

Alínea I

A resolução dos problemas de secagem começa **SEMPRE** com o balanço mássico ao sólido para cálculo da água evaporada:

mole/h	1	2	ag ev 1	3	ag ev 2
LiOH	5000	5000		5000	0
H ₂ O	15000	5000	10000	0	5000
Total	20000	10000	10000	5000	5000

$$\text{ag ev 1} = 10000 \times 0,018 = 180 \text{ kg/h}$$

$$\text{ag ev 2} = 5000 \times 0,018 = 90 \text{ kg/h}$$

Para se resolver este tipo de problema convem seguir a estratégia que já se seguia em PEQ I. Preencher uma tabela como a indicada abaixo, e depois de termos a tabela completamente preenchida, responder às perguntas usando-se os valores da tabela .

	4	5	6	7	8	9
Q _m						
Q _{as}						
Q _{H₂O}						
H _a						
H _m						
%H _R						
PO (°C)						
T (°C)						
θ _h						
P (mmHg)						

Esta tabela permite:

- Nas três primeiras linhas permite fazer-se o balanço de massa da forma habitual.
- Nas restantes linhas permite apresentar toda a informação numa forma concisa e clara.

Nesta tabela, após as três primeiras linhas dedicadas ao Balanço mássico, a escolha do conteúdo das restantes linhas depende da decisão de cada um sobre a importância dos índices a considerar.

Neste problema em particular, até à corrente (6) os índices de saturação foram lidos na carta psicrométrica. A partir daí, está-se a uma pressão diferente da atmosférica, e passou-se a efectuar o cálculo analítico.

A excepção foram alguns valores de %H_R que por serem muito baixos, são difíceis de ler na Carta Psicrométrica e foram calculados analiticamente.

Corrente (4)

$$P V = Q_m R T$$

$$1 \times 7500 \times 10^3 = Q_m \times 0,082 \times (273,15 + 10) \quad \rightarrow \quad Q_m = 323021 \text{ mole/h}$$

Sabendo-se o PO (-10°C) e T (10°C) pode-se recorrer à Carta Psicrométrica para caracterizar a corrente (4). No entanto optei pelo cálculo analítico do H_m e H_a por ser mais rigoroso.

$$PO = -10^{\circ}\text{C} \rightarrow Pv = 2,149 \text{ mmHg}$$

$$\text{logo a } Pi \text{ da corrente} = 2,149 \text{ mmHg}$$

$$Hm = \frac{Pi}{P - Pi} = \frac{2,149}{760 - 2,149} = 0,00284 \text{ mole agua/mole ar seco}$$

$$Qas = \frac{Qm}{1 + Hm} = \frac{323021}{1 + 0,00284} = 322106 \text{ mole/h}$$

$$Q_{H_2O} = Qas \times Hm = 322106 \times 0,00284 = 915 \text{ mole/h}$$

Com esta informação já se pode preencher a coluna (4) e o Qas que se mantem constante ao longo do problema.

	4	5	6	7	8	9
Qm	323021					
Qas	322106	322106	322106	322106	322106	322106
Q _{H₂O}	915					
Ha	0,00176					
Hm	0,00284					
%H _R	24					
PO (°C)	-10					
T (°C)	10					
θh	3					
P (mmHg)	760					

Corrente (5)

De (4) para (5) temos um aquecimento, linha horizontal na Carta Psicrométrica, Ha constante, até à T de 55°C. Pode-se ler tudo na carta excepto a %H_R que por estar num canto da Carta Psicrométrica é de difícil leitura.

$$Hm = 0,00284 \text{ mole agua/mole ar seco}$$

$$Pi = Pv \text{ no } PO = 2,149 \text{ mmHg}$$

$$T = 55^{\circ}\text{C} \rightarrow Pv = 118,04 \text{ mmHg}$$

$$\%H_R = \frac{Pi}{Pv} = \frac{2,149}{118,04} = 1,82\%$$

	4	5	6	7	8	9
Qm	323021	323021				
Qas	322106	322106	322106	322106	322106	322106
Q _{H2O}	915	915				
Ha	0,00176	0,00176				
Hm	0,00284	0,00284				
%H _R	24	1,8				
PO (°C)	-10	-10				
T (°C)	10	55				
θh	3	21				
P (mmHg)	760	760				

Corrente (6)

Da corrente (5) para a corrente (6) a θh mantém-se constante, 21°C (humidificação ou secagem adiabática ou isentálpica).

