

MECÂNICA DOS FLUIDOS E REOLOGIA

AULA 3

CONTINUAÇÃO

CONCEITOS E PROPRIEDADES FUNDAMENTAIS

DEFINIÇÃO DE CONTÍNUO

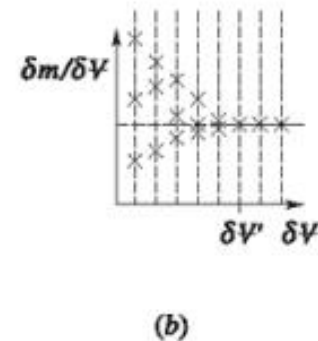
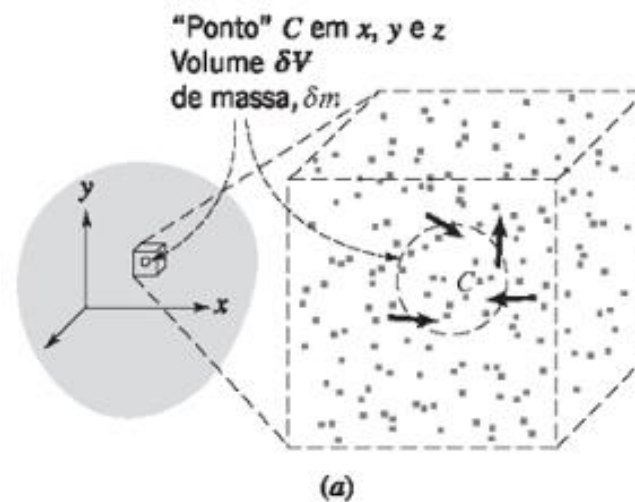
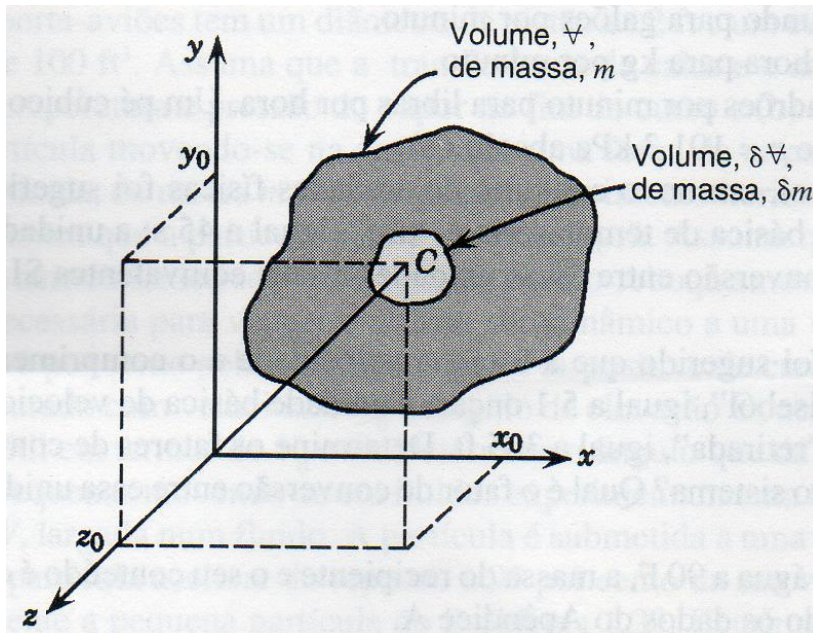
Na nossa definição de fluido, nenhuma menção foi feita à estrutura molecular da matéria. Todos os fluidos são compostos de moléculas em constante movimento. Contudo, na maioria das aplicações de engenharia, estamos interessados nos efeitos médios ou macroscópicos de muitas moléculas. São esses efeitos macroscópicos que comumente percebemos e medimos. Tratamos, assim, um fluido como substância infinitamente divisível, um contínuo (ou *continuum*), e deixamos de lado o comportamento das moléculas individuais.

