

# Aula 5 – Umidade do ar

Prof. Fábio Marin

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA "LUIZ DE QUEIROZ"  
Departamento de Engenharia de Biosistemas  
LEB 306 – Meteorologia Agrícola



Gases	% volume
Nitrogênio (N <sub>2</sub> )	78,08
Oxigênio (O <sub>2</sub> )	20,94
Argônio (Ar)	0,93
Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> )	0,003 (var.)
O <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> , Cr, Xe, Me	traços
<u>Vapor d'água</u>	0 - 4

## Composição da Atmosfera

# Lei de Dalton das Pressões Parciais

Cada constituinte da atmosfera exerce uma pressão sobre a superfície independente da presença dos outros. Desse modo, a pressão total, ou Pressão Atmosférica ( $P_{atm}$ ), é igual a soma das pressões de cada gás ou vapor. Se a pressão de interesse for a pressão de vapor d'água ( $e_a$ )

$$P_{atm} = P_{ar} + e_a$$

# Pressão de vapor d'água

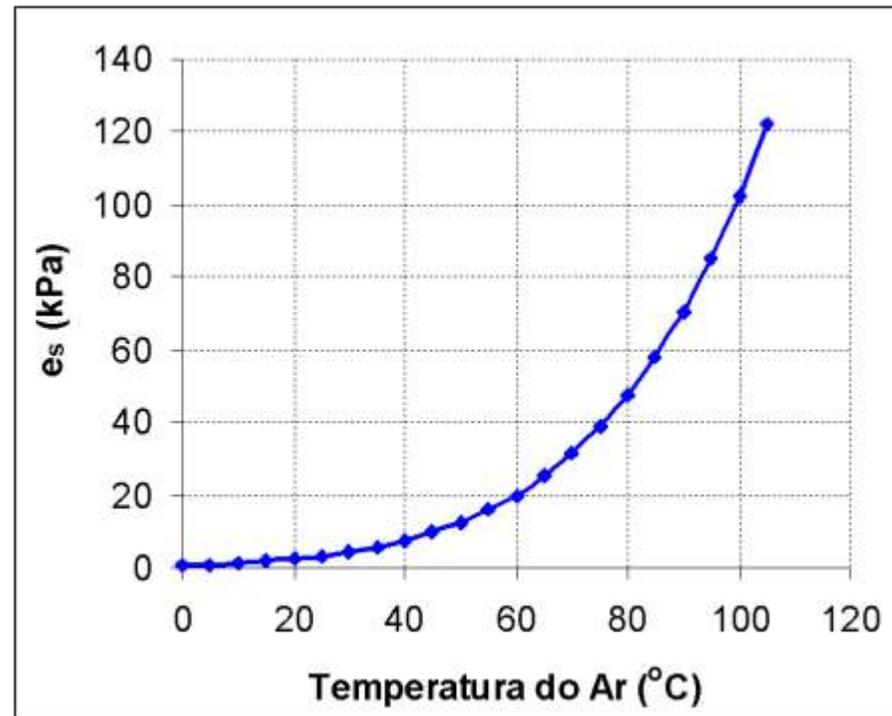
O símbolo  $e_a$  representa a pressão exercida pela massa de vapor d'água existente na atmosfera, que pode variar de zero a um valor máximo chamado de **pressão de saturação de vapor ( $e_s$ )**.

