

3- O ESTADO DE UM FLUIDO: DENSIDADE

O estado de um sistema físico é definido a partir de um conjunto de grandezas escolhidas de forma a caracterizá-lo inteiramente. Ou seja, é o conjunto de informações necessárias, e completas, para especificar o sistema.

Para caracterizarmos o estado dos fluidos mais simples, aqueles aqui estudados, devemos especificar cinco variáveis. Estas variáveis são a velocidade \vec{v} (as três componentes da mesma), a pressão P e, no mais das vezes, a densidade de massa do fluido, indicada por ρ . Deveríamos, a rigor, incluir outras grandezas físicas visando uma descrição mais completa de um fluido. Por exemplo, a energia do fluido, ou sua entropia. No entanto, o escopo desse estudo é bem mais limitado. Com isso não podemos ter a pretensão de estudar, por exemplo, o transporte de calor num fluido. A evolução dessas grandezas é determinada a partir das soluções das equações descrevendo a dinâmica dos fluidos.

A omissão da temperatura para caracterizar o estado de um fluido é, em princípio, menos grave, uma vez que dadas a densidade de um fluido e sua pressão seria em princípio viável, fazendo uso da equação de estado, determinar sua temperatura. No entanto, enfatizamos que não levaremos em conta processos de transferência de calor e, conseqüentemente, não nos preocuparemos com essa variável na caracterização dos fluidos.

Quaisquer das grandezas a seguir consideradas são, a rigor, campos que variam de acordo com o ponto do espaço e com o tempo. Para caracterizar um ponto do fluido devemos adotar um referencial cartesiano.

Campos são, necessariamente, associados a grandezas físicas que variam de ponto a ponto no espaço e, eventualmente, do tempo. Esse é o caso de uma distribuição de grandezas físicas no espaço, como a distribuição de temperaturas na atmosfera terrestre. Se as grandezas têm um caráter escalar, o mesmo acontece com o campo. Analogamente, podemos introduzir o conceito de campo vetorial para descrever a variação ponto a ponto de grandezas vetoriais como, por exemplo, a distribuição de velocidades do ar na atmosfera terrestre.

Caracterizando o estado de um fluido

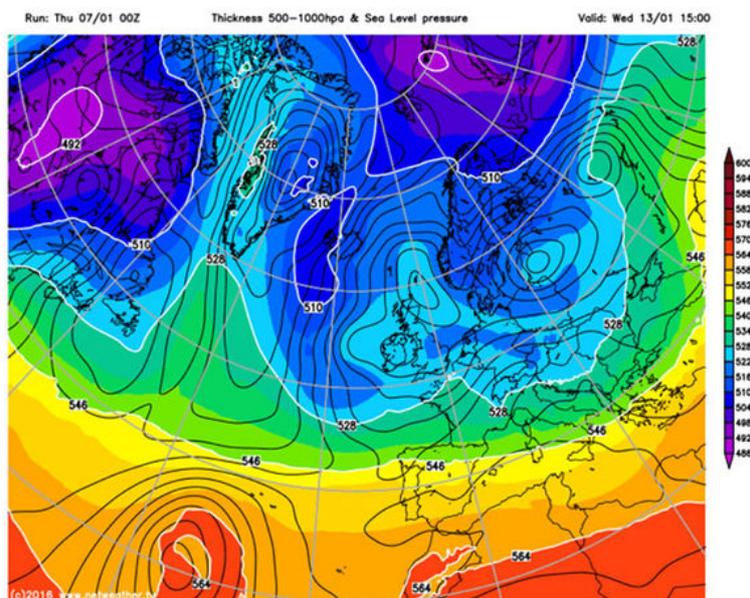
- Velocidade \vec{v}
- Pressão P
- Densidade ρ

1-2 Relevância do Estudo dos Fluidos

O estudo dos fluidos se reveste de uma relevância muito maior do que parece a primeira vista, porquanto 2/3 da superfície terrestre está sob a forma de um fluido, a água. Sim, 2/3 da superfície são preenchidas por um fluido precioso para nós seres humanos.



Mas, veja-se que estamos por outro lado inseridos num fluido conhecido como ar. Aqui estamos falando da atmosfera terrestre.



Fato é que essa área do conhecimento é fundamental na previsão do tempo por exemplo.

Portanto, entender, por exemplo, o movimento das ondas do mar, o movimento de grandes massas acima da superfície terrestre e especialmente os movimentos que se dão e que tem grande relevância em relação às mudanças climáticas. Estamos, portanto diante de uma área do conhecimento que é fundamental para nós.