O conceito de contínuo é a base da mecânica dos fluidos clássica.

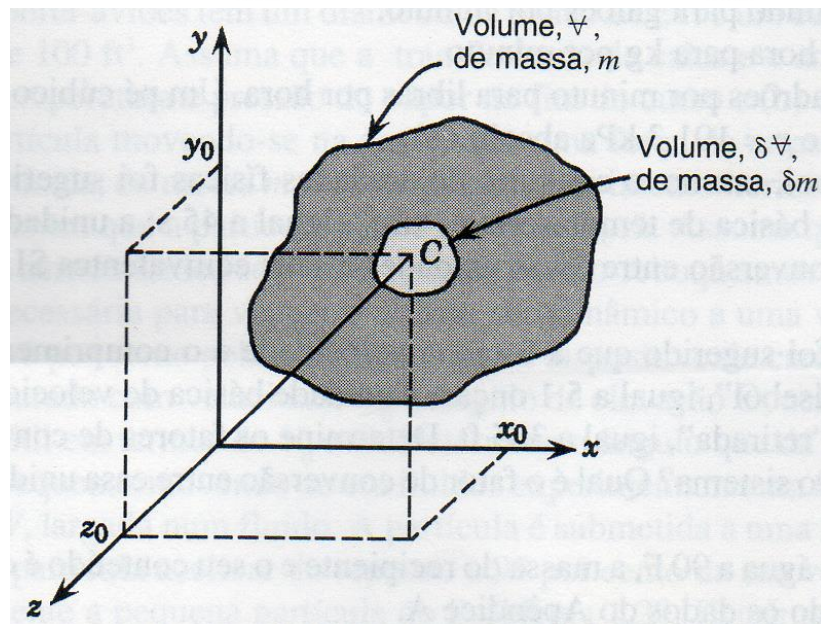
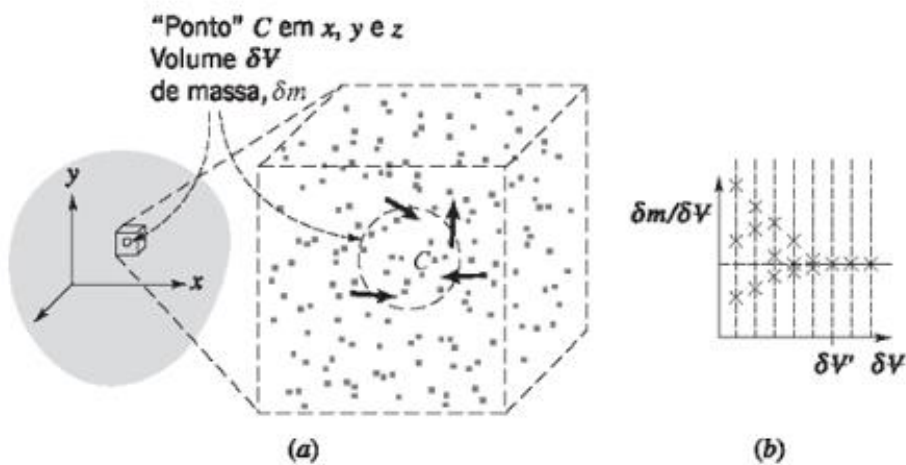
A hipótese é válida no tratamento do comportamento dos fluidos sob condições normais. Em consequência da hipótese do contínuo, cada propriedade do fluido é considerada como tendo um valor definido em cada ponto do espaço.

Dessa forma, propriedades dos fluidos, como massa específica, temperatura, velocidade, etc., são consideradas funções contínuas da posição e do tempo.

No estudo realizado será considerado, salvo menção contrária, que os fluidos são um meio contínuo e homogêneo, de forma que as propriedades médias definidas coincidam com as propriedades nos pontos.



