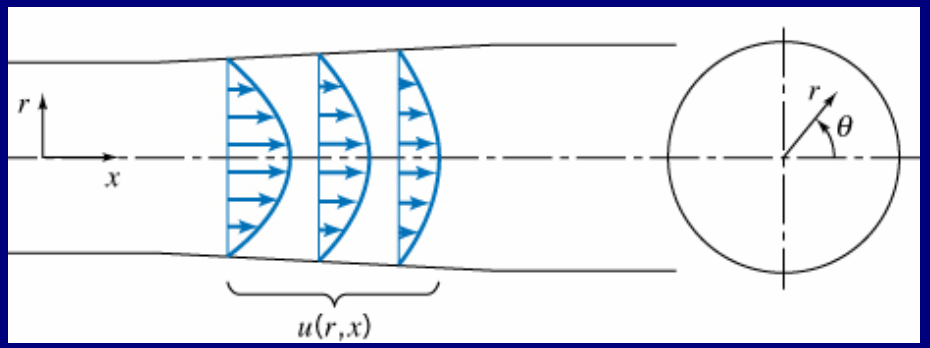
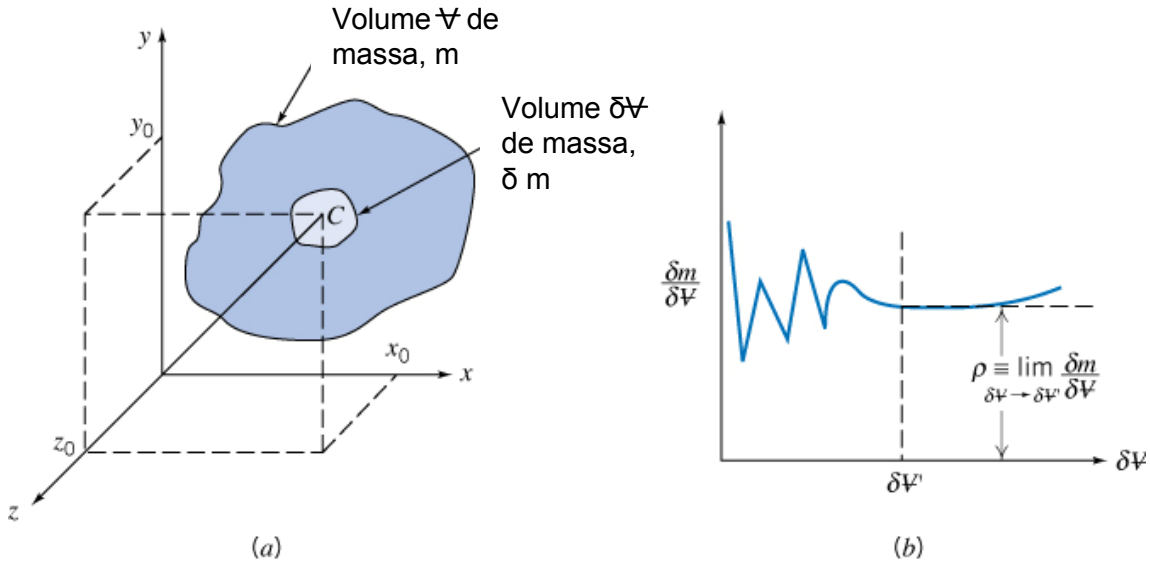


Cap. II – Conceitos Fundamentais

O Fluido como um Meio Continuo

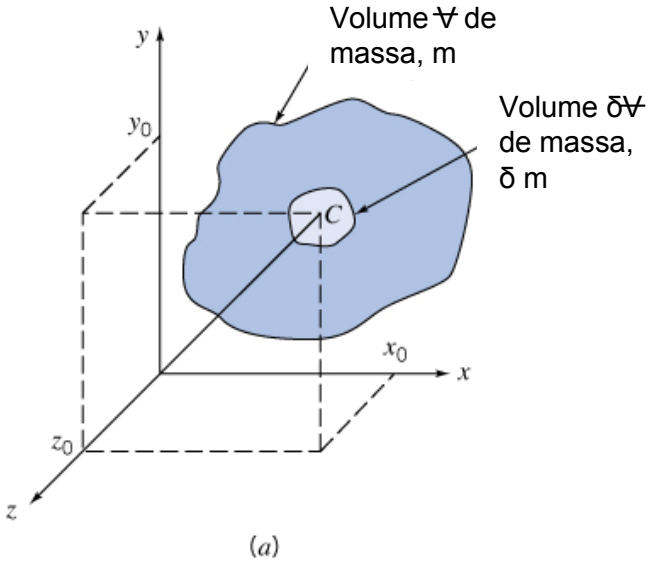
O fluido compõe-se de moléculas em movimento constante. Porém, para aplicações de engenharia, só interessam os efeitos globais médios de muitas moléculas, ou seja, os efeitos macroscópicos.

