º EXERCÍCIO RESOLVIDO: Calcular o peso específico, o volume específico e a massa específica de 6 m³ de óleo que apresenta a massa de 4800 kg. Considere a aceleração da gravidade igual a 10 m/s²

$$\gamma = \rho g = 800 * 10 = 8000 \frac{N}{m^3} = 8 \frac{kN}{m^3}$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{4800kg}{6m^3} = 800kg / m^3$$

2º EXERCÍCIO RESOLVIDO: A densidade relativa do ferro é 7,8
Determinar a massa específica e o peso específico nos sistemas:
Internacional, métrico técnico, CGS. Considere o peso específico da água como sendo 10 000 N/m³

No SI

$$\gamma_r = \frac{\gamma_{fe}}{\gamma_{agua}} \text{ logo: } 7,8 \cdot \gamma_{agua} = \gamma_{fe} \text{ ou } \gamma_{fe} = 78000 \frac{N}{m^3}$$

$$\gamma_{fe} = \rho_{fe} g \text{ logo } \rho_{fe} = \frac{\gamma_{fe}}{g} = \frac{78000}{10} = 7800 \frac{kg}{m^3}$$

No M.K*.S.

$$\rho_{fe} = 7800 \frac{kg}{m^3} \cdot \frac{1utm}{9,8kg} = 795,38 \frac{utm}{m^3}$$

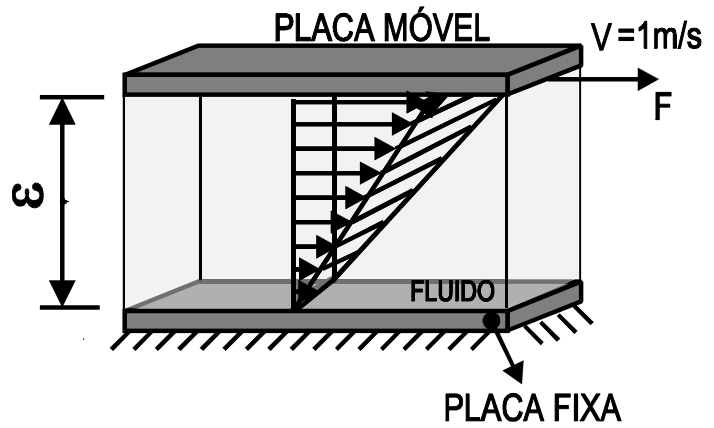
$$\gamma_{fe} = 78000 \frac{N}{m^3} \cdot \frac{1kgf}{9,8N} = 7953,8 \frac{kgf}{m^3}$$

No CGS.

$$\rho_{fe} = 7800 \frac{kg}{m^3} \cdot \frac{1m^3}{10^6 cm^3} \frac{1000g}{1kg} = 7,8 \frac{g}{cm^3}$$

$$\gamma_{fe} = 78000 \frac{N}{m^3} \cdot \frac{10^3 dina}{kgf} \frac{1m^3}{10^6 cm^3} = 78 \frac{dina}{cm^3}$$

3º EXERCÍCIO RESOLVIDO: Têm-se duas placas planas, sendo uma delas móvel de área $2,0 \text{ m}^2$ e a outra extensa e fixa, *distanciada* de 1 mm . Entre elas há fluido de *viscosidade absoluta* $0,001 \text{ kgf.s/m}^2$. Sabendo-se que a *velocidade* com que a placa se movimenta é de 1 m/s constante, que o *perfil de velocidades é linear*, indicar o **sentido das tensões de cisalhamento** atuantes na placa fixa e móvel e calcular o valor da **força propulsora F** .



Pela Lei de Newton da Viscosidade:

$$F_{\text{atrito}} = \frac{\mu VA}{\epsilon} = \frac{0,001 \cdot 1 \cdot 2}{0,001} = 2 \text{ kgf}$$

4º EXERCÍCIO RESOLVIDO: No esquema abaixo, o corpo ao descer, provoca rotação no eixo com *velocidade angular constante*. Determinar o peso do corpo. Considerar *perfil linear de velocidades*. São dados: μ , ω , d , D_i , D_e , L .