O valor de  $e_s$  é dependente da temperatura na forma

$$e_s = 0,6108 * 10^{[7,5*Tar/(237,3 + Tar)]}$$

conhecida com Equação de Tetens

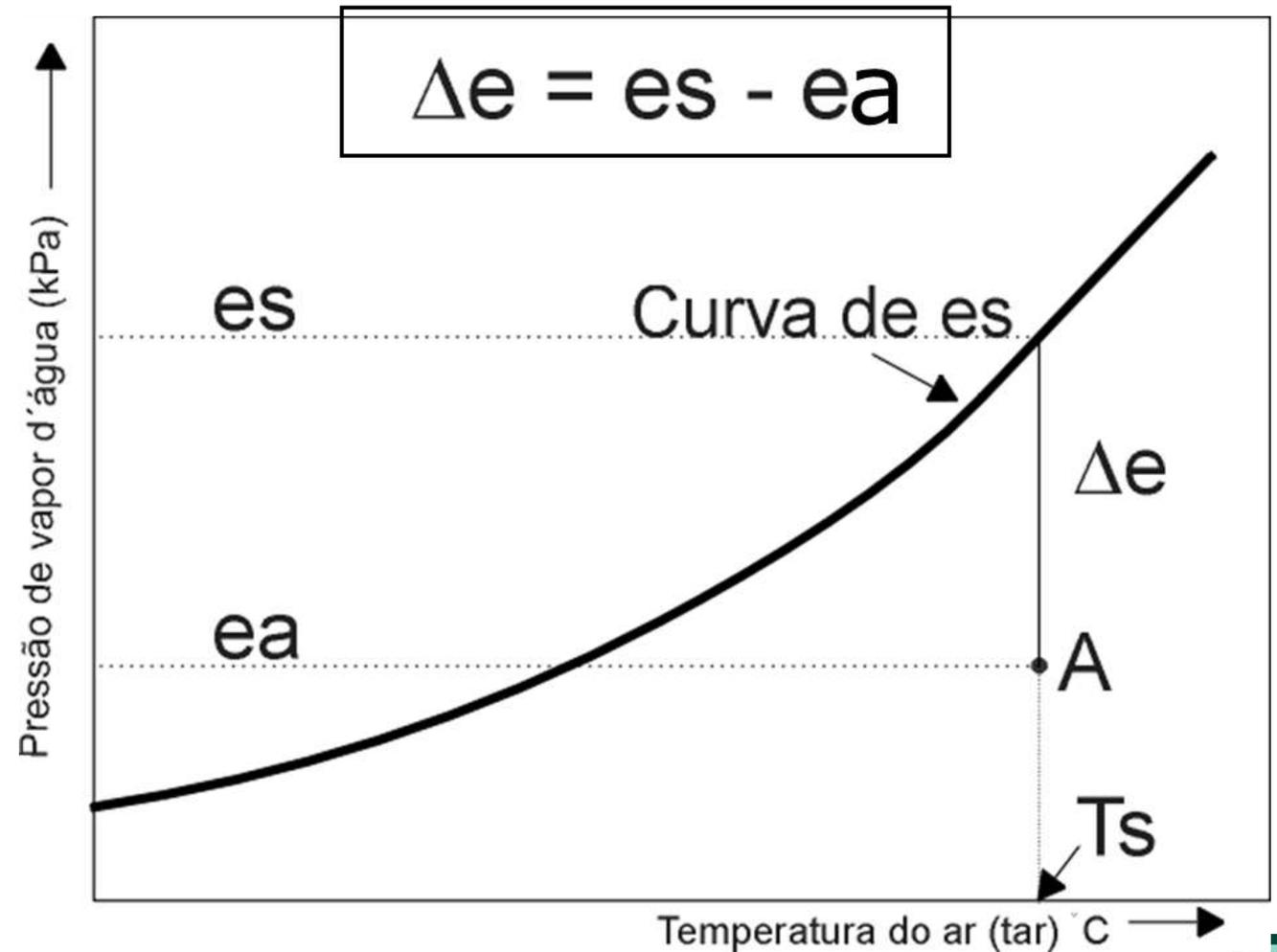
Equação de  
Tetens –  
Gráfico  
Psicrométrico



$$e_s = 0,6108 * 10^3 \left[ \frac{7,5 * T_{ar}}{(237,3 + T_{ar})} \right]$$

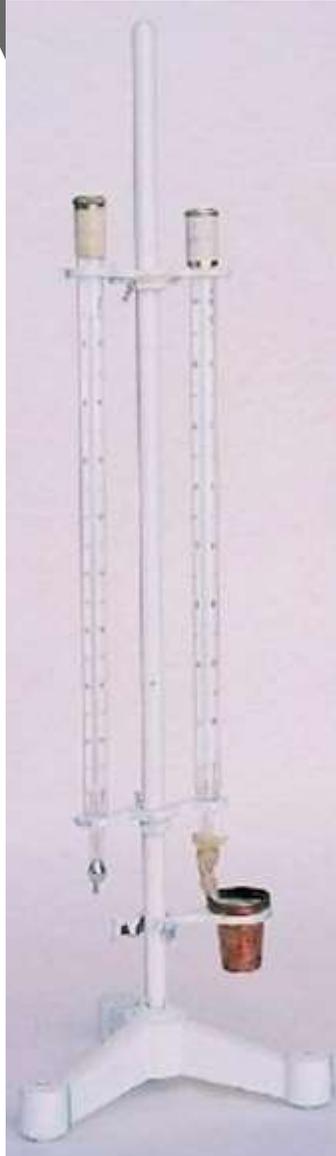
## Déficit de Pressão de Vapor (De ou DPV)

- De representa o déficit de pressão de vapor (também conhecido como DPV)



# Psicrômetros

- Dois termômetros - um com bulbo úmido e outro seco, permitindo a estimativa da pressão parcial de vapor



# Pressão atual de vapor

$$e_a = e_{s(Tu)} - A * P * (Ts - Tu)$$

- **Pressão Atual de Vapor (ea)** – Pressão exercida pelo vapor d'água na condição de ar não saturado.
- É determinada através da **equação psicrométrica**.