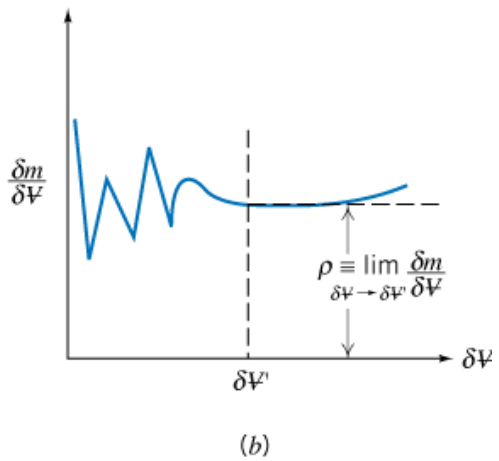
Assim, considera-se o fluido como um meio contínuo (Continuum), de forma que propriedades como massa específica, velocidade, etc, são consideradas funções contínuas de posição e tempo, cujo tratamento matemático é dado a partir do conceito de **campo**.



Massa Específica:

- Quantidade de massa que ocupa uma unidade de volume





$$\rho = \lim_{\delta \forall \to \delta \forall'} \frac{\delta m}{\delta \forall} = \frac{m}{\forall}$$

$$\rho = \rho(x, y, z)$$

$$\rho = \rho(x, y, z, t)$$

Peso Específico:

- Razão entre o peso e a unidade de volume $\gamma = \rho g$

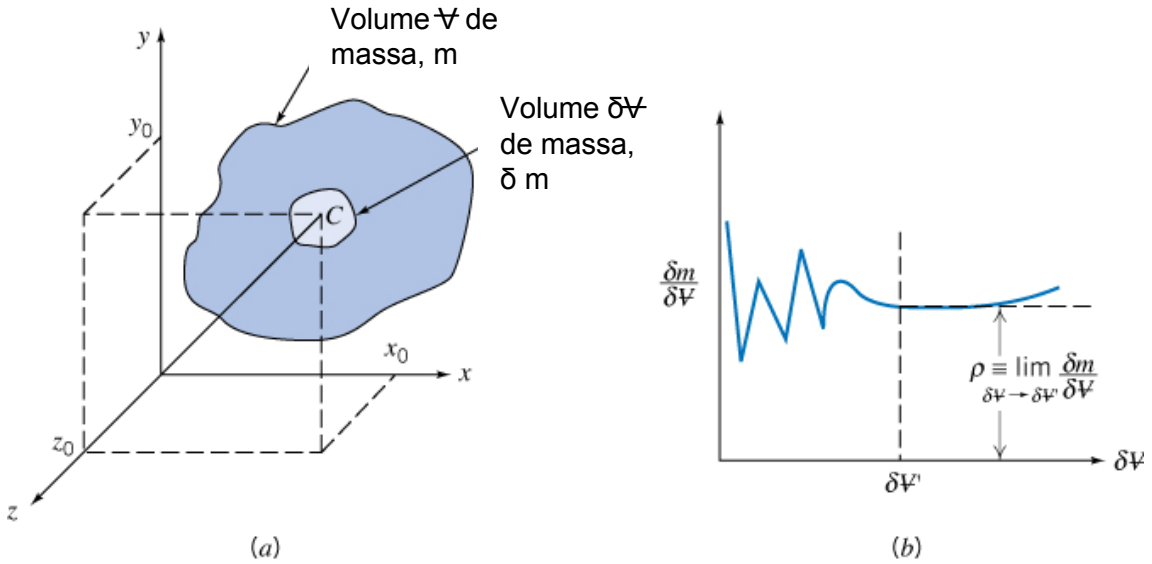
Densidade:

- Razão entre a massa específica do fluido e a massa específica de uma substância de referência (água a 4ºC para líquidos e ar para gases)

Para a água: $\rho = 1 g/cm^3 = 10^3 kg/m^3, \ \gamma = 10^3 \times 9{,}81 N/m^3$

Velocidade:

- A velocidade do fluido no ponto é igual à velocidade instantânea da partícula de fluido que passa pelo ponto num dado instante.



$$\vec{V} = \vec{V}(x, y, z, t)$$

$$\vec{V} = u\vec{i} + v\vec{j} + w\vec{k}$$

$$u = u(x, y, z, t)$$

$$v = v(x, y, z, t)$$

$$w = w(x, y, z, t)$$

Escoamento Permanente:

- As propriedades podem variar de ponto para ponto no campo, mas permanecem constantes com relação ao tempo para um dado ponto no campo.

