

Pressão Atmosférica

Objetivos:

1. Conceituar pressão atmosférica;
2. Citar as unidades de pressão mais comuns com suas equivalências;
3. Explicar a origem das variações de pressão atmosférica;
4. Entender os padrões de variação temporal e espacial da pressão;
5. Descrever os instrumentos utilizados na medição da pressão atmosférica.

Desenvolvimento:

1. Generalidades
 2. Efeito da Altitude
 3. Efeito da Temperatura
 4. Distribuição Temporal da Pressão Atmosférica
 5. Distribuição Espacial – Centros de Alta e Baixa Pressão
 6. Instrumentos e Medição da Pressão Atmosférica
 7. Ajuste da Pressão ao Nível Médio do Mar
 8. Conclusões
 9. Exercícios Propostos
 10. Bibliografia Citada e Recomendada
-

1. Generalidades

- Força / Área = Pressão
- Pressão atmosférica (P_{atm}):

$$P_{atm} = P_{N_2} + P_{O_2} + P_{CO_2} + P_{vd} + P_{Ar} + \dots \quad (1)$$

- Experiência de Torricelli → quantificação da P_{atm}

2. Unidades de Pressão

As mais utilizadas unidades de pressão e os correspondentes fatores de conversão são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Unidades de pressão e fatores de conversão.

Unidades	Fatores multiplicativos para conversão de unidades							
	bar	atm	mmHg	mca	Pa	psi	kPa	kgf cm ⁻²
1 bar	1	0,98692	750,062	10,195	100.000	14,504	100	0,98068
1 atm	1,01325	1	760	10,33	101.325	14,696	101,325	1,03327
1 mmHg	$1,3332 \cdot 10^{-3}$	$1,3158 \cdot 10^{-3}$	1	$1,3592 \cdot 10^{-2}$	$7,501 \cdot 10^{-3}$	$1,9337 \cdot 10^{-2}$	0,1333	$1,359 \cdot 10^{-3}$
1 mca	$9,8087 \cdot 10^{-2}$	$9,6805 \cdot 10^{-2}$	73,5721	1	$1,0195 \cdot 10^{-4}$	0,7029	9,8088	0,1000
1 Pa	$1,0 \cdot 10^{-5}$	$9,8692 \cdot 10^{-4}$	$7,5 \cdot 10^{-3}$	9.808,8	1	$1,4504 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$	$1,02 \cdot 10^{-5}$
1 psi	$6,8947 \cdot 10^{-2}$	$6,8046 \cdot 10^{-2}$	51,7147	0,7029	6.894,76	1	6,89476	$7,03 \cdot 10^{-2}$
1 kPa	$1,0 \cdot 10^{-2}$	$9,8692 \cdot 10^{-6}$	7,5006	0,10195	1.000	0,1450	1	$1,02 \cdot 10^{-2}$
1 kgf cm⁻²	1,0197	0,9678	735,559	9,9978	98.066,5	14,2234	98,0665	1

Obs.: Outras unidades igualmente importantes são o milibar (mb) e o hectoPascal (hPa), esta múltiplo do Pa, em que são válidas as seguintes relações: 1 mb = 0,001 bar e 1 hPa = 100 Pa. Adicionalmente tem-se que 1 mb = 1 hPa.

Exemplo Prático 1) A pressão atmosférica em determinado lugar é 695 mmHg. Expresse este valor em kPa, mca, bar, psi e kgf cm⁻².

Exemplo Prático 2) Demonstre que 1 mb = 1 hPa.

3. Pressão Absoluta, Atmosférica e Manométrica

- Pressão absoluta (P_{abs}) e a pressão manométrica (P_{man})