$e_{s(Tu)}$  é a  $e_s$  na temperatura **Tu**; **A** é o coeficiente Psicrométrico ( $0,00067 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  p/ ventilados e  $0,00080 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  para não ventilados). **P** é a Pressão Atmosférica (kPa).

Ao produto  $A * P$  denomina-se constante psicrométrica ( $\gamma$ ).

Considerando  $P=93\text{kPa}$ , tem-se  $\gamma = \mathbf{0,062 \text{ Kpa } ^\circ\text{C}^{-1}}$  ou

$\gamma = 0,074 \text{ Kpa } ^\circ\text{C}^{-1}$

***Nota:*** Apesar de ser referência em estudos científicos, este equipamento foi substituído por sensores eletrônicos para medida da UR, de custo relativamente mais baixo e operação automática.

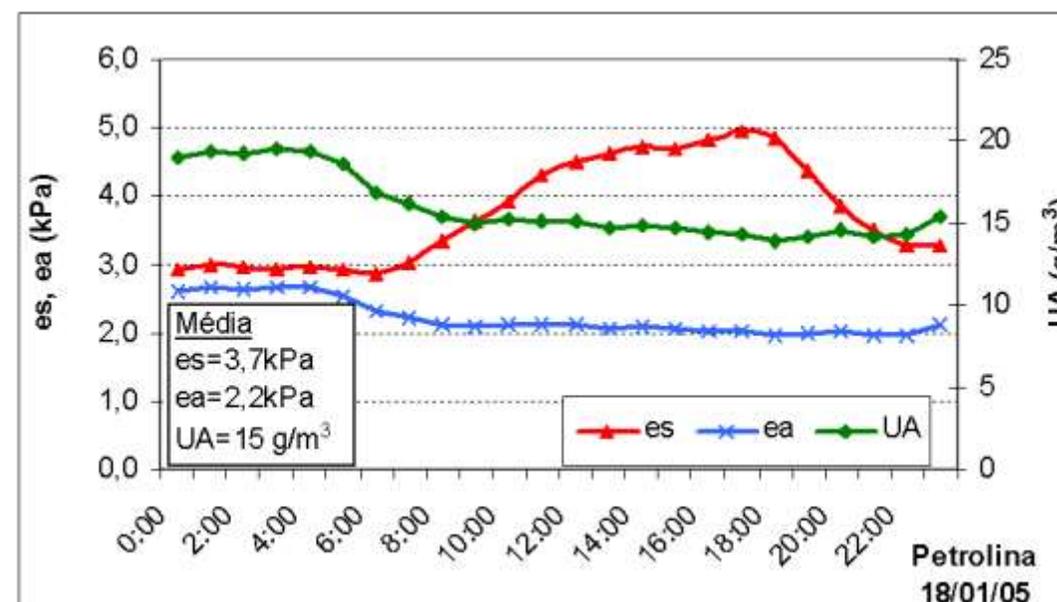
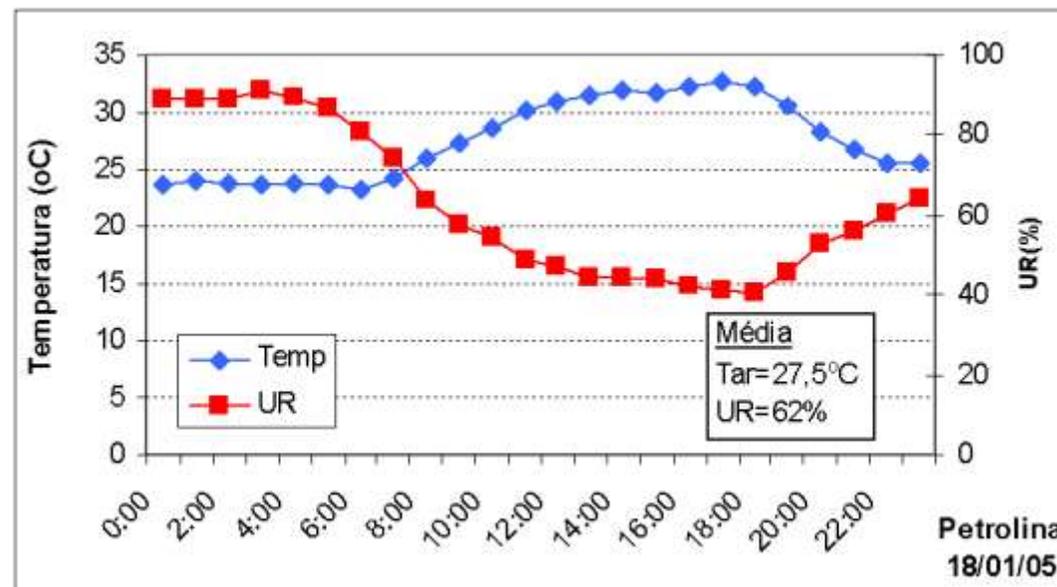
## Umidade Relativa do ar (UR)

