

Umidade Atmosférica

Objetivos:

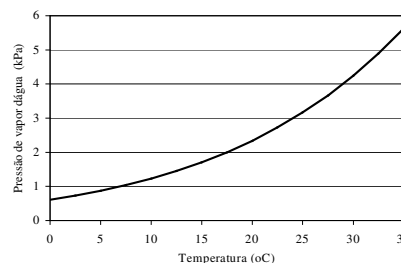
1. Conceituar umidade do ar e destacar a sua importância agronômica;
2. Definir pressão de vapor e sua relação com a temperatura do ar;
3. Quantificar o conteúdo de vapor d'água na atmosfera;
4. Descrever os métodos para medição do vapor d'água atmosférico.

Desenvolvimento:

1. Generalidades
 2. Importância do Vapor d'Água Atmosférico
 3. Princípios Básicos do Vapor d'Água Atmosférico
 4. Estimativa do Conteúdo de Vapor d'Água na Atmosfera
 5. Estimativa da Pressão Atual de Vapor d'Água
 6. Instrumentos para Medição da Umidade do Ar
 7. Conclusões
 8. Exercícios Propostos
 9. Bibliografia Citada e Recomendada
-

1. Generalidades

- Umidade atmosférica → conteúdo de vapor d'água (vpd)
- Origem e circulação do vpd na atmosfera
- Influência da cobertura do solo sobre o conteúdo de vpd



2. Importância Agroflorestal do Vpd Atmosférico

- Equalizador térmico do meio;
- Afeta a transpiração vegetal;
- Regula o ciclo das pragas e doenças e determina a intensidade do ataque;
- Relação com o crescimento, desenvolvimento e rendimento das culturas agrícolas;
- Relação com o armazenamento e qualidade de grãos e sementes.

3. Princípios Básicos do Vpd na Atmosfera

- A pressão parcial do vpd na atmosfera (**e**)
- Princípios básicos do vpd na atmosfera (**REICHARDT, 1986**):
- Relação pressão de saturação [e^o] vs. temperatura do ar (T)

$$e^o = 0,61078 \cdot e^{\left[\frac{17,269 \cdot T}{237,3+T}\right]} \quad (1)$$

Exemplo Prático 1) Determine o valor de e^o num ambiente em que $T = 18^oC$.

A representação gráfica de $e^o = f(T)$ é apresentada na Figura 1.

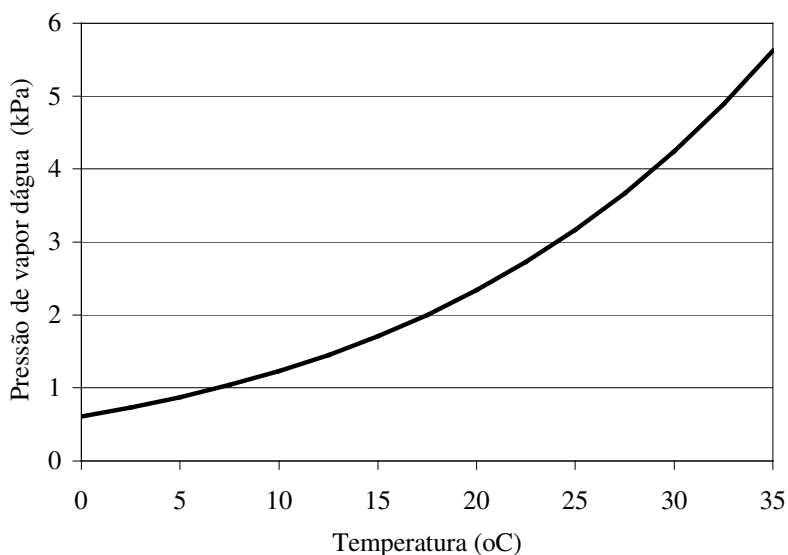


Figura 1. Variação da pressão de saturação do vpd com a temperatura.