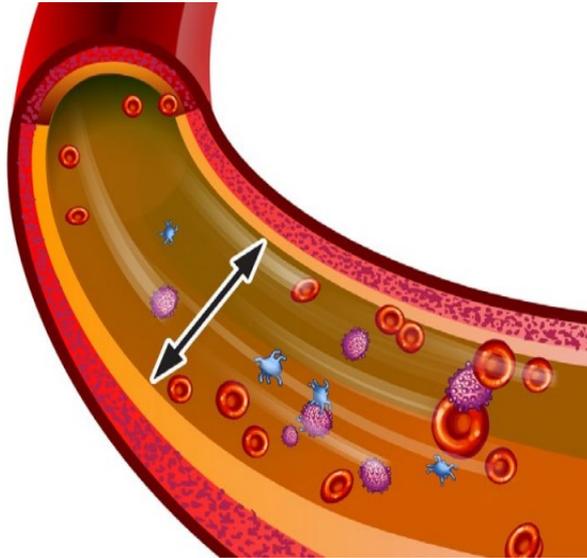
É claro que podemos tentar entender fenômenos relativamente simples como a formação de vórtices numa pia esse é um fenômeno bastante comum.



Mas a mecânica dos fluidos é relevante também em relação ao estudo do movimento de objetos nele inseridos. Nesse aspecto queremos chamar a atenção para uma área de física aplicada, da hidrodinâmica aplicada, que é o estudo da aerodinâmica. O estudo da aerodinâmica é fundamental para que os projetistas consigam projetar aviões bolidos, automóveis especialmente aqueles da fórmula 1, para que eles tenham um bom desempenho.



Assim é que a mecânica dos fluidos pode ser relevante também para o estudo de um fluido precioso que percorre o nosso corpo, o sangue. Esse fluido exerce uma pressão, que pode ser determinada.



Assim são muitas as aplicações da mecânica dos fluidos.



Como entender o movimento dos aviões e como podemos melhorá-los. Um problema típico da aerodinâmica.

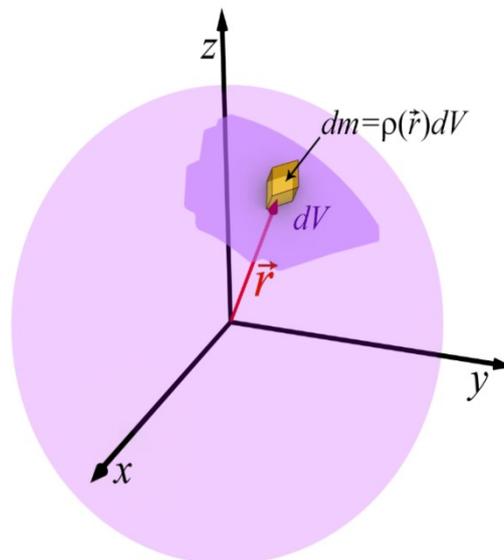
1-3 Densidade, ou Massa Específica

Um dos conceitos mais importantes na mecânica dos fluidos é o conceito de massa específica e que de agora em diante também será designada utilizando o termo densidade.

Do ponto de vista formal é melhor definirmos a densidade considerando um pequeno elemento de volume do fluido, que vamos designar dV . Esse elemento de volume contém uma massa do fluido que vamos designar por dm . Assim podemos definir a densidade como sendo a relação entre essas duas grandezas. Ou seja.

$$\rho = \frac{dm}{dV}$$

Isto é, a densidade é a massa por unidade de volume.



Estamos utilizando essa definição mais sofisticada por que a rigor a densidade depende do ponto considerado. Ela pode variar de um ponto a ponto. A densidade pode depender de um ponto do espaço, das suas coordenadas. Nesse caso se diz que ela é variável. Assim, escrevemos:

$$\rho(\underbrace{x, y, z}_{\text{coordenadas}})$$

Esse ponto, de coordenadas (x, y, z) é o ponto no qual se encontra o elemento de volume referido anteriormente.

Quando a densidade varia de ponto a ponto, a massa total é dada pela soma:

$$M = \sum_{i=1}^N \rho(x_i, y_i, z_i) dV_i$$

Uma definição mais simples e válida para fluidos homogêneos, ou seja, fluidos para os quais a densidade não varia de ponto a ponto. Nesse caso temos a definição mais simples. Definimos a densidade, ρ , como sendo a relação entre a massa contida num volume v , a massa m . Portanto

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

1.3.1- Unidades de Densidade

No sistema internacional de medidas a unidade de densidade ou de massa específica é o kg/m^3 . No entanto, podemos fazer uso de outras unidades, como por exemplo, o gr/cm^3 .