$$UR = \frac{e_a}{e_s} \quad \text{ou} \quad UR = \frac{UA}{US}$$

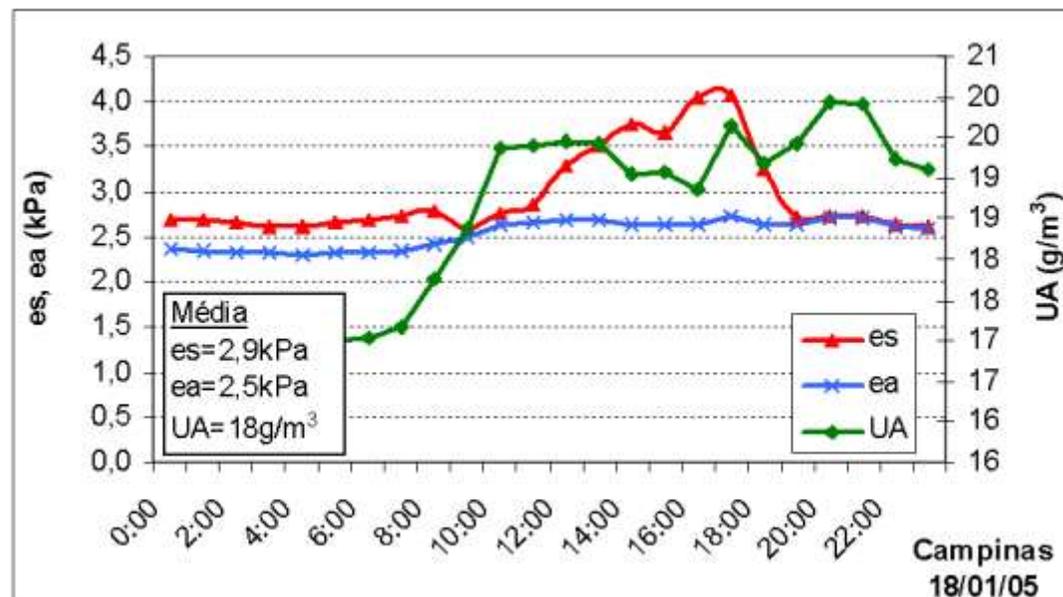
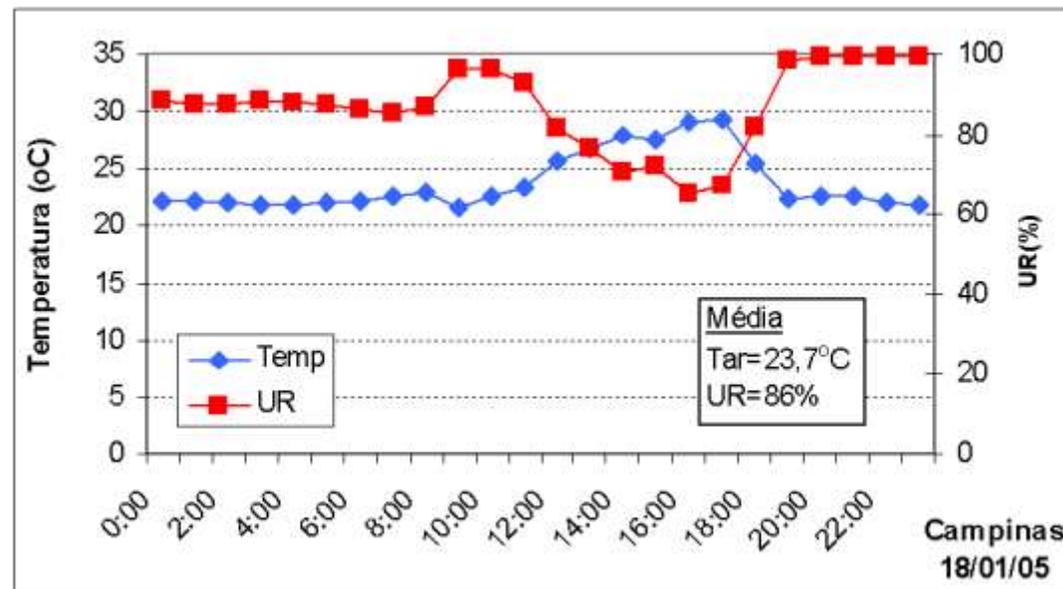
- Relação entre a quantidade de vapor existente no ar e que existiria se o mesmo estivesse saturado na mesma temperatura.
- Importante: conhecendo-se a UR, ea pode ser dado por  $ea = UR * es$