FUNDAMENTOS DE METEOROLOGIA E CLIMATOLOGIA

Prof. Aureo S. de Oliveira – NEAS/UFRB

- Processos de saturação de uma massa de ar → resfriamento e umedecimento
- Temperatura do ponto de orvalho (T_{po})

Exemplo Prático 2) *A que temperatura deve ser resfriada uma massa de ar a fim de que a mesma se sature, partindo-se da seguinte condição inicial: $T = 23^{\circ}C$ e $e_a = 1,50$ kPa.*

- Pressão de saturação de vpd média (e_s) para períodos de um ou mais dias (**ALLEN et al., 1998**)

$$e_s = \frac{e^{\circ}(T_x) + e^{\circ}(T_n)}{2} \quad (2)$$

onde T_x e T_n têm unidades de $^{\circ}C$ e e_s em kPa.

Exemplo Prático 3) *Determine o valor de e_s na primeira semana de janeiro no município de Cruz das Almas, Bahia, onde se registrou os seguintes valores médios de T_x e T_n (ano de 1990), dados a seguir:*

Dia	1	2	3	4	5	6	7	Média
T_x	29,4	29,4	27,4	28,4	28,6	28,6	29,2	
T_n	19,8	19,8	21,4	20,6	20,6	19,8	19,2	

4. Estimativa do Conteúdo de Vpd Atmosférico

Razão de mistura (w)

$$w = \frac{m_{vd}}{m_{as}} = 0,622 \cdot \left(\frac{e_a}{P_{atm}} \right) \quad (3)$$

Umidade específica (q)

$$q = \frac{d_{vd}}{d_{au}} = \frac{m_{vd}}{(m_{vd} + m_{as})} = \frac{0,622 \cdot e_a}{P_{atm} - 0,378 \cdot e_a} \quad (4)$$

onde d_{vd} = densidade absoluta do vpd ($kg\ m^{-3}$) e d_{au} = densidade absoluta do ar úmido ($kg\ m^{-3}$).

Exemplo Prático 4) *A partir das definições de w e q , derive uma relação entre ambos de forma que se possa conhecer w a partir de q e vice-versa.*

Umidade absoluta (UA)

$$UA = \frac{m_{vd}}{V} = \frac{2189 \cdot e_a}{273 + T} \quad (5)$$

onde e_a (kPa), T ($^{\circ}C$) e UA ($g\ m^{-3}$)

Exemplo Prático 5) *Qual a umidade absoluta da parcela de ar do Exemplo Prático 2, no estado inicial? Se o volume da parcela era $100\ m^3$, qual a massa de vpd que a parcela continha?*

Umidade de saturação (US)

$$US = \frac{m_{vdsat}}{V} = \frac{2189 \cdot e^o}{273 + T} \quad (6)$$

onde e^o (kPa), T ($^{\circ}\text{C}$) e US (g m^{-3})

Umidade relativa (UR)

$$UR = \frac{m_{vd}}{m_{vdsat}} \cdot 100 = \frac{e_a}{e^o} \cdot 100 \quad (7)$$

Exemplo Prático 6) Qual a umidade relativa da parcela de ar do Exemplo Prático 2?

Déficit de saturação (D_{sat})

$$D_{sat} = m_{vdsat} - m_{vd} \quad (\text{g}) \quad (8)$$

$$D_{sat} = US - UA \quad (\text{g m}^{-3}) \quad (9)$$

$$D_{sat} = e^o - e_a \quad (\text{kPa}) \quad (10)$$

Exemplo Prático 7) Qual o déficit de saturação da parcela de ar do Exemplo Prático 2, na sua condição inicial?

Potencial de vapor d'água na atmosfera (ψ)

$$\psi = 138,34 \cdot \ln\left(\frac{e_a}{e^o}\right) \quad (11)$$

onde ψ (kPa).

Exemplo Prático 8) Qual era o potencial do vpd da parcela do Exemplo Prático 2, na condição inicial?

5. Estimativa da Pressão Atual de Vpd

- O psicrômetro

$$\gamma = \frac{e^o(T_u) - e_a}{T - T_u} \quad (12)$$

$$e_a = e^o(T_u) - \gamma_{inst} \cdot (T - T_u) \quad (13)$$

onde e_a = pressão atual de vpd do ar (kPa); $e^o(T_u)$ = pressão de saturação à temperatura do termômetro de bulbo úmido (kPa), determinada pela equação 1; T = temperatura do termômetro seco ($^{\circ}\text{C}$); T_u = temperatura do termômetro úmido ($^{\circ}\text{C}$) e γ_{inst} = constante psicrométrica ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$) do instrumento.