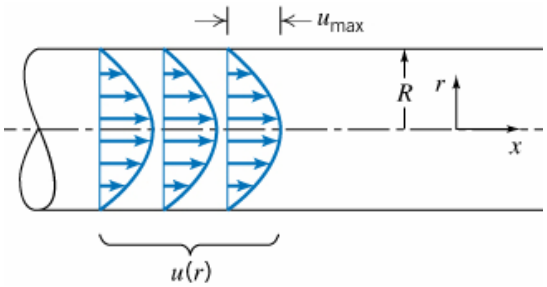
$$\frac{d\rho}{dt} = 0 \Rightarrow \rho = \rho(x, y, z)$$

$$\frac{d\vec{V}}{dt} = 0 \Rightarrow \vec{V} = \vec{V}(x, y, z)$$

- Genericamente: $\frac{d\eta}{dt} = 0$

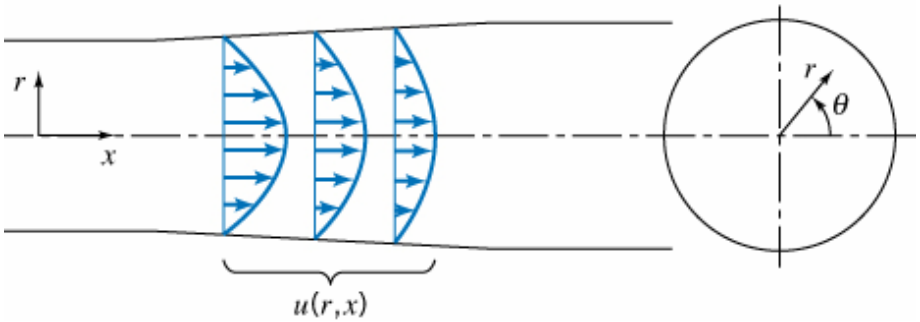
Escoamento Unidimensional:

- É necessária apenas uma coordenada para especificar o campo de velocidades

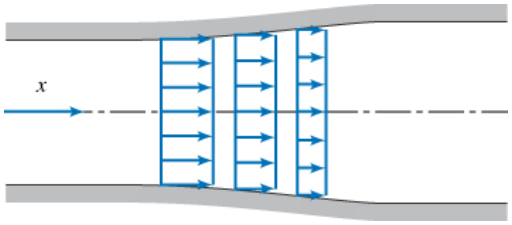


Escoamento Bidimensional:

- São necessárias duas coordenadas para especificar o campo de velocidades

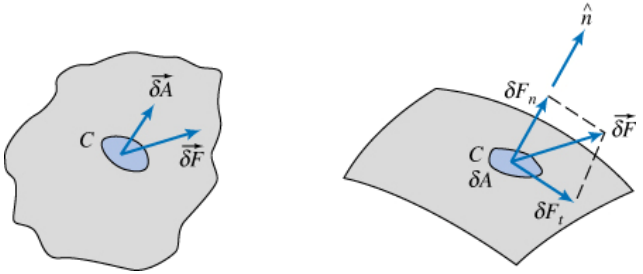


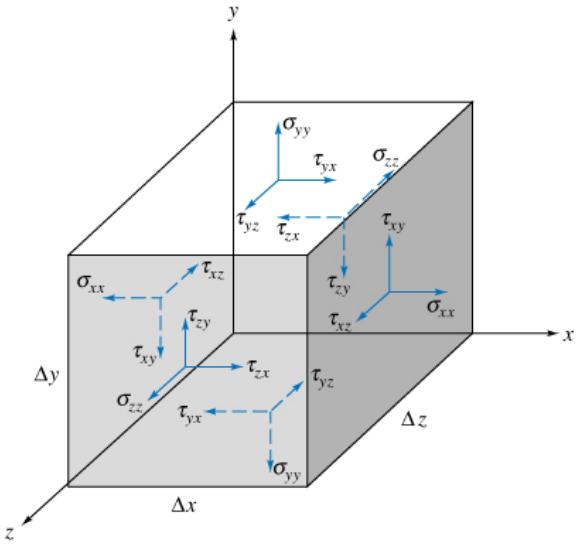
Escoamento Uniforme (unidimensional):



Campo de Tensões:

- O conceito de tensão descreve o modo pelo qual forças agindo sobre os limites de um meio são transmitidas através deste.





$$\sigma = \lim_{\delta A_n \to 0} \frac{\delta F_n}{\delta A_n} \qquad \tau = \lim_{\delta A_n \to 0} \frac{\delta F_t}{\delta A_n}$$

$$\begin{bmatrix} \sigma_{xx} & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{yx} & \sigma_{yy} & \tau_{yz} \\ \tau_{zx} & \tau_{zy} & \sigma_{zz} \end{bmatrix}$$

