

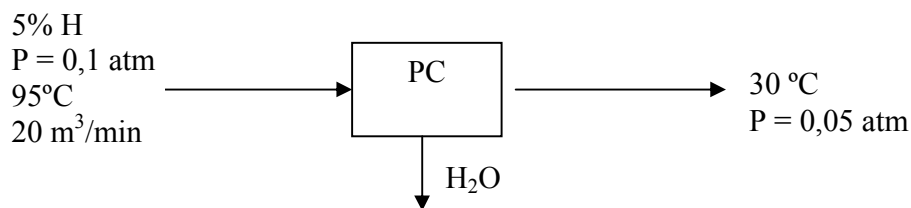
Caso 4.1

Num permutador de calor faz-se circular ar com 5% de humidade, a 95°C e 0,1 atm, com um caudal de 20 m³ (PTT) por minuto. À saída do permutador o ar encontra-se a 30 °C, sendo então a pressão de 0,05 atm. A água condensada é continuamente retirada do permutador.

Calcular:

- A humidade molar, a humidade absoluta, a % de humidade relativa e o ponto de orvalho do ar alimentado ao permutador.
- A humidade absoluta do ar à saída do permutador. (R: 0,026 g_{VA}/ g_{AS})
- O caudal horário de água condensada. (R: 78,4 kg/h)

Este problema pode ser descrito pelo esquema abaixo:



Alínea a)

$$T = 89^{\circ}\text{C} \rightarrow P_v = 633,90 \text{ mmHg} \quad (\text{página I.2})$$

$$P = (1 + 0,1) \times 760 = 836 \text{ mmHg}$$

Humidade molar na saturação:

$$H_{mS} = \frac{P_v}{P - P_v} = \frac{633,90}{836 - 633,90} = 3,13657 \text{ mole H}_2\text{O/mole ar seco}$$

% de Humidade:

$$\%H = \frac{H_m}{H_{mS}} \rightarrow 0,05 = \frac{H_m}{3,13657} \rightarrow H_m = 0,15683 \text{ mole H}_2\text{O/mole ar seco}$$

Humidade absoluta: $H_a = H_m \times 0,62 = 0,2575 \text{ g H}_2\text{O/g ar seco}$

Sendo 0,62 o quociente entre o PM da água e o PM do ar ($0,62 = 18/29$)

Pressão parcial, P_i A P_i não é um índice de saturação mas é necessário calcular-se a P_i para a partir dela se calcularem os restantes índices de saturação.

$$H_m = \frac{P_i}{P - P_i} \rightarrow 0,1568 = \frac{P_i}{836 - P_i} \rightarrow P_i = 113,3167 \text{ mmHg}$$

% de Humidade relativa

$$\%H_R = \frac{P_i}{P_v} = \frac{113,3167}{633,90} = 17,876 \%$$

Ponto de orvalho = PO = T à qual $P_v = P_i$

P_v (mmHg)	$\ln P_v$	T (°C)	$1/T$ (K ⁻¹)
112,51	4,7230	54	$3,0567 \times 10^{-3}$
113,3167	4,7302		$3,0553 \times 10^{-3} \rightarrow T = \text{PO} = 54,15^\circ\text{C}$
118,04	4,7710	55	$3,0474 \times 10^{-3}$

Alínea b)

$T = 30^\circ\text{C} \rightarrow P_v = 31,824 \text{ mmHg}$ (página I.2)

Se houve condensação o ar ficou saturado em vapor de água:

Ar saturado $\rightarrow P_i = P_v = 31,824 \text{ mmHg}$ $\%H = \%H_R = 100 \%$

$P = (1 + 0,05) \times 760 = 798 \text{ mmHg}$

$$H_m = H_{m_s} = \frac{P_i}{P - P_i} = \frac{31,824}{798 - 31,824} = 0,04154 \text{ mole H}_2\text{O/mole ar seco}$$

$H_a = H_m \times 0,62 = 0,02575 \text{ g H}_2\text{O/g ar seco}$

Alínea c)

$$P V = n R T$$

$$1,1 \times 20 \times 10^3 = Q_m \times 0,082 \times (273,15 + 95)$$

$$Q_m = 728,759 \text{ mole/min} = 43725,55 \text{ mole/h de ar total}$$

Agora podemos usar a relação

$$\begin{array}{r} \text{ar} \text{-----} \text{ ar seco} \text{-----} \text{água} \\ 1+H_m \text{-----} 1 \text{-----} H_m \\ 1,15683 \text{-----} 1 \text{-----} 0,15683 \\ 43725,55 \text{-----} 37798,71 \text{-----} 5926,84 \end{array}$$

Ou, em alternativa, podemos usar a equação:
$$\text{ar seco} = \frac{\text{ar total}}{1 + H_m}$$

Por fim usa-se a equação fundamental da psicrometria:

$$\text{água condensada} = \text{caudal de ar seco} \times (\text{humidade molar à entrada} - \text{humidade molar à saída})$$

$$\text{ag cond} = Q_{as} \times (H_{mE} - H_{mS})$$

$$\text{agua cond} = 37798,71 \times (0,1568 - 0,04154) = 4356,78 \text{ mole/h} = 78,42 \text{ kg/h}$$

Nota: Esta equação fundamental da psicrometria corresponde ao balanço de massa à água com o caudal de ar seco (constante) em evidência.