Com o valor de θh e com a Ha em (6) pode-se marcar o ponto (6) na Carta Psicrométrica e prosseguir com o preenchimento da tabela.

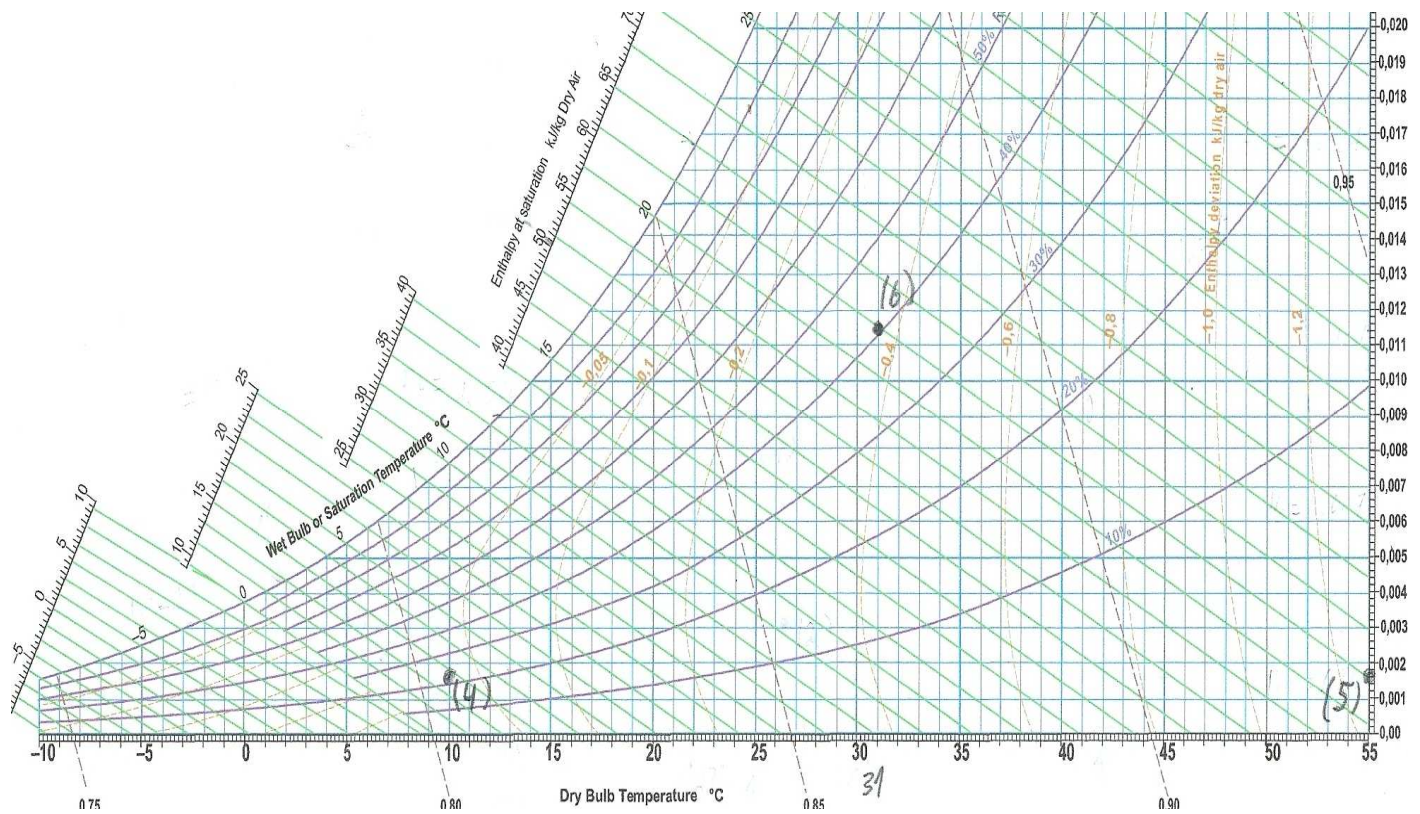
A Ha₆ pode ser calculada de duas maneiras:

- Pela Tabela. Ao “Q_{H2O}” de (5) junta-se a “ag ev 2” e obtem-se “Q_{H2O}” de (6), depois divide-se pelo Qas e obtem-se o Hm₆.