Plano de atuação da tensão

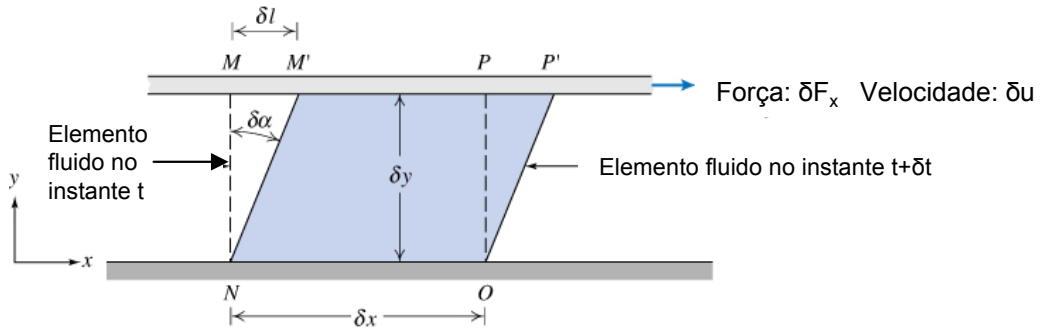
Direção de atuação da tensão

Viscosidade:

- Resistência que o fluido oferece à deformação por cisalhamento. É uma medida do atrito interno do fluido, sendo fortemente dependente da temperatura.

Fluido Newtoniano:

- Aquele cuja taxa de deformação é proporcional à tensão de cisalhamento



$$\tau_{yx} \propto \frac{d\alpha}{dt} \Rightarrow \tau_{yx} \propto \frac{du}{dy}$$

$$\tau_{yx} = \mu \frac{du}{dy}$$

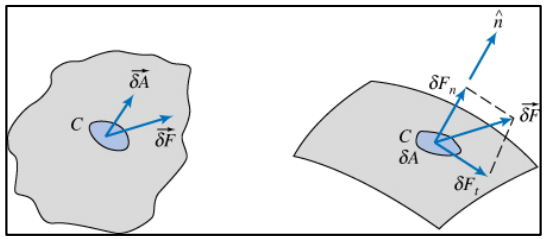
Gradiente de Velocidade

Viscosidade Absoluta (1 poise = 1g/cm.s = 0,1kg/m.s)

Viscosidade Cinemática: $\upsilon = \frac{\mu}{\rho}$ (1 stoke: 1cm²/s)

Pressão:

- Razão entre a componente normal de uma força e a área sobre a qual esta força atua.



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

Em um escoamento, as forças atuando sobre uma partícula fluida são decorrentes da diferença de pressão (tensão normal) e da tensão de cisalhamento (associada à viscosidade e ao gradiente de velocidade).

- A pressão que uma coluna h de líquido exerce sobre sua base é igual a: $p = \gamma h$
- Unidades:

  -Pascal (Pa)

  - kgf/cm^2 = 1atm

  -metro de coluna d'água (mH_2O) a 4^{o}C = 9,81x10^3 Pa

  -milímetro de mercúrio (mmHg) a 0^{o}C

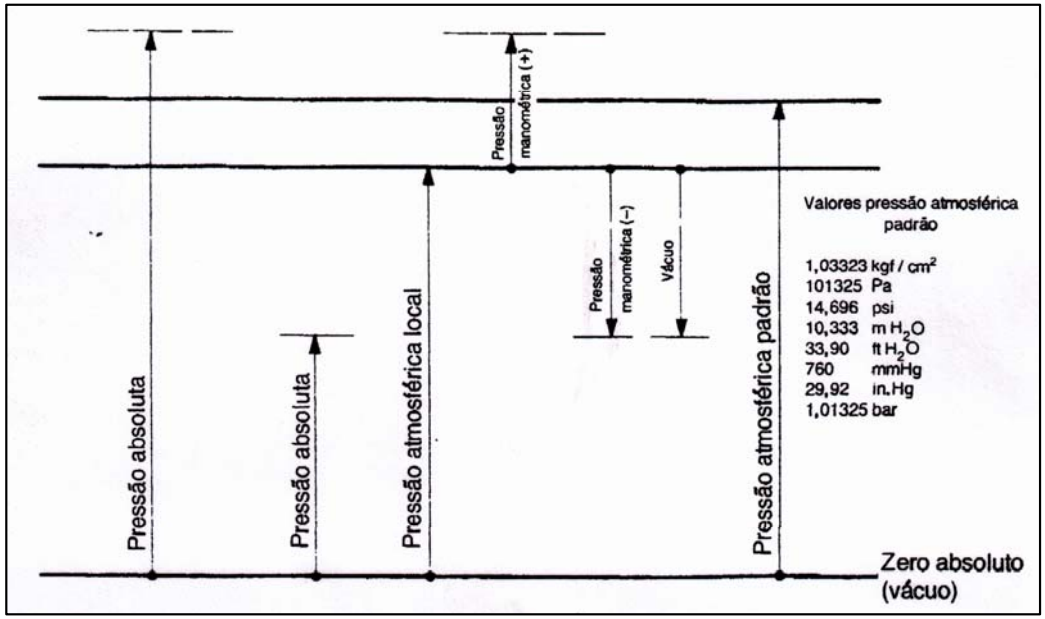
  -bar = 10^5 Pa = 750mmHg

  -psi

• Pressão atmosférica: coluna de ar se estendendo do nível do mar ao fim da atmosfera