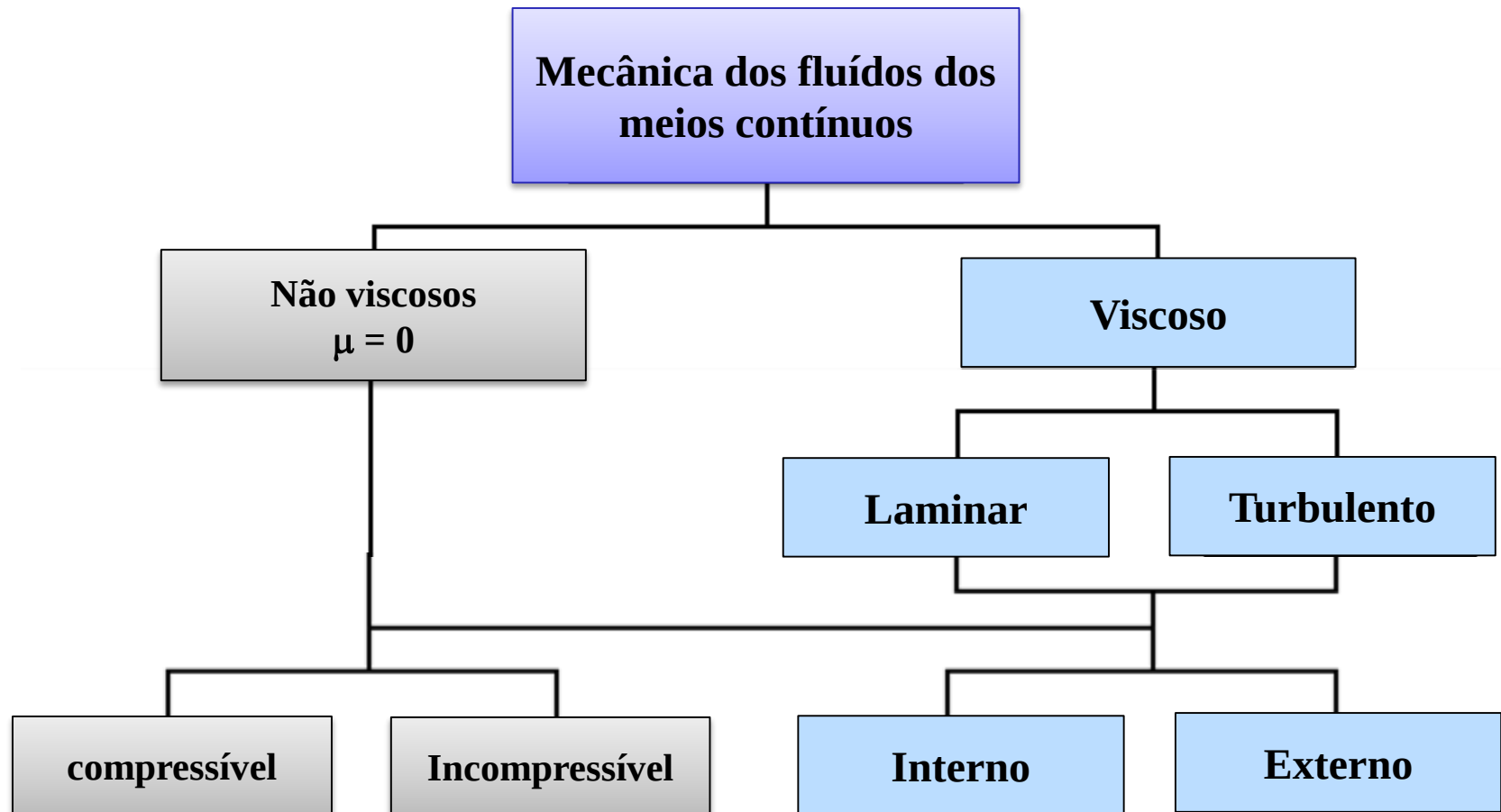
Tal hipótese facilita o estudo e permite introduzir definições simples para todas as propriedades dos fluidos.