**Nota:** Nas estações meteorológicas automáticas, este é a equação para determinação de ea, quando necessário.

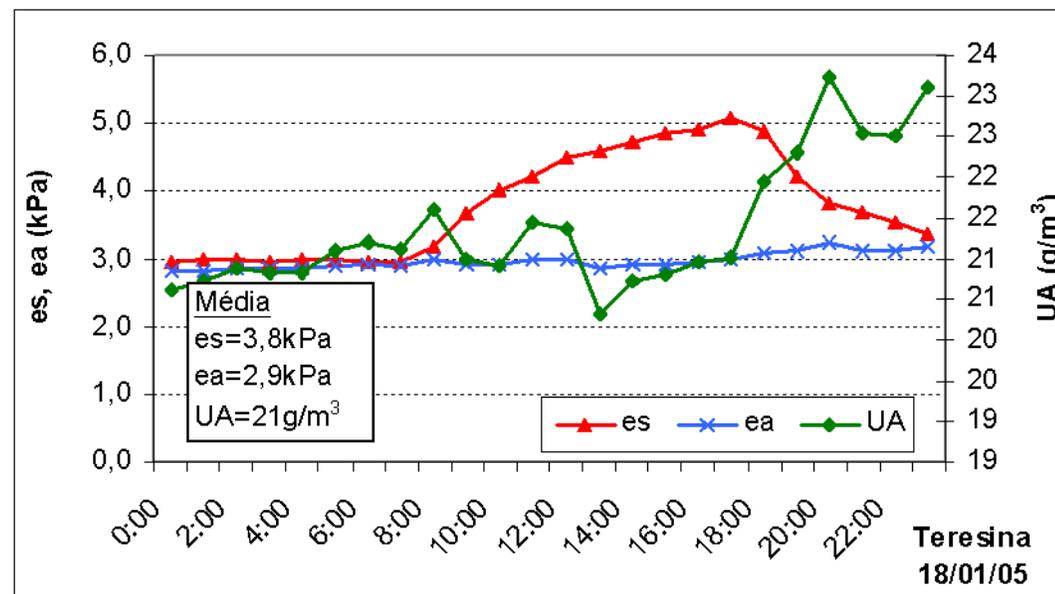
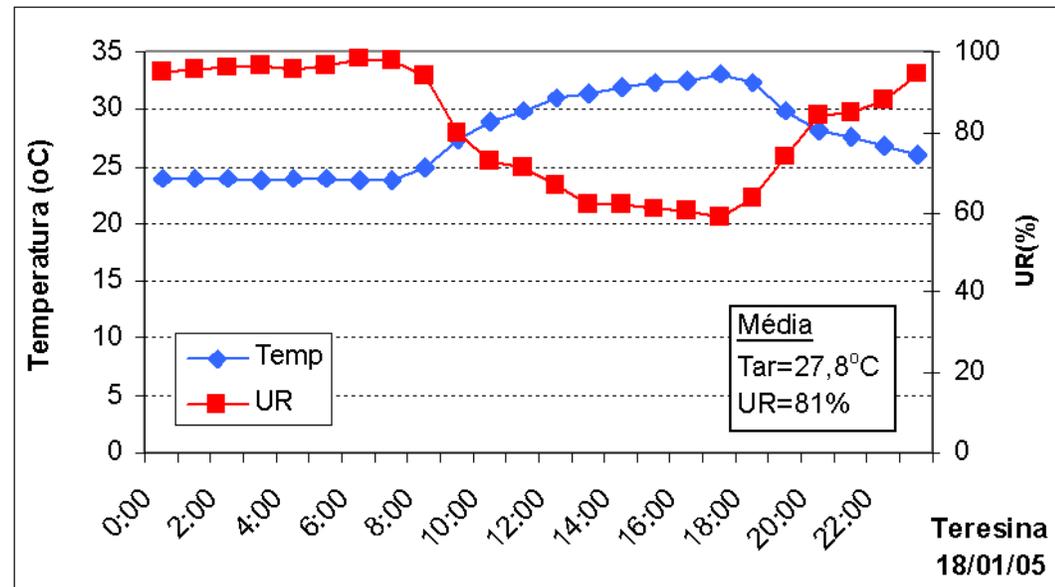
# Umidade Relativa do ar (UR)