• Pressão absoluta: medida a partir do zero absoluto

• Pressão manométrica: pressão relativa à atmosférica (aquela medida por instrumentos)

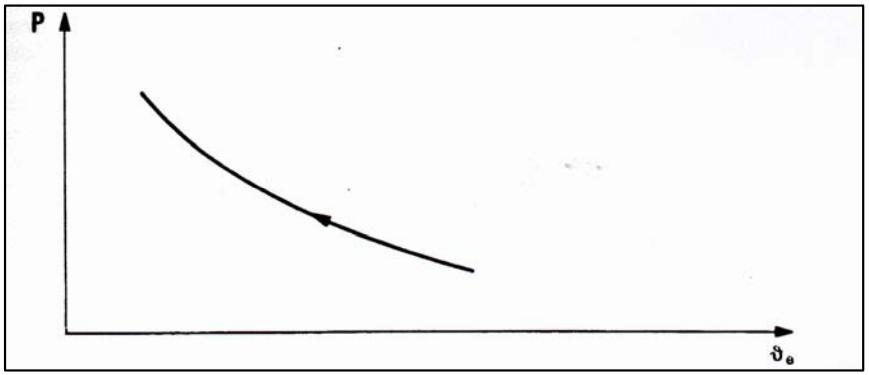


Altitude		Pressão atmosférica		
ft	m	psia	in Hg a (32°F)	kgf/cm² a
0	0	14,696	29,92	1,03323
100	30,5	14,64	29,81	1,02929
200	61,0	14,59	29,71	1,02578
300	91,4	14,54	29,60	1,02226
400	121,9	14,48	29,49	1,01804
500	152,4	14,43	29,38	1,01453
600	182,9	14,38	29,28	1,01101
700	213,4	14,33	29,17	1,00750
800	243,8	14,28	29,07	1,00398
900	274,3	14,22	28,96	0,99976
1000	304,8	14,17	28,86	0,99625
1200	365,8	14,07	28,65	0,98922
1400	426,7	13,97	28,44	0,98219
1600	487,7	13,87	28,23	0,97516
1800	548,6	13,76	28,02	0,96742
2000	609,6	13,66	27,82	0,96039
2200	670,6	13,56	27,62	0,95336
2400	731,5	13,47	27,42	0,94703
2600	792,5	13,37	27,21	0,9400
2800	853,4	13,27	27,02	0,93297
3000	914,4	13,17	26,82	0,92594
4000	1219,2	12,69	25,84	0,89219
6000	1828,8	11,78	23,98	0,82822
8000	2438,4	10,92	22,22	0,76775
10000	3048,0	10,11	20,58	0,71080
12000	3657,6	9,346	19,03	0,65709
14000	4267,2	8,633	17,58	0,60696
16000	4876,8	7,965	16,21	0,55999
18000	5486,4	7,339	14,94	0,51598
20000	6096,0	6,753	13,75	0,47478

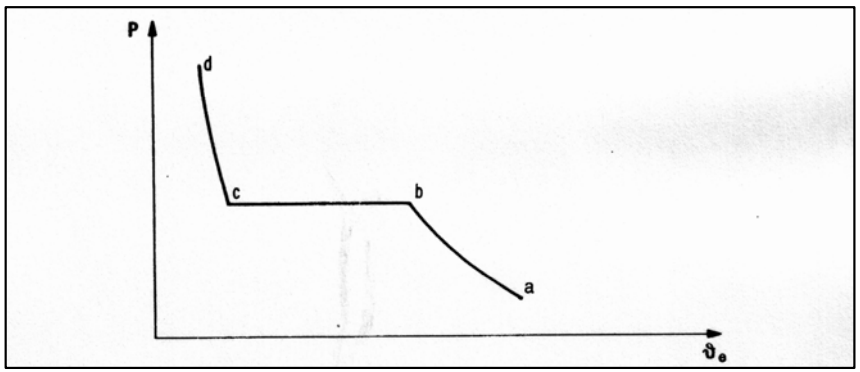
Pressão de vapor:

- É a pressão sobre o fluido, a uma dada temperatura, na qual co-existem as fases líquida e gasosa.