Em resumo: região “grande” se comparada com a distância média entre as partículas. Por exemplo, uma região esférica.

OBSERVAÇÃO: as grandezas massa específica, pressão, velocidade, etc, variam continuamente dentro do fluido (ou são constantes).

Possível classificação da mecânica dos fluídos de meios contínuos



MASSA ESPECÍFICA (ρ)

Massa específica é a massa de fluido por unidade de volume.

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

Onde:

m = massa

V = volume

Unidades

Por análise dimensional, utilizando FLT:

Sistema MK*S $\rightarrow$ kgf . s² / m⁴

Sistema SI $\rightarrow$ N . s² / m⁴ = kg/m³

Sistema CGS $\rightarrow$ dina . s² / cm⁴ = g/cm³

Para uma substância $\Rightarrow$ massa específica = densidade

Densidade de um objeto, de um corpo $\Rightarrow d = m / V$

Substância $\rightarrow$ densidade “relativa”

$$d_{rel} = \frac{\rho_{subst}}{\rho_{ref}}$$

Geralmente:

$$d_{rel} = \frac{\rho_{subst}}{\rho_{\text{água}; 4^{\circ} \text{C}}}$$

EXEMPLOS:

1- Um objeto feito em ouro maciço tem 500 g de massa e 25 cm^3 de volume. Determine a densidade do objeto e a massa específica do ouro.

2- Um cubo de aresta 8 cm é homogêneo, exceto na sua parte central, onde existe uma região oca, na forma cilíndrica, de altura 4 cm e área da base 5 cm^2 . Sendo 1280 g a massa do cubo, determine a densidade do cubo e a massa específica da substância que o constitui.

PESO ESPECÍFICO (γ)

Peso específico é o peso do fluido por unidade de volume.

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

Onde:

G = peso

V = volume

Unidades

Por análise dimensional, tem-se:

Sistema MK*S $\rightarrow$ kgf/m³

Sistema SI $\rightarrow$ N . s² / m⁴ = N/m³

Sistema CGS $\rightarrow$ dina/cm³

Pode-se deduzir uma relação simples entre peso específico e massa específica:

$$\gamma = \frac{G}{V} \quad \text{mas} \quad G = mg$$

$$\gamma = \frac{mg}{V} \quad \text{e} \quad \boxed{\gamma = \rho g}$$

PESO ESPECÍFICO RELATIVO PARA LÍQUIDOS(γ_r)

É a relação entre o peso específico do líquido e o peso específico da água em condições padrão.

Será adotado que:

$$\gamma_{H_2O} = 1.000 \text{ kgf} / \text{m}^3 \cong 10.000 \text{ N} / \text{m}^3$$

Como a massa específica e o peso específico diferem por uma constante, conclui-se que a massa específica relativa e o peso específico relativo coincidem.

EXEMPLO

O peso específico relativo de uma substância é 0,8.

Qual será seu peso específico?

VISCOSIDADE CINEMÁTICA (ν)

Viscosidade cinemática é o quociente entre a viscosidade dinâmica e a massa específica.

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

Onde:

μ = viscosidade dinâmica

ρ = massa específica

ν - m²/s

Unidades

Por análise dimensional, utilizando FLT, teremos:

Sistema MK*S $\rightarrow$ m²/s

Sistema SI $\rightarrow$ m²/s

Sistema CGS $\rightarrow$ cm²/s = stoke (St)

Utiliza-se ainda o centistoke: 1 cSt = 0,01 St.

OBSERVAÇÃO:

Das unidades, verifica-se que o nome – viscosidade cinemática – deve-se ao fato de essa grandeza não envolver força, mas somente comprimento e tempo, que são as grandezas fundamentais da Cinemática.

VOLUME ESPECÍFICO (v)

Volume específico é o volume ocupado pela unidade de massa de fluido.

$$v = \frac{1}{\rho}$$

PRESSÃO (p)

Pressão é o quociente entre a força normal aplicada e a área onde a força está sendo aplicada.