$$P_{abs} = P_{atm} + P_{man} \quad (2)$$

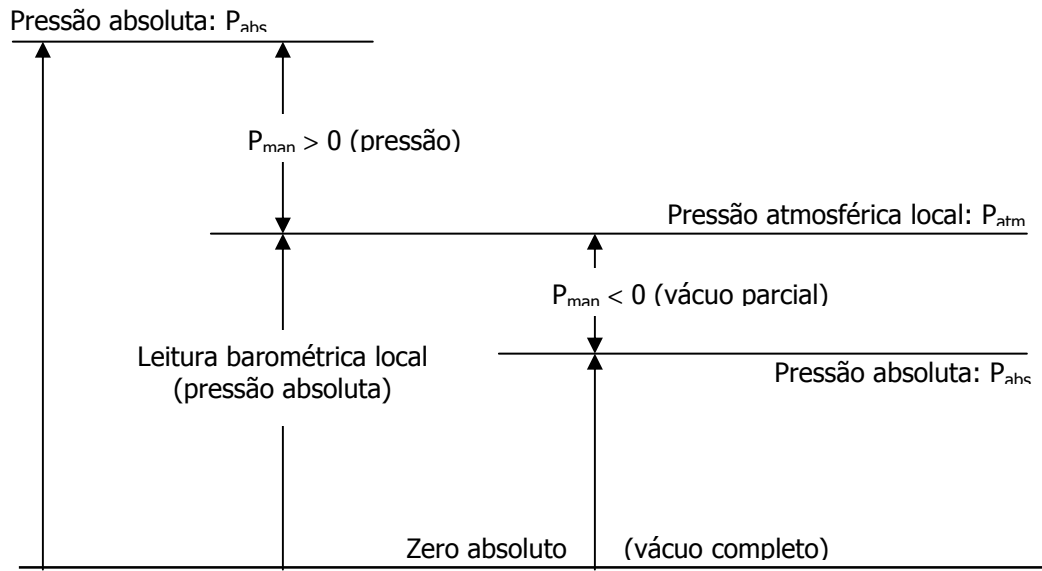


Figura 1. Definição e relação entre a pressão absoluta (P_{abs}), pressão barométrica (P_{atm}) e pressão manométrica (P_{man}). (Fonte [LIBARDI, 1995](#)).

4. Pressão Atmosférica e os Efeitos da Altitude e Temperatura

- Temperatura do ar e altitude afetam a P_{atm}

4.1. Efeitos da Altitude

- A P_{atm} diminui com a altitude

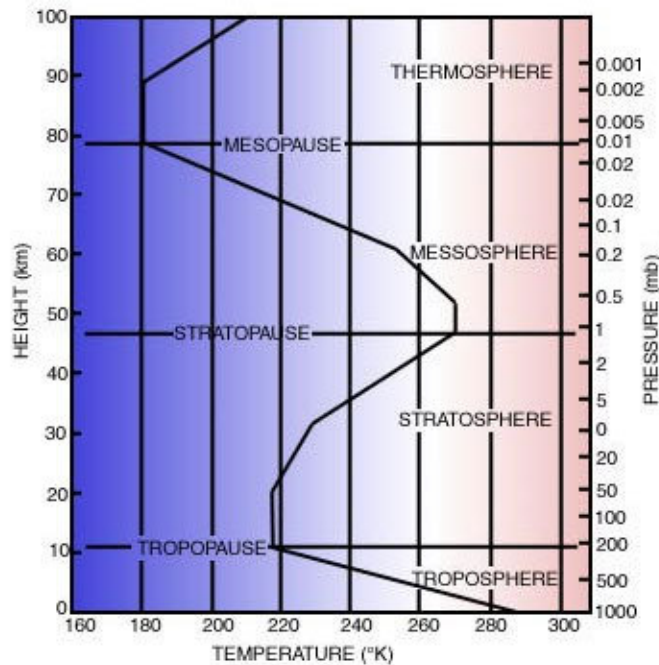


Figura 2. Estratificação atmosférica e variação da pressão com a altitude.

A relação matemática mais aceita entre a altitude de um local e a correspondente P_{atm} é dada pela equação 3, segundo JENSEN et al. (1990).

$$P_{atm} = 101,3 \cdot \left(\frac{288 - 0,0065 \cdot A}{288} \right)^{5,257} \quad (3)$$

ALLEN et al. (1998) recomendaram, para fins de padronização, $T_0 = 20^\circ\text{C} = 293 \text{ K}$, na equação 3, em estudos de evapotranspiração.

BURMAN e POCHOP (1994) sugeriram a equação 4, como se segue:

$$P_{atm} = 101,3 + 0,01055 \cdot A \quad (4)$$

onde P_{atm} (kPa) e A (m).

DOORENBOS & PRUITT (1992) recomendaram a equação 5 a seguir:

$$P_{atm} = 101,3 - 0,01152 \cdot A + 0,544 \cdot 10^{-6} \cdot A^2 \quad (5)$$

onde P_{atm} (kPa) e A (m).

REICHARDT (1990) utilizou a equação 6 para estimativa de P_{atm} :

$$P_{atm} = 101,3 \cdot e^{-\frac{A}{8,4}} \quad (6)$$

onde P_{atm} (kPa) e A (km).

Exemplo Prático 3) *Considere uma localidade a 2000 m de altitude (dentro da Troposfera). Determine por todos os métodos acima, a pressão atmosférica local. Compare os resultados.*

4.2. Efeitos da Temperatura

- O peso de uma coluna de ar está sujeito a mudanças na temperatura da interface superfície-atmosfera. Quando uma massa de ar se aquece seu volume aumenta, necessitando, portanto de mais espaço. A direção de menor resistência à expansão é para cima, onde P_{atm} é menor. Este é o princípio básico da formação dos ventos.