# Umidade Relativa do ar (UR) dia 2



# Umidade Relativa do ar (UR) dia 3



# Temperatura do Ponto de Orvalho

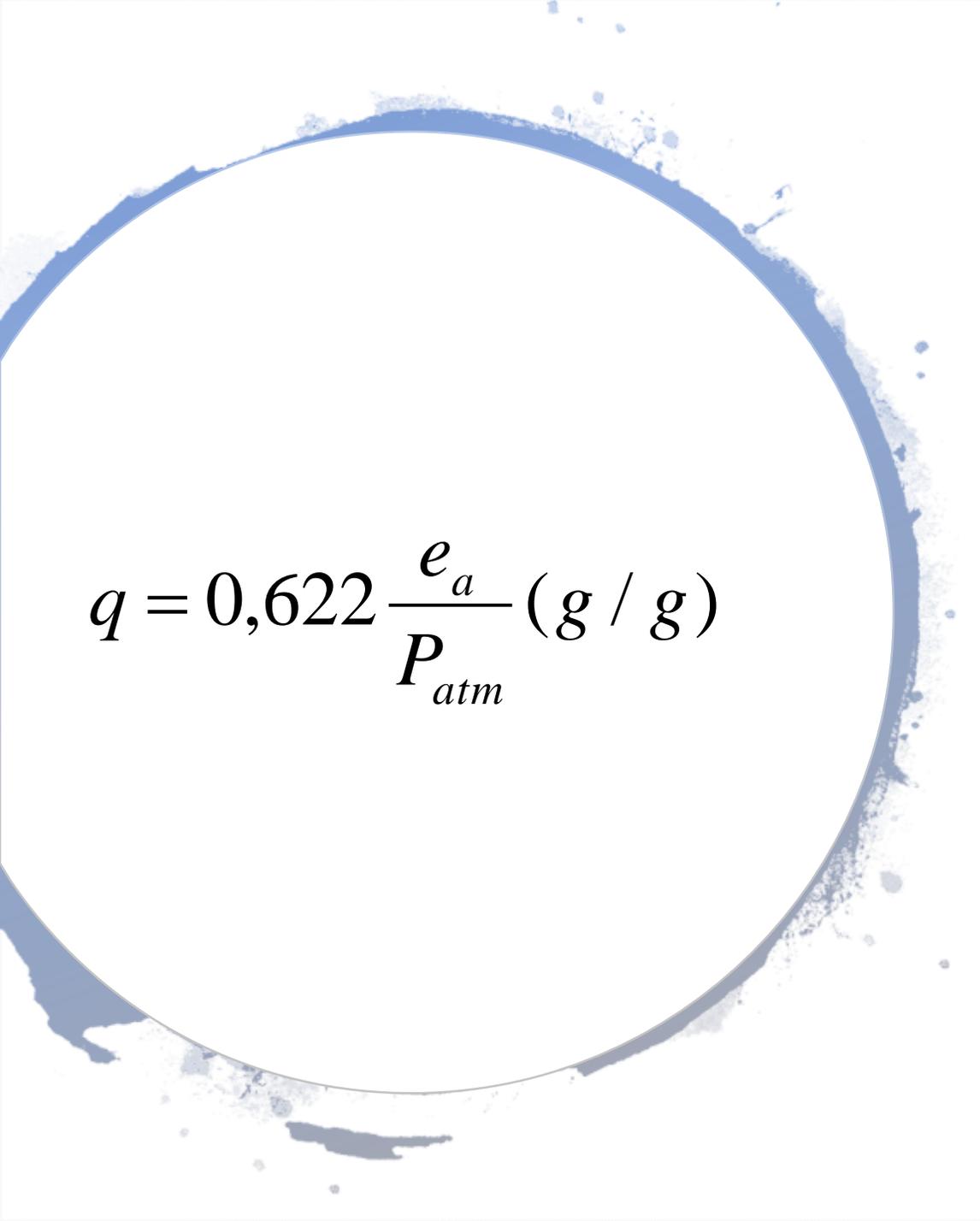
$$T_o = \frac{237,3 \cdot \log\left(\frac{e_a}{0,6108}\right)}{7,5 - \log\left(\frac{e_a}{0,6108}\right)}$$

- Temperatura abaixo da qual há saturação do ambiente.

# Umidade absoluta

$$UA = \frac{2,168 e_a}{T(\text{kelvin})} (g m^{-3})$$

- Massa de vapor d'água por metro cúbico de ar


$$q = 0,622 \frac{e_a}{P_{atm}} (g / g)$$

# Umidade Específica

- Massa de vapor d'água por unidade de massa de ar

# Psicrômetro



- É constituído de dois termômetros sendo um com o bulbo seco que mede a temperatura real do ar, e outro com o bulbo envolto em uma gaze sempre umedecida, que perde água a uma taxa dependente da concentração de vapor no ar; quanto menor for ea, menor será a temperatura desse termômetro em relação ao àquela do bulbo seco.



## Higrógrafo de Cabelo

- É um aparelho mecânico que se baseia no princípio de modificação das dimensões (contração/expansão) de uma mecha de cabelo humano arranjado em forma de harpa, com a variação da umidade do ar.