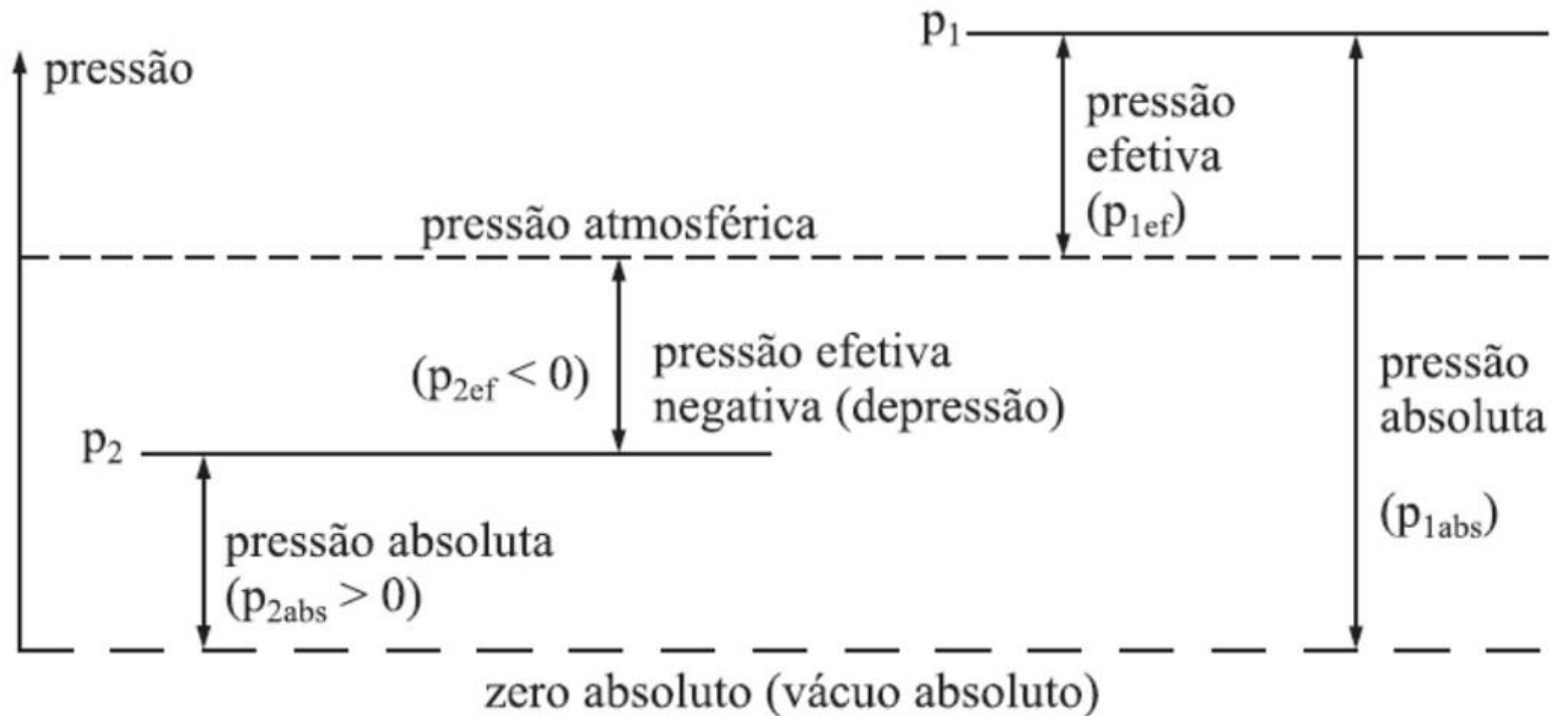
$$p = \frac{F_n}{A}$$

Unidades

Sistema MK*S → kgf/m²

Sistema SI → kg/m.s² = N/m² = pascal (Pa)

Relação entre as pressões efetivas e absoluta



EXERCÍCIOS:

1- Um tijolo de 200 g e de dimensões 5 x 10 x 20 cm é apoiado sobre uma superfície horizontal. Determine as pressões que ele pode exercer.

