



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"
Departamento de Engenharia de Biosistemas



Disciplina: LEB 200 – Física do Ambiente Agrícola

Prof. Dr. Jarbas Honorio de Miranda

Umidade Relativa do Ar

Exercícios

1. Em determinado momento observa-se, num psicrômetro sem aspiração forçada, uma temperatura do bulbo seco de 28 °C e uma temperatura do bulbo úmido de 22 °C. A pressão atmosférica é de $0,94 \cdot 10^5$ Pa. Calcular a pressão de vapor, a umidade relativa do ar e o déficit de vapor. **(Resposta: 2.192,59 Pa; 58,0%; 1.587,09 Pa)**
2. Nas condições da questão anterior, qual volume de água deveria ser evaporado para saturar com vapor de água 1 m^3 de ar? Qual seria o calor envolvido nessa evaporação? **(Resposta: 11,41 mL; 27,95 kJ)**
3. A pressão de vapor saturado de mercúrio à temperatura de 293 K é 0,16 Pa. A essa temperatura, quantos gramas de mercúrio ($m_{\text{Hg}} = 200,6 \text{ g mol}^{-1}$) são necessários para saturar com vapor de mercúrio 500 m^3 de ar? **(Resposta: 6,58 g)**
4. Um reservatório de ar de 100 litros, fechado, encontra-se à temperatura de 300 K e umidade relativa de 10%. Coloca-se dentro do reservatório uma proveta com 100 mL de água.
 - a) Qual é a pressão de vapor no reservatório à umidade relativa de 10% ? **(Resposta: 353 Pa)**
 - b) Qual será o volume de água na proveta quando a umidade relativa atingir 100%? **(Resposta: 97,7 mL)**
 - c) Considerando que a temperatura se manteve constante, quanto calor foi absorvido pelo reservatório durante o processo de evaporação? **(Resposta: 5,62 kJ)**
5. Numa manhã observa-se, num psicrômetro, uma temperatura do bulbo seco de 16 °C e uma temperatura do bulbo úmido de 15 °C. A pressão atmosférica é de $0,94 \cdot 10^5$ Pa.
 - a) Em condições meteorológicas estáveis, qual será a umidade relativa do ar quando, ao meio-dia do mesmo dia, a temperatura atinge 27 °C? **(Resposta: 45,72 %)**
 - b) Nestas condições, em que altura acima da superfície pode-se esperar a formação de nuvens dado que o gradiente térmico (decréscimo da temperatura com a altura) é de $0,6 \text{ °C}/100 \text{ m}$? **(Resposta: 2.116,7 m)**

6. Num final de tarde de inverno observa-se uma temperatura do bulbo seco de 12 °C e uma temperatura do bulbo úmido de 7,5 °C. A pressão atmosférica é de 10⁵ Pa. Considerando que, nessas condições, geadas podem ser esperadas se a temperatura do ponto de orvalho for inferior a 0 °C, prever o risco de geada. **(Resposta: T_o = 1,65 °C; não há risco)**
7. Um secador a ar quente opera de acordo com as condições: Vazão do secador: 100 m³/min, Ar entrada: T = 60 °C e UR = 25 %, Ar saída: T = 40 °C e UR = 50 %. Determinar a quantidade de água retirada do secador/hora. **(Resposta: 41,3 L)**
8. Em uma estufa de 200 m³ é pulverizada água, conduzindo o ar à saturação. A condição inicial é de: t = 38 °C e UR=45%. Determine:
- Quantos gramas deverão ser pulverizados para atingir a saturação? **(Resposta: 5070 g)**
 - Qual o abaixamento de temperatura previsto? **(Resposta: 14,02 °C)**

EQUAÇÕES

Equação universal dos gases: $PV = nRT$

$$\text{Temperatura do Ponto de Orvalho: } T_o = \frac{237,3 \cdot \text{Log}\left(\frac{e_a}{A}\right)}{7,5 - \text{Log}\left(\frac{e_a}{A}\right)}$$

Equação de Tetens:

$$e_s = A \cdot 10^{\frac{7,5 \cdot T_s}{237,3 + T_s}}$$

A = 4,58 => Pressão em mmHg
 A = 0,6108 => Pressão em kPa
 T_s = Temperatura do bulbo seco (°C)

Equação do Psicrômetro:

$$e_a = e_{su} - \gamma \cdot P \cdot (T_s - T_u) \qquad e_{su} = A \cdot 10^{\frac{7,5 \cdot T_u}{237,3 + T_u}}$$

γ = Constante psicrométrica, P = pressão (kPa ou mmHg) e T_u = Temperatura do bulbo úmido (°C)

$$\gamma = 6,7 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \text{ (para psicrômetros com aspiração forçada)}$$

$$\gamma = 8 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \text{ (para psicrômetros sem aspiração forçada)}$$

Umidade Relativa do ar:

$$UR(\%) = \frac{e_a}{e_s} \cdot 100$$

$$UR(\%) = \frac{UA}{US} \cdot 100$$

$$UA = 2165 \cdot \frac{e_a}{T} \text{ (g/m}^3\text{)}$$

$$UA = 289 \cdot \frac{e_a}{T} \text{ (g/m}^3\text{)}$$

$$US = 2165 \cdot \frac{e_s}{T} \text{ (g/m}^3\text{)}$$

$$US = 289 \cdot \frac{e_s}{T} \text{ (g/m}^3\text{)}$$

Dados:

Constante universal de gases $R = 8,314 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

Energia gasta para evaporação da água: $2,45 \text{ MJ / kg}$ de água

Massa específica da água = 1000 kg m^{-3}