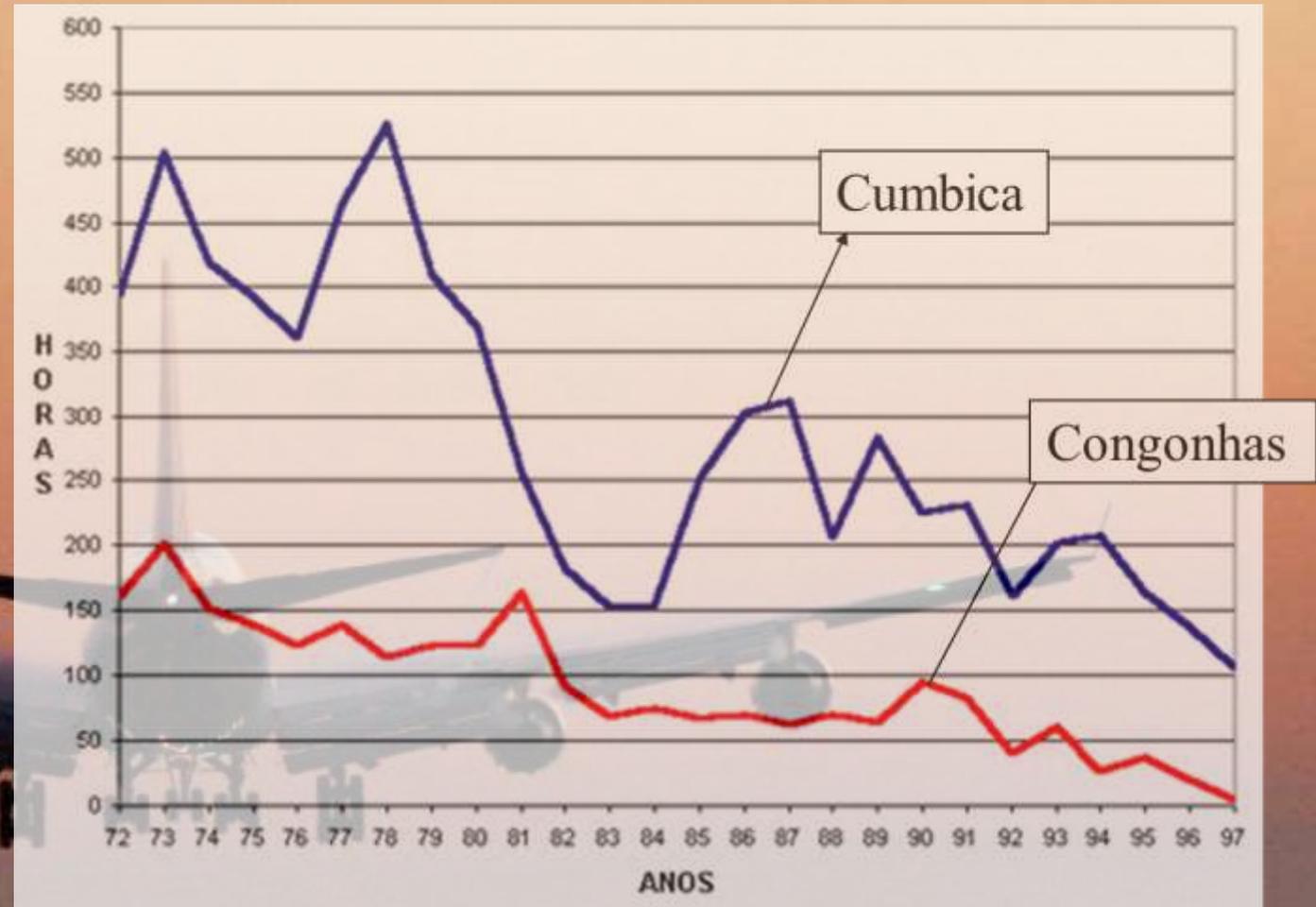


## Medida da Umidade do ar

- Sensores Capacitivos: constitui-se de um filme de polímero, que absorve vapor d'água do ar alterando a capacitância de um circuito ativo.
- Estes sensores estão nas estações automáticas e são os principais atualmente em uso.