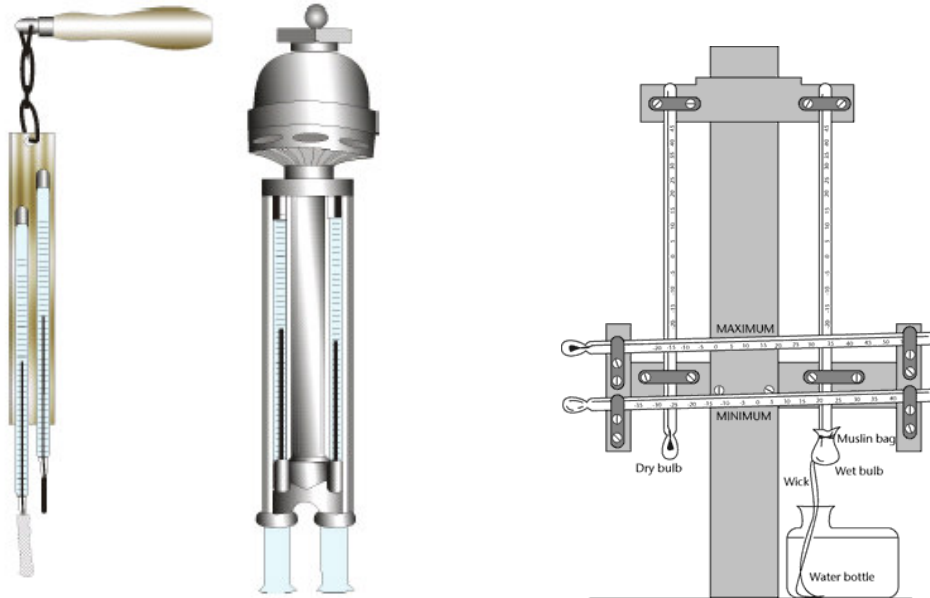


Figura 2. Psicrômetro de funda (esquerda) e psicrômetro Assmann (direita) (Fonte VAREJÃO-SILVA, 2001).

- Estimativa da constante psicrométrica do instrumento:

$$\gamma_{inst} = a_{inst} \cdot P_{atm} \quad (14)$$

onde a_{inst} = coeficiente que depende do tipo de ventilação do bulbo úmido ($^{\circ}\text{C}^{-1}$) e P_{atm} = pressão atmosférica (kPa). O coeficiente a_{inst} depende principalmente do design do instrumento e da taxa de ventilação em torno do bulbo úmido (ALLEN et al., 1998). Os seguintes valores são usados:

$a_{inst} = 0,000662$	psicrômetro ventilado (tipo Assmann), ventilação em torno de 5 m s^{-1} ;
$= 0,000800$	psicrômetro com ventilação natural (em torno de 1 m s^{-1});
$= 0,001200$	psicrômetro não-ventilado instalado "indoor".

Exemplo Prático 9) *Determine a pressão de vapor de leituras de um psicrômetro aspirado num local cuja elevação é de 1200 m. As temperaturas medidas pelo termômetros de bulbo seco e úmido são 25,6 e 19,5 $^{\circ}\text{C}$, respectivamente.*

- Outros métodos para obtenção de e_a
 - (a) Fazer $e^{\circ} = e_a$ na equação 1 e então resolvê-la para $T = T_{po}$.

$$(b) \quad e_a = \frac{e^{\circ}(T_n) \frac{UR_x}{100} + e^{\circ}(T_x) \frac{UR_n}{100}}{2} \quad (15)$$

$$(c) \quad e_a = \frac{UR_m}{100} \left[\frac{e^o(T_x) + e^o(T_n)}{2} \right] \quad (16)$$