- Pela equação: $ag\ ev\ 2 = Qas \times (Hm_6 - Hm_5)$ → tira-se o Hm₆

Por fim Ha₆ = Hm₆ × 0,62

	4	5	6	7	8	9
Qm	323021	323021	328021			
Qas	322106	322106	322106	322106	322106	322106
Q _{H2O}	915	915	5915			
Ha	0,00176	0,00176	0,01139			
Hm	0,00284	0,00284	0,01836			
%H _R	24	1,8	40			
PO (°C)	-10	-10	16,1			
T (°C)	10	55	31,2			
θh	3	21	21			
P (mmHg)	760	760	760			



Corrente (7)

Do enunciado sabe-se $T = 45^\circ\text{C}$, $P = 6 + 1 \text{ atm} = 7 \text{ atm} = 5320 \text{ mmHg}$. Agora já não se pode usar a Carta Psicrométrica.

No compressor condensa água logo à saída a corrente está saturada:

$$\%H_R = 100\% \quad \text{e} \quad P_O = \theta_h = T = 45^\circ\text{C}$$

$$T = 45^\circ\text{C} \quad \rightarrow \quad P_v = 71,88 \text{ mmHg}$$

$$H_m = \frac{P_i}{P - P_i} = \frac{P_v}{P - P_v} = \frac{71,88}{5320 - 71,88} = 0,01370 \text{ mole água / mole ar seco}$$

Como houve condensação é necessário calcular a água presente em (7) (água que não condensou):

$$Q_{H_2O} \text{ de (7)} = H_{m7} \times Q_{as} \text{ de (7)} = 0,0137 \times 322106 = 4413 \text{ mole/h}$$

	4	5	6	7	8	9
Q _m	323021	323021	328021	326519		
Q _{as}	322106	322106	322106	322106	322106	322106
Q _{H₂O}	915	915	5915	4413		
H _a	0,00176	0,00176	0,01139	0,00849		
H _m	0,00284	0,00284	0,01836	0,01370		
%H _R	24	1,8	40	100		
P _O (°C)	-10	-10	16,1	45		
T (°C)	10	55	31,2	45		
θ _h	3	21	21	45		
P (mmHg)	760	760	760	5320		

Corrente (8)

Na expansão mantém-se constante a H_a e H_m e como estamos a $P = 380$ mmHg não podemos usar a Carta Psicrométrica e não podemos calcular a θ_h .

$$H_{a8} = H_{a7} \quad H_{m8} = H_{m7}$$

$$H_m = 0,0137 = \frac{P_i}{P - P_i} = \frac{P_i}{380 - P_i} \quad \rightarrow \quad P_i = 5,136 \text{ mmHg}$$

$$T = 45^\circ\text{C} \quad P_v = 71,88 \text{ mmHg}$$

$$\%H_R = \frac{P_i}{P_v} = \frac{5,136}{71,88} = 7,15 \%$$

$$PO = \text{temperatura à qual } P_v = 5,136 \text{ mmHg (Página I.2)} \quad \rightarrow \quad PO = 1,6^\circ\text{C}$$

	4	5	6	7	8	9
Q _m	323021	323021	328021	326519	326519	
Q _{as}	322106	322106	322106	322106	322106	322106
Q _{H₂O}	915	915	5915	4413	4413	
H _a	0,00176	0,00176	0,01139	0,00849	0,00849	
H _m	0,00284	0,00284	0,01836	0,01370	0,01370	
%H _R	24	1,8	40	100	7,1	
PO (°C)	-10	-10	16,1	45	1,6	
T (°C)	10	55	31,2	45	45	
θ_h	3	21	21	45	---	
P (mmHg)	760	760	760	5320	380	

Corrente 9

Segundo o enunciado a Corrente (9) está saturada logo:

$$\%H_R = 100\% \quad \text{e} \quad PO = \theta_h = T$$

A H_{a9} e H_{m9} pode ser calculada do mesmo modo que foi calculada a H_{a6} e H_{m6} . Por balanço de massa usando directamente os valores da tabela ou usando a equação:

$$\text{ag ev 1} = Q_{as} \times (H_{m9} - H_{m8})$$

Obtem-se

$$H_{a9} = 0,02774 \text{ g H}_2\text{O/g ar seco} \quad H_{m9} = 0,04475 \text{ mole H}_2\text{