Como a rotação é constante temos: $\sum M = 0$ onde M é o momento polar aplicado ao eixo. Logo:

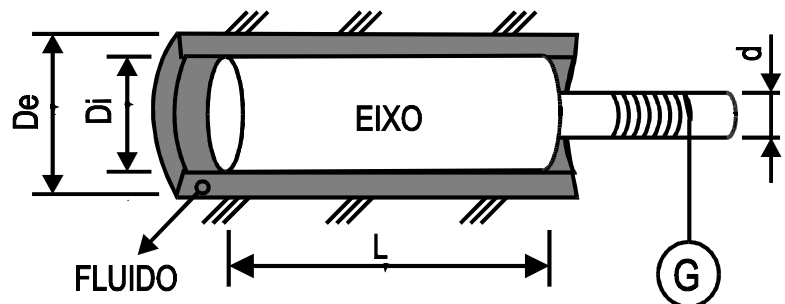
$$G \frac{d}{2} = F_{\text{atrito}} \frac{D_i}{2} \quad \text{ou} \quad G = F_{\text{atrito}} \frac{D_i}{d} \quad \text{Eq 01}$$

Como o perfil é linear temos:

$$F_{\text{atrito}} = \frac{\mu VA}{\varepsilon} = \frac{\mu \cdot 0,5 \cdot \omega \cdot D_i \cdot \pi \cdot D_i \cdot L}{0,5 \cdot (D_e - D_i)} = \frac{\mu \cdot \omega \cdot D_i^2 \cdot \pi \cdot L}{(D_e - D_i)} \quad \text{Eq 02}$$

Substituindo Eq 02 em Eq 01 temos:

$$G = \frac{\mu \cdot \omega \cdot D_i^2 \cdot \pi \cdot L \cdot D_i}{(D_e - D_i) \cdot d} = \frac{\mu \cdot \omega \cdot D_i^3 \cdot \pi \cdot L}{(D_e - D_i) \cdot d} \quad \text{ou} \quad G = \frac{\mu \cdot \omega \cdot D_i^3 \cdot \pi \cdot L}{(D_e - D_i) \cdot d}$$



1º EXERCÍCIO A SER RESOLVIDO: Uma lamina retangular de área $0,010\text{m}^2$ é submetida em uma de suas faces a pressão uniforme de 8 kgf/cm^2 e na outra a pressão também uniforme de 10^5Pa . Calcular o empuxo aplicado a mesma.

2º EXERCÍCIO A SER RESOLVIDO: A densidade do fluido mercúrio é $13,6 \text{ g/cm}^3$. Considerando a aceleração da gravidade de 980 cm/s^2 , determinar:

- a) A densidade no sistema Internacional.
- b) O peso específico no sistema internacional.
- c) A massa contida num reservatório esférico de raio 15 cm totalmente cheio com mercúrio.

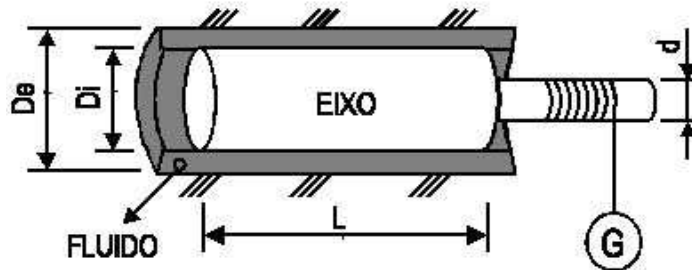
3º EXERCÍCIO A SER RESOLVIDO: Uma sala de visita tem dimensões 4m por 5m por 3m (altura) e no seu interior há 72 kg de ar. Determinar:

a) A massa específica do ar.

4º EXERCÍCIO A SER RESOLVIDO: Um frasco rígido (volume constante) tem 12 g de massa quando vazio e 28 g quando cheio com água. Calcular a massa de água colocada no frasco;

5º EXERCÍCIO A SER RESOLVIDO: Um frasco rígido (volume constante) tem 15 g de massa quando vazio e 31 g quando cheio com água. Esvazia-se o frasco e o preenche com ácido obtendo-se com massa total (frasco mais ácido) 40,6g. Calcular a massa específica do ácido;

7º EXERCÍCIO A SER RESOLVIDO: O corpo G ao descer provoca a rotação do eixo com velocidade angular constante de $1,2 \text{ rad/s}$. Sendo $d = 4 \text{ cm}$, a velocidade de descida do corpo G em m/s vale aproximadamente



8º EXERCÍCIO A SER RESOLVIDO A seguinte equação permite determinar a tensão de cisalhamento em função do gradiente de velocidade em unidades do SI $\tau = 0,002 \frac{dv}{dy}$. Pede-se determinar a viscosidade absoluta do fluido?

9º EXERCÍCIO A SER RESOLVIDO: Determinar a tensão de cisalhamento sabendo que a viscosidade absoluta é $0,001 \frac{Ns}{m^2}$ e o perfil de velocidade em unidades do SI:

$$V = 3,0 \left[\frac{2Y}{0,001} - \left(\frac{Y}{0,001} \right)^2 \right]$$