5. Distribuição Temporal e Espacial da Pressão Atmosférica

Como discutido anteriormente, a atmosfera é um sistema dinâmico e por isso a sua pressão varia continuamente no espaço e no tempo, em decorrência do deslocamento de massas de ar tanto na vertical quanto há horizontal.

5.1. Distribuição Temporal

- Variação diária e anual da P_{atm}

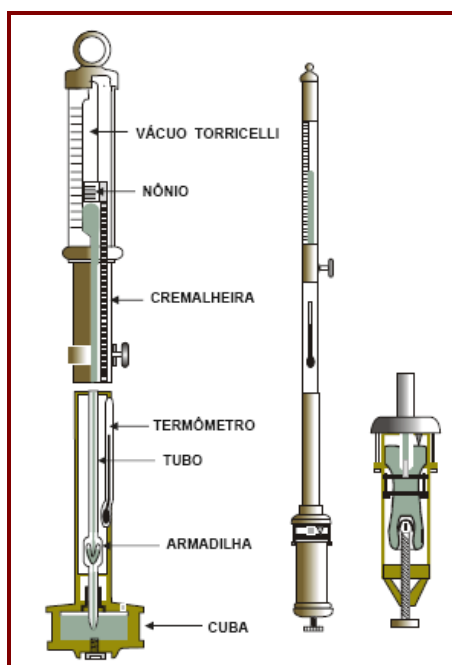


Figura 3 - Barômetro do tipo Kew (esquerda) e Fortin (direita), cujo mecanismo de ajuste da escala ao zero é visto em detalhe. (Fonte: VAREJÃO-SILVA, 2001).

Às leituras barométricas normalmente são aplicadas as seguintes correções:

- Correção de temperatura – para ajuste a 0°C.
- Correção instrumental – objetiva compensar eventuais defeitos de fabricação.
- Correção de gravidade – para contrabalançar a diferença entre o valor local da aceleração da gravidade e aquele usado para confeccionar a escala do instrumento ($9,80665 \text{ m s}^{-2}$).

Pressão atmosférica real = leitura do barômetro após correções.

Os barômetros aneróides baseiam-se na deformação que variações da P_{atm} provocam em cápsulas metálicas de paredes onduladas e flexíveis, em cujo interior se faz o vácuo (Figura 5).

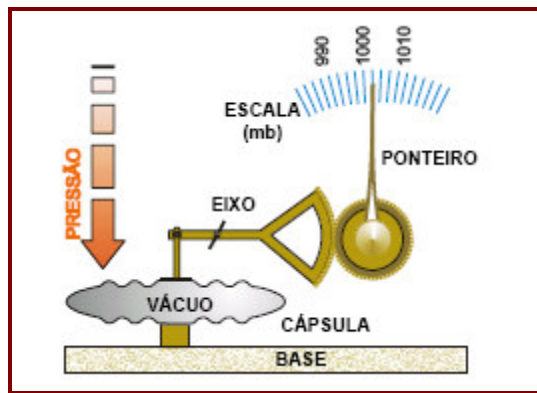


Figura 4 – Esquema de um barômetro aneróide vendo-se a cápsula (A), o sistema de alavancas simplificado (B) e o ponteiro (C). (Fonte: VAREJÃO-SILVA, 2001).

Os barógrafos utilizam também cápsulas aneróides como elemento sensível (Figura 5).

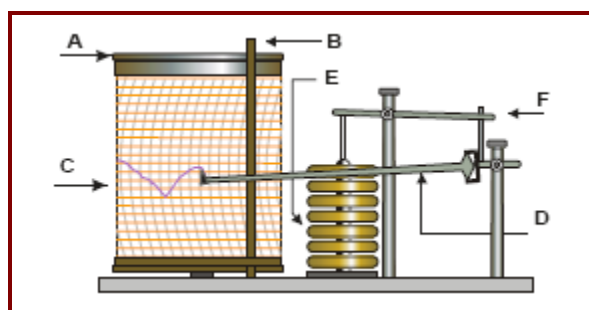


Figura 5 – Detalhes de um barógrafo mostrando o tambor rotativo (A), a presilha do diafragma (B), o diafragma (C), a haste da pena registradora (D), a pilha de cápsulas aneróides (E) e o sistema de alavancas (F). (Fonte: VAREJÃO-SILVA, 2001).

7. Ajuste da Pressão ao Nível Médio do Mar

- Pressões atmosféricas de localidades diferentes, geralmente são reduzidas ao nível médio do mar, para efeito de comparação.

Tabela 5 – Fator de redução da pressão atmosférica real para o nível médio do mar (mmHg). (Fonte: TUBELIS & NASCIMENTO, 1984).