$$(d) \quad e_a = \frac{UR_m \cdot e^o(T_m)}{100} \quad (17)$$

6. Instrumentos para Medição da Umidade do Ar

- Higrômetro e higrógrafo
- Termohigrômetro e termohigrógrafo

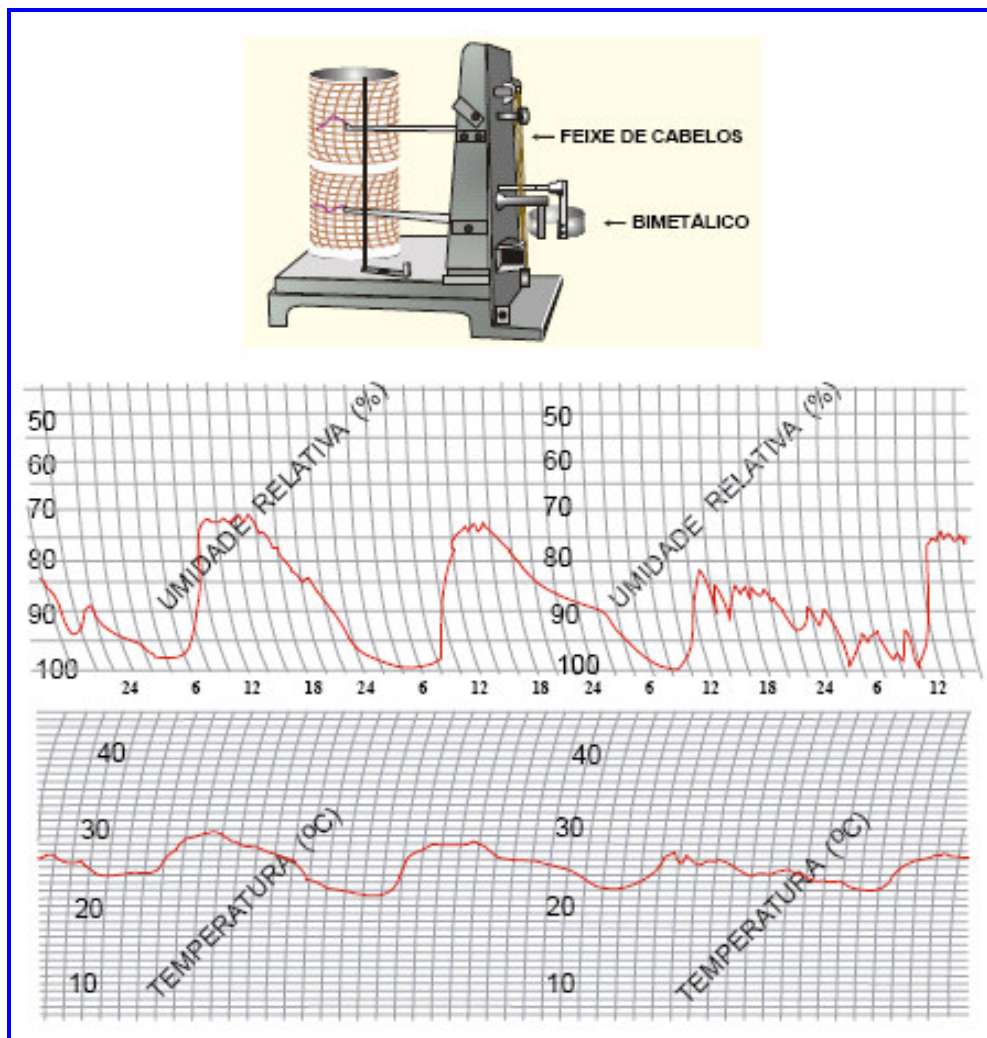


Figura 3. Termohigrógrafo (registrador de temperatura e umidade) convencional (acima) e parte de um termohigrograma (abaixo).

7. Conclusões

A umidade do ar é um dos principais elementos atmosféricos, com significativa influência sobre a biosfera e os ecossistemas agrícolas e naturais. A circulação do vpd e sua condensação contribuem para equalização da temperatura, equilibrando os níveis de umidade e energia calorífica entre as diferentes partes do globo.

8. Exercícios Propostos

EP.01. Qual a pressão de saturação do vpd para uma massa de ar com temperatura de 15°C?

EP.02. Considere $T = 20,7^{\circ}\text{C}$ como a temperatura média do ar num dado dia, numa localidade de altitude 1195 m. Determine então, λ , P_{atm} e γ .