2- Uma banqueta de três pernas pesa 50 N e cada perna tem seção reta uniforme de área 5 cm². Subindo nela uma pessoa de 700 N, qual será a pressão que cada perna exercerá no solo horizontal?

FLUIDO IDEAL

Fluido ideal é aquele cuja viscosidade é nula. Por essa definição conclui-se que é um fluido que escoa sem perdas de energia por atrito.

É claro que nenhum fluido possui essa propriedade; no entanto, será visto no decorrer do estudo que algumas vezes será interessante admitir essa hipótese, ou por razões didáticas ou pelo fato de a viscosidade ser um efeito secundário do fenômeno.

FLUIDO OU ESCOAMENTO INCOMPRESSÍVEL

Diz-se que um fluido é incompressível se o seu volume não varia ao modificar a pressão.

Isso implica o fato de que, se o fluido for incompressível, a sua massa específica não variará com a pressão.

É claro que na prática não existem fluidos nessas condições. Os líquidos, porém, têm um comportamento muito próximo a esse e na prática, normalmente, são considerados como tais.

Mesmo os gases em certas condições, em que não são submetidos a variações de pressão muito grandes, podem ser considerados incompressíveis. Um dos exemplos práticos é o estudo de ventilação, em que, em geral, essa hipótese é aceitável.

É importante compreender que nenhum fluido deve ser julgado de antemão. Sempre que ao longo do escoamento a variação da massa específica ρ for desprezível, o estudo do fluido será efetuado pelas leis estabelecidas para fluidos incompressíveis.

EQUAÇÃO DE ESTADO DOS GASES

Quando um fluido não puder ser considerado incompressível e, ao mesmo tempo, houver efeitos térmicos, haverá necessidade de determinar as variações da massa específica ρ em função da pressão e da temperatura.

De uma maneira geral, essas variações obedecem, para os gases, a lei do tipo

$$f(\rho, p, T) = 0$$

denominadas equações de estado.

Para as finalidades desse desenvolvimento, sempre que for necessário, o gás envolvido será suposto como “gás perfeito”, obedecendo à equação de estado:

$$\frac{p}{\rho} = RT \quad \text{ou} \quad \rho = \frac{p}{RT}$$

Onde:

p = pressão absoluta

R = constante cujo valor depende do gás

T = temperatura absoluta (K)

Para o ar, por exemplo, $R \cong 287 \text{ m}^2 / \text{s}^2 \text{ K}$.

Numa mudança do estado de um gás:

$$\frac{p_1}{p_2} \frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{T_1}{T_2}$$

►► O processo é dito isotérmico quando na transformação não há variação de temperatura. Nesse caso:

$$\frac{p_1}{\rho_1} = \frac{p_2}{\rho_2} = cte$$

►► O processo é dito isobárico quando na transformação não há variação de pressão. Nesse caso:

$$\rho_1 T_1 = \rho_2 T_2 = cte$$

►► O processo é dito isocórico ou isométrico quando na transformação não há variação de volume. Nesse caso:

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} = cte$$

►► O processo é dito adiabático quando na transformação não há troca de calor. Nesse caso:

$$\frac{p_1}{\rho_1^k} = \frac{p_2}{\rho_2^k} = cte$$

Onde k é a chamada *constante adiabática* cujo valor depende do gás.

No caso do ar, $k = 1,4$.

EXEMPLO:

Numa tubulação escoia hidrogênio ($k = 1,4$; $R = 4.122 \text{ m}^2 / \text{s}^2 \text{ K}$).

Numa seção (1), $p_1 = 3 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ (abs) e $T_1 = 30^\circ\text{C}$. Ao longo da tubulação, a temperatura mantém-se constante.

Qual é a massa específica do gás numa seção (2), em que $p_2 = 1,5 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ (abs)?