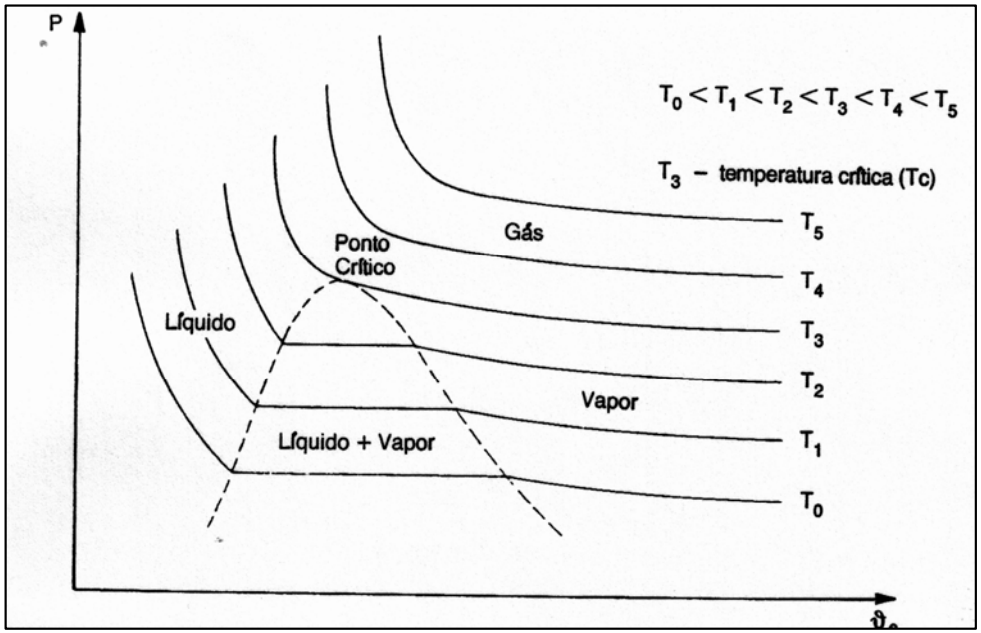
- As bombas não são construídas para bombear vapores ou gases, de forma que o fluido não deve trabalhar nesta pressão, sob o risco de causar danos ao equipamento (cavitação)