EP.03. Em dada condição, a temperatura do ar é 27°C e a pressão de vpd é 12,3 mmHg. Determine: a) a pressão de saturação do ar; b) a umidade relativa do ar; c) o déficit de vpd; d) a temperatura do ponto de orvalho.

EP.04. Dada massa de ar tem umidade relativa de 85% e está a 30°C. Determine: a) a pressão atual de vapor d'água; b) a UR se o ar for aquecido a 40°C, sem perder ou ganhar vpd; c) a UR se o ar for resfriado a 20°C, sem perder ou ganhar vpd.

EP.05. De um conjunto psicrométrico, instalado numa sala de 150 m³ com temperatura de 23°C, verificou-se que em determinado instante a depressão psicrométrica era de 6,5°C. Assumir $\rho = 0,066 \text{ kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$. Pergunta-se: a) qual o valor da pressão atual de vapor d'água; b) qual o valor do déficit de saturação; c) o ar naquelas condições estava saturado? Justifique sua resposta. Em caso negativo, qual a massa de vapor d'água (g) a ser adicionada para que a saturação do ar fosse alcançada.

EP.06. Um termohigrógrafo registrou temperatura de 30°C e umidade relativa de 50%. Então determine: a) pressão atual de vapor d'água; b) pressão de saturação; c) umidade absoluta; d) umidade absoluta de saturação; e) temperatura do ponto de orvalho.

EP.07. Num abrigo meteorológico, às 21 h, um psicrômetro aspirado indicou temperaturas de 22°C e 18°C. Com o resfriamento noturno, a temperatura mínima do ar foi de 10°C. Pergunta-se: Houve condensação? Em caso afirmativo determine: a) quantos gramas de vpd condensaram em cada m³ do ar inicial; b) qual quantidade de calor perdida no processo, por m³ do ar inicial.

EP.08. Em um determinado nível da atmosfera registrou-se o seguinte: $T = 5^{\circ}\text{C}$, razão de mistura = 6,4 g kg⁻¹, e pressão 750 hPa. Então determine: a) pressão atual de vapor; b) pressão de saturação; c) umidade específica; d) umidade específica de saturação; e) umidade absoluta; f) umidade absoluta de saturação; g) umidade relativa; h) temperatura do ponto de orvalho.

EP.09. Um psicrômetro não-ventilado indica $T_u = 23^{\circ}\text{C}$ e $T = 32^{\circ}\text{C}$. Considerando que a P_{atm} local = 743 mmHg, determine: a) depressão psicrométrica; b) pressão de saturação do vpd com base em T_u e T ; c) pressão atual do vpd; d) temperatura do ponto de orvalho; e) umidade absoluta; f) umidade relativa.

EP.10. Num conjunto psicrométrico ventilado tipo Assmann, a temperatura $T = 13,5^{\circ}\text{C}$. Considerando que a UR = 73%, qual poderia ser o valor de T_u naquelas condições?

EP.11. A curva de saturação de vpd corresponde a UR = 100%. Construa num mesmo gráfico esta e as curvas referentes às umidade relativas de 80%, 60%, 40% e 20%, para o intervalo de temperatura de 0 a 30°C.

EP.12. Num ambiente de 100 m^3 de volume, $T = 22,5^\circ\text{C}$ e pressão atual de vpd = 1,90 kPa. Pergunta-se: a) a umidade absoluta do ar; b) a umidade de saturação do ar; c) a umidade relativa do ar ambiente; d) o ar nessas condições está saturado? Em caso negativo, qual a massa de vpd a ser adicionada para que a saturação do ar seja alcançada?

EP.13. Determine a pressão de saturação do vpd num ambiente em que a UR é 63% e o déficit de saturação é 1,5 kPa.

EP.14. Num ambiente em que o ar está saturado de vpd, a pressão de vapor é 0,61078 kPa. Determine a temperatura ambiente.

EP.15. Enuncie e comente sobre os três princípios básicos do vpd atmosférico.

EP.16. O que é temperatura do ponto de orvalho?

9. 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.

REICHARDT, K. *A água em sistemas agrícolas*. São Paulo: Manole Ltda. 1990. 186 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.