

TERMODINÂMICA

PSICROMETRIA

R. Sobral

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

rodolfo.sobral@cefet-rj.br

Programa do Curso - Avaliação 02

- 3º Lei da Termodinâmica
- Geração de Entropia e Destruição de Exergia
- Ciclos de Potência
- Ciclos de Refrigeração
- **Psicrometria**
- Relações Termodinâmicas

Ementa

- 1 Conceitos Básicos
 - Definição
- 2 Carta Psicrométrica

Psicrometria



Motivação

Segundo EMBRAPA, em 2015, as perdas de produtos agrícolas alcançaram 2.4 milhões de toneladas, a armazenagem foi responsável por 67.2% do total das perdas físicas com soja e milho, devido ao rigoroso controle necessário a fim de que não haja proliferação de micro organismos.

[https :](https://www.valor.com.br/noticia/5107734/agro/5107734/estudo-mensura-custos-do-desperdicio-de-graos=no-pais)

[//www.valor.com.br/noticia/5107734/agro/5107734/estudo-mensura-custos-do-desperdicio-de-graos=no-pais](https://www.valor.com.br/noticia/5107734/agro/5107734/estudo-mensura-custos-do-desperdicio-de-graos=no-pais)

Psicrometria

Do grego psychro (resfriar) é a parte da termodinâmica que objetiva o estudo das propriedades do ar úmido.

Definições

- Ar úmido (mistura de 2 substâncias simples)

Ar seco + Vapor d'água

- Ar seco (substância simples)

Ar atmosférico - (impurezas + Vapor d'água)

- Estado saturado

Condição em que o ar úmido coexiste em equilíbrio com a água condensada associada, apresentando assim uma superfície plana em relação a mesma.

As propriedades do ar úmido são tabeladas ASHRAE tendo-se como referência a pressão atmosférica

Propriedades da Mistura

- Razão de Umidade

$$w = \frac{m_w}{m_a}$$

$m_w \rightarrow$ massa de vapor de água

$m_a \rightarrow$ massa de ar seco

- Grau de Saturação

$$\mu = \frac{w}{w_s} = \frac{\frac{m_w}{m_a}}{\frac{m_{w,s}}{m_a}} = \frac{m_w}{m_{w,s}}$$

$w \rightarrow$ razão de umidade

$w_s \rightarrow$ razão de umidade em condição de saturação

- Umidade Relativa

$$\phi = \frac{x_w}{x_{w,s}}$$

$x_w \rightarrow$ número de moles de vapor de água presente

$x_{w,s} \rightarrow$ número de moles de vapor de água presente no ar saturado para mesma pressão e temperatura

Definições

Ponto de Orvalho → Temperatura mais baixa na qual dada razão de umidade coexiste a uma pressão fixada. É a temperatura de condensação incipiente quando o ar úmido é refrigerado a pressão constante.

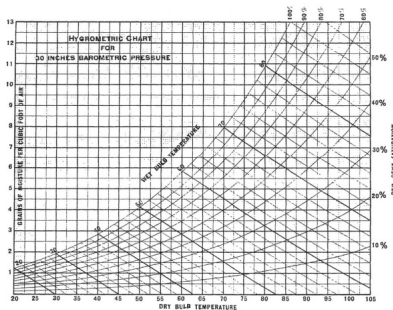
Bulbo Seco → Temperatura real do ar, medida em termômetro usual.

Bulbo Úmido → Temperatura na qual a água evaporando para o ar, é capaz de trazê-lo para o estado de saturação adiabaticamente à mesma pressão.
Temperatura na qual o ar úmido é capaz de coexistir com água líquida, formando uma superfície plana em relação a mesma.

Evolução

- Higrometria

Willis Carrier 1904, empiricamente levantou dados acerca da umidade atmosférica para condições padrão.



- Psicrometria

Refinamentos analíticos acerca da umidade, pressão, volume, temperatura acarretaram na carta psicrométrica

ASHRAE

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
associação global fundada em 1894 missão de desenvolver o mercado de ar
condicionado e refrigeração promovendo um mundo mais sustentável.