Compressão isotérmica de um gás perfeito



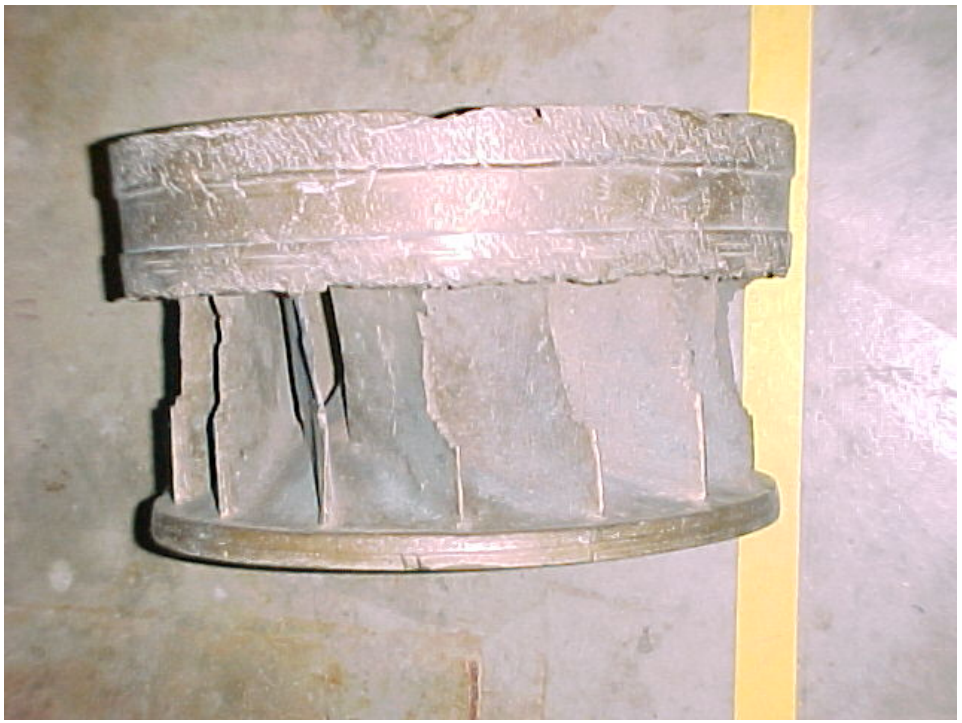
Compressão isotérmica de um gás real



Variação da pressão de vapor com a temperatura

Rotores Cavitados





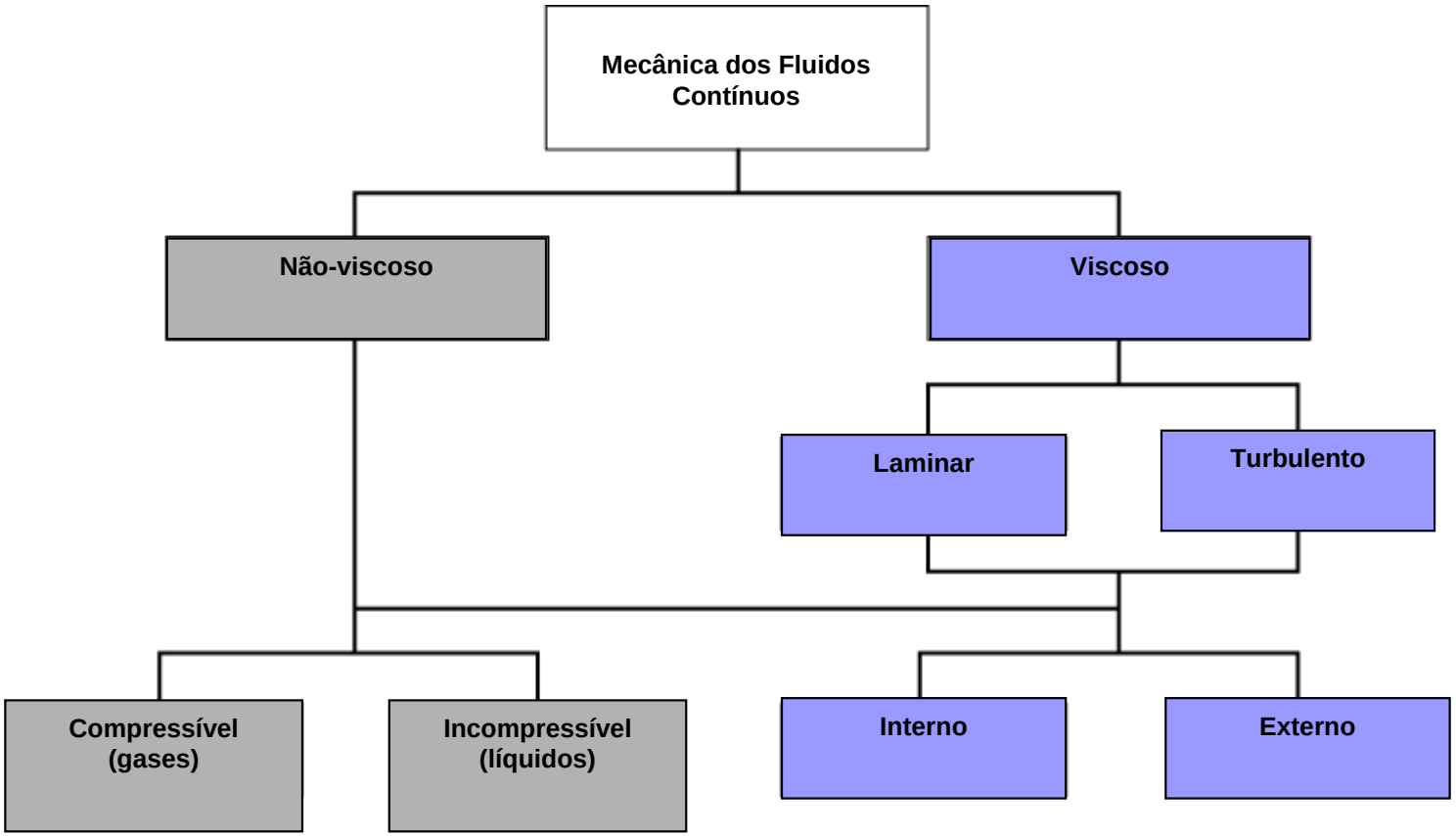




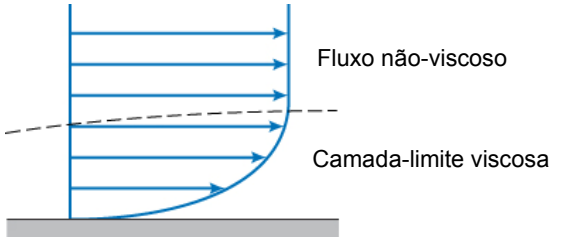
Propriedades da Água:

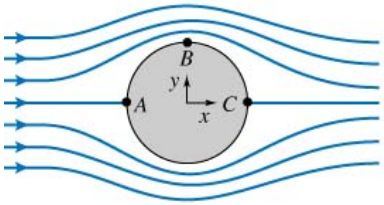
Temperatura (^oF)	Temperatura (^oC)	Volume específico (ft^3/lb) v_s	Densidade (d)			Peso específico (lb/ft^3) γ	Pressão de vapor (psia) Pv
			Referência 39,2°F	Referência 60°F	Referência 70°F		
40	4.4	.01602	1.000	1.001	1.002	62.42	0.1217
50	10.0	.01603	.999	1.001	1.002	62.38	0.1781
60	15.6	.01604	.999	1.000	1.001	62.34	0.2563
70	21.1	.01606	.998	.999	1.000	62.27	0.3631
80	26.7	.01608	.996	.998	.999	62.19	0.5069
90	32.2	.01610	.995	.996	.997	62.11	0.6982
100	37.8	.01613	.993	.994	.995	62.00	0.9492
120	48.9	.01620	.989	.990	.991	61.73	1.692
140	60.0	.01629	.983	.985	.986	61.39	2.889
160	71.1	.01639	.977	.979	.979	61.01	4.741
180	82.2	.01651	.970	.972	.973	60.57	7.510
200	93.3	.01663	.963	.964	.966	60.13	11.526
212	100.0	.01672	.958	.959	.960	59.81	14.696
220	104.4	.01677	.955	.956	.957	59.63	17.186
240	115.6	.01692	.947	.948	.949	59.10	24.97
260	126.7	.01709	.938	.939	.940	58.51	35.43
280	137.8	.01726	.928	.929	.930	58.00	49.20
300	148.9	.01745	.918	.919	.920	57.31	67.01
320	160.0	.01765	.908	.909	.910	56.66	89.66
340	171.1	.01787	.896	.898	.899	55.96	118.01
360	182.2	.01811	.885	.886	.887	55.22	153.04
380	193.3	.01836	.873	.874	.875	54.47	195.77
400	204.4	.01864	.859	.860	.862	53.65	247.31
420	215.6	.01894	.846	.847	.848	52.80	308.83
440	226.7	.01926	.832	.833	.834	51.92	381.59
460	237.8	.0196	.817	.818	.819	51.02	466.9
480	248.9	.0200	.801	.802	.803	50.00	566.1
500	260.0	.0204	.785	.786	.787	49.02	680.8
520	271.1	.0209	.765	.766	.767	47.85	812.4
540	282.2	.0215	.746	.747	.748	46.51	962.5
560	293.3	.0221	.726	.727	.728	45.3	1133.1
580	304.4	.0228	.703	.704	.704	43.9	1325.8
600	315.6	.0236	.678	.679	.680	42.3	1542.9
620	326.7	.0247	.649	.650	.650	40.5	1786.6
640	337.8	.0260	.617	.618	.618	38.5	2059.7
660	348.9	.0278	.577	.577	.578	36.0	2365.4
680	360.0	.0305	.525	.526	.527	32.8	2708.1
700	371.1	.0369	.434	.435	.435	27.1	3093.7
705.4	374.1	.0503	.319	.319	.320	19.9	3206.2

Classificação dos Escoamentos

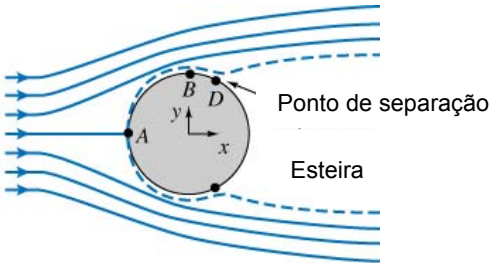


Classificação dos Escoamentos

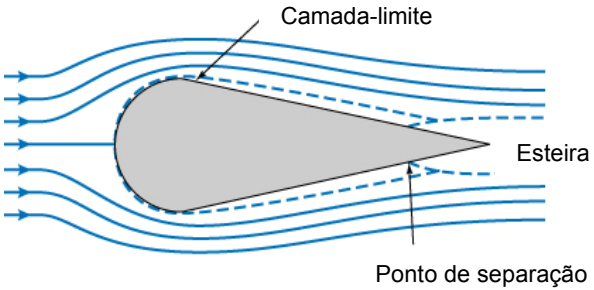




Não-viscoso



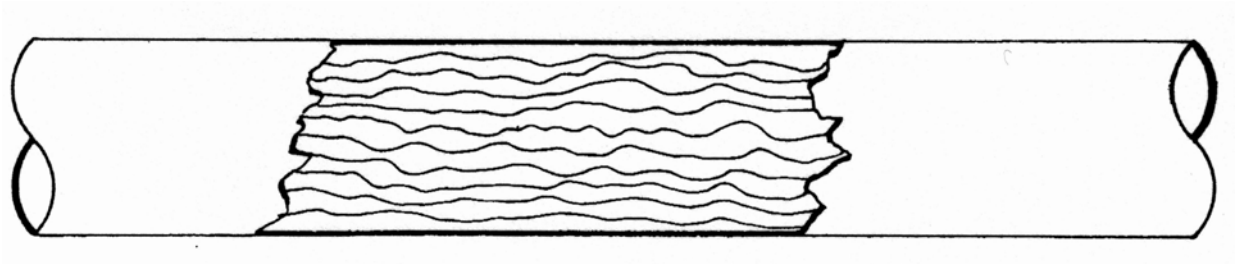
Viscoso



Classificação dos Escoamentos



Escoamento Laminar



Escoamento Turbulento