Altitude (m)	Temperatura do ar (°C)										
	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
100	9,11	9,04	8,97	8,91	8,83	8,77	8,71	8,64	8,58	8,51	8,45
200	18,10	17,96	17,83	17,69	17,56	17,42	17,29	17,15	17,02	16,88	16,75
300	26,96	26,76	26,56	25,35	26,51	25,95	25,75	25,55	25,35	25,15	24,95
400	35,70	35,43	35,17	34,90	34,64	34,37	34,11	33,84	33,58	33,31	33,05
500	44,31	43,98	43,65	43,22	43,00	42,67	42,34	42,02	41,69	41,37	41,04
600	52,81	52,42	52,03	51,64	51,25	50,86	50,47	50,09	49,70	49,31	48,92
700	61,19	60,74	60,29	59,85	59,40	58,95	58,50	58,05	57,61	57,16	56,71
800	69,44	68,94	68,43	67,93	67,42	66,92	66,42	65,92	65,41	64,91	64,41
900	77,58	77,02	76,46	75,91	75,35	74,79	74,23	73,68	73,12	72,57	72,01
1000	85,61	85,00	84,39	83,76	83,16	82,55	81,94	81,33	80,72	80,11	79,50
1100	93,06	92,40	91,74	91,07	90,41	89,77	89,11	88,46	87,80	87,14	86,49
1200	100,50	99,80	99,10	93,38	97,67	96,98	96,28	95,58	94,88	94,18	93,48
1300	107,95	107,20	106,45	105,69	104,92	104,20	103,45	102,70	101,96	101,21	100,46
1400	115,39	114,60	113,81	113,00	112,17	111,42	110,62	109,83	109,04	108,25	107,45
1500	122,84	122,00	121,16	120,31	119,42	118,64	117,80	116,96	116,12	115,28	114,44

Exemplo Prático 5) Ajustar ao nível médio do mar, a P_{atm} calculada no Exemplo Prático 3.

8. Conclusões

De forma aplicada, a pressão atmosférica considerada como elemento do tempo/clima, apresenta um interesse secundário. Não ocorre o mesmo quando se analisa a pressão como causa determinante do tempo/clima.

9. Exercícios Propostos

- EP.01. A relação entre as altitudes das estações meteorológicas de Barra do Mendes, Bahia (12°02' S, 41°58' W) e a de Casa Nova, Bahia (09°24' S, 41°08' W) é de 2,6. Para um dado período e à mesma temperatura média (20°C), a pressão atmosférica na localidade de maior altitude (Barra do Mendes) é 675,7 mmHg. Pede-se reduzir ao nível do mar as pressões atmosféricas nas duas localidades, expressando os resultados em kPa e mb.
- EP.02. Usando-se as equações de 3 a 6, determine a pressão atmosférica para a faixa de altitude de 5000 m, partindo do nível médio do mar em intervalos de 250 m. Plote os seus resultados num mesmo gráfico e compare os resultados.
- EP.03. Estime a pressão atmosférica para um ponto no topo do Monte Everest. A que altitude deve corresponder um ponto, cuja P_{atm} é de 480 mmHg.
- EP.04. Converta as unidades de pressão: a) 80 kPa → atm, mmHg, mca; b) 5,2 mca → psi, bar, mmHg, hPa; c) 431,10 mmHg → kPa, mb, atm, mca, mb.
- EP.05. Faça uma pesquisa sobre os centros de alta e baixa pressão, caracterizando-os detalhadamente.

10. Bibliografia Citada e Recomendada

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. Rome, Italy. 1998. 300 p.
- BURMAN, R. D.; POCHOP, L. O. Evaporation, evapotranspiration and climatic data. Amsterdam: Elsevier. 1994. 278 p.
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W. *Crop water requirements*. FAO Irrigation and Drainage Paper 24. Rome, Italy. 1992 (reprinted). 144 p.
- LIBARDI, P. L. *Dinâmica da água no solo*. Departamento de Física e Meteorologia, ESALQ/USP. 1995. 497 p.
- REICHARDT, K. *A água em sistemas agrícolas*. São Paulo: Manole. 1990. 1988 p.
- TUBELIS, A. e NASCIMENTO, F. J. L. do. *Meteorologia descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras*. São Paulo: Nobel. 1984. 374 p.
- VAREJÃO-SILVA, M. A. *Meteorologia e climatologia*. Brasília: Instituto Nacional de Meteorologia-Ministério da Agricultura. 2001. 515 p.
- VIANELLO, R. L. e ALVES, A. R. *Meteorologia básica e aplicações*. Viçosa: UFV – Imprensa Universitária. 1991. 449 p.
- ZUÑIGA, A. C. *Agroclimatología*. San José: Editorial Universidad Estatal a Distancia. 1985. 520 p.