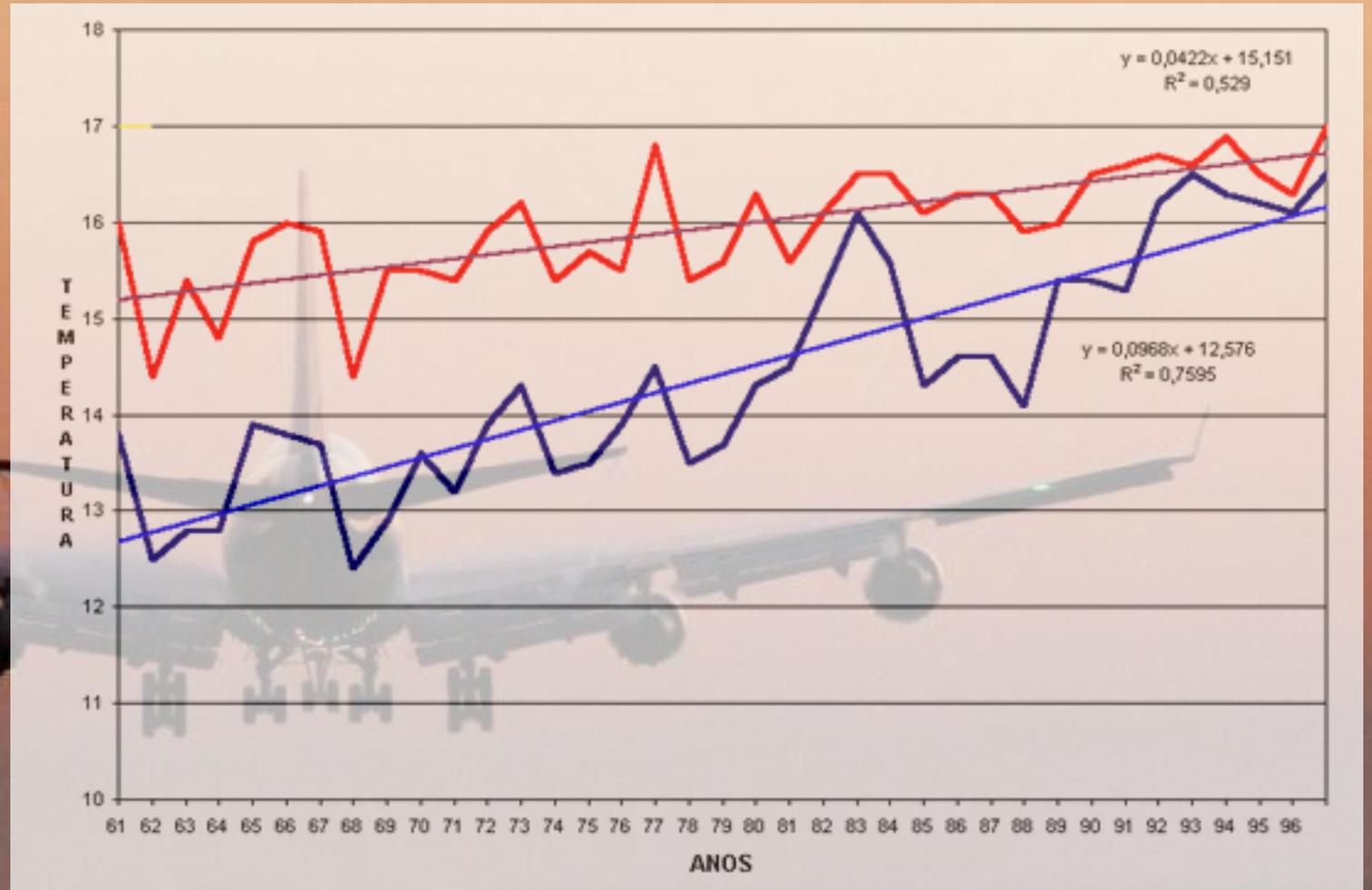
# Exercício rápido

Explique o por quê da redução do número de horas com nevoeiros nos dois aeroportos?



# Exercício rápido

Aqui está a resposta...



# Exercício

Em uma estufa para produção de flores, um produtor instalou um sistema de nebulização para reduzir a temperatura do ar nos horários mais quentes do dia. Com base na literatura, o produtor identificou que a espécie passa a sofrer estresse térmico sempre que a temperatura do ar atinge  $37^{\circ}\text{C}$ . Por isso, o sistema é acionado toda vez que a temperatura do ar atinge esse valor e permanece ligado por 2 minutos. O sistema de nebulização tem vazão de 150 litros por hora e a estufa tem volume  $1500\text{ m}^3$ . Certa vez, o sistema foi acionado e a umidade inicial era de 41%. Sabendo que a temperatura caiu para  $27^{\circ}\text{C}$  após o processo, calcule a umidade relativa assim que a aspersão foi encerrada. Admita densidade do ar de  $1,2\text{ kg m}^3$ .

Leitura

Obrigatória:

Pereira, Angelocci, Sentelhas.  
Meteorologia Agrícola. Apostila.  
ESALQ. 2007. Cap 7.

Disponível em

[http://www.ler.esalq.usp.br/aulas/lce306/MeteorAgricola\\_Apostila2007.pdf](http://www.ler.esalq.usp.br/aulas/lce306/MeteorAgricola_Apostila2007.pdf)