Carta Psicrométrica

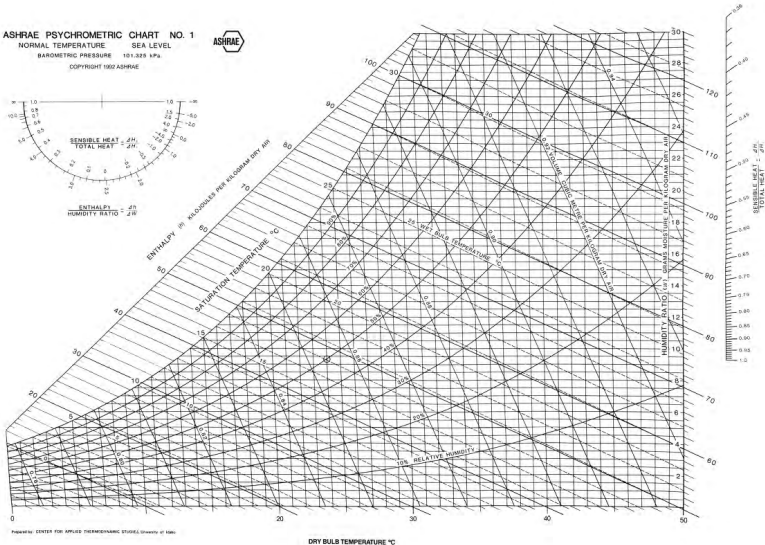
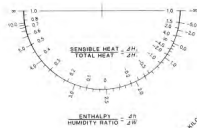
Representa graficamente as evoluções do ar úmido, cada ponto da carta há uma combinação das propriedades do ar seco e úmido.

Demais propriedades são descritas por:

- 2 propriedades termodinâmicas independentes;
- 1 propriedade característica da mistura.

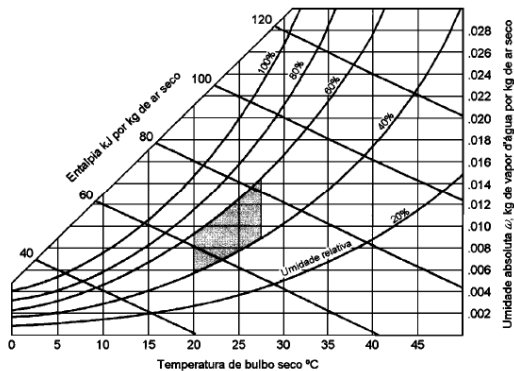
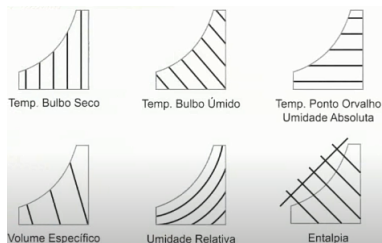
Carta Psicrométrica

ASHRAE PSYCHROMETRIC CHART NO. 1
NORMAL TEMPERATURE SEA LEVEL
BAROMETRIC PRESSURE 101.325 kPa
COPYRIGHT 1992 ASHRAE



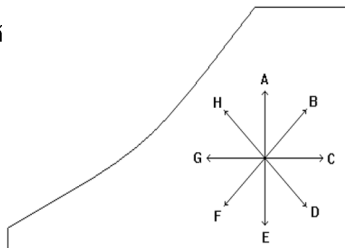
Prepared by: CENTER FOR APPLIED THERMODYNAMIC STUDIES, University of Idaho

Carta Psicrométrica



Carta Psicrométrica

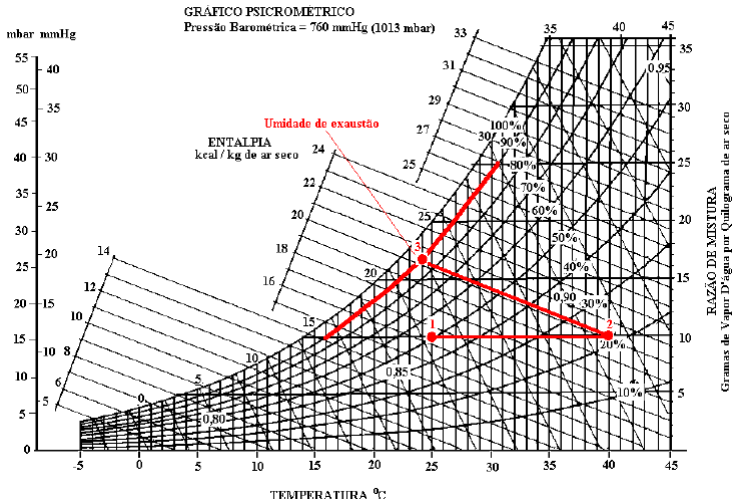
- A → umidificação sem aquecimento
- B → umidificação com aquecimento
- C → aquecimento sensível
- D → desumidificação