Fluidos exibem diferentes valores da densidade.

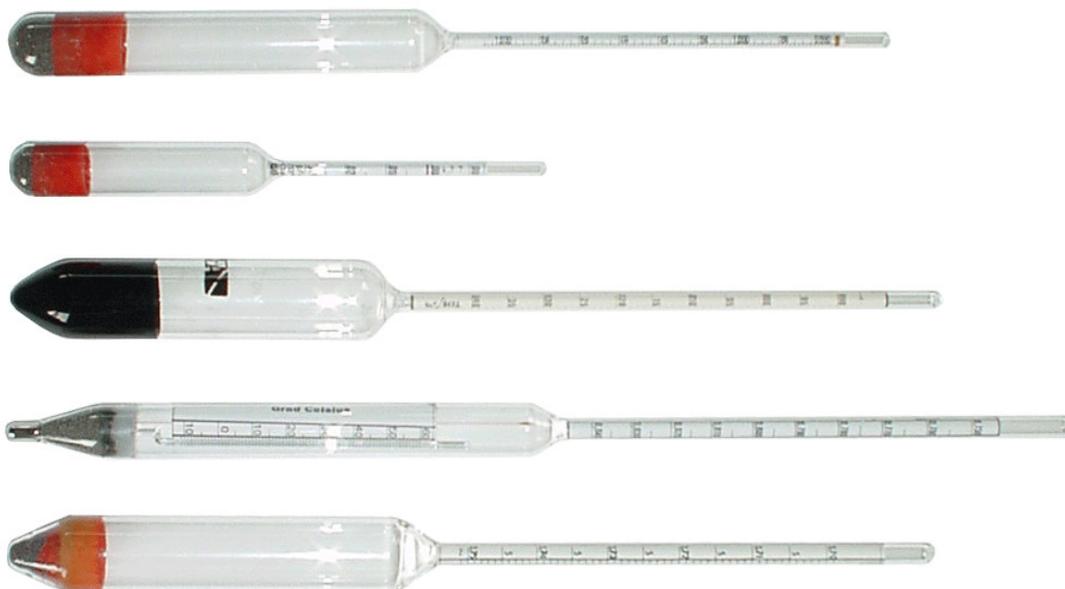
Material	Massa específica aproximada (g/cm^3)
Etanol	0,78
Gasolina	0,80
Lubrificante automotivo	0,85
Madeira seca, carvalho	0,92
Água	1,00
Glicerina	1,20
HNO ₃ 36%	1,22
PVC	1,40
Açúcar	1,57
Vidro	2,60
Alumínio	2,70
Aço Inoxidável	7,90
Cobre	8,90
Prata	10,50
Platina	21,40

1.3.2- Medidas de Densidade

Para fluidos com densidade uniforme, ela pode ser determinada mediante a determinação da sua massa, pesando-o, e a seguir determinando volume ocupado pelo fluido



Podemos fazer uso de aparelhos de medida. Densímetros são aparelhos para medir densidades.



A densidade pode depender também do tempo. O que é representado assim:

$$\rho(\underbrace{x, y, z, t}_{\text{espaço e tempo}})$$

Muitas vezes, fluidos com diferentes densidades não se misturam. Dizemos que os fluidos são imissíveis.



Fluidos podem ser imissíveis

1.3.4- Fluido Incompressível

Dizemos que um fluido é incompressível se sua densidade for uniforme. Isto é, se sua densidade é constante tanto em relação aos pontos do espaço quanto em relação ao tempo, mesmo que eles se coloquem em movimento. Escrevemos,

$$\rho = \rho_0$$

1.3.5- Densidade Relativa

Às vezes torna-se conveniente falar da densidade relativa de uma substância. A densidade relativa (ρ_r) é a razão entre a densidade da substância e a densidade da água:

$$\rho_r = \frac{\rho}{\rho_{\text{água}}}$$

Essa grandeza é adimensional. A água tem uma densidade de

$$d_{\text{água}} = 1 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

Ou seja, um metro cúbico de água tem uma massa de uma tonelada.

1.3.6- Peso Específico

Define-se o peso específico, P_e , como a razão entre o peso da substância e o seu volume. Portanto, o peso específico é o produto entre a densidade e a aceleração da gravidade.

$$P_e = \frac{mg}{V} = \rho g$$