- E → desumidificação
- F → resfriamento e desumidificação
- G → resfriamento sensível
- H → resfriamento evaporativo

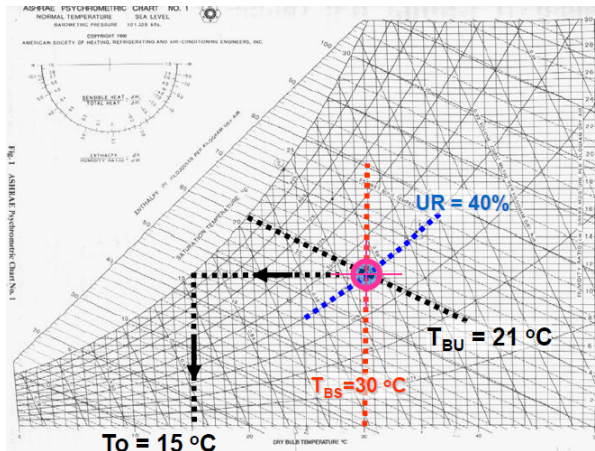
Exemplo - Secagem de Grãos em Camada Profunda

- Aquecimento do ar com aumento de entalpia e umidade absoluta fixa
- Ao atravessar a camada de grãos a umidade relativa e a razão de mistura aumentam, temperatura de bulbo seco diminui isoentalpicamente.

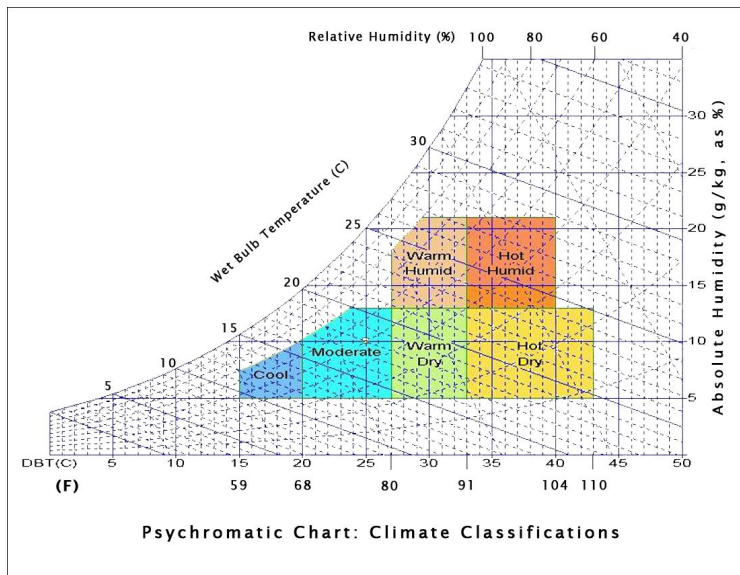


Exemplo - Orvalho e Bulbo Úmido

Determine as temperaturas de orvalho e bulbo úmido do ar na temperatura de 30°C , $UR = 40\%$ e pressão de 101325kPa .



Classificação Climática via Carta Psicrométrica



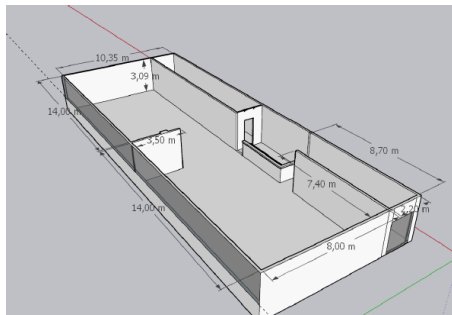
ASHRAE - Softwares

<https://www.ashrae.org/technical-resources/bookstore/psychrometrics>

Lei de Dalton

Erros do ponto de vista da engenharia são obtidos quando as propriedades do ar úmido são avaliadas usando-se os modelos de gases perfeitos com pressões parciais aditivas.

Como dimensionar nossa biblioteca?



"Someone's sitting in the shade today because someone planted a tree a long time ago"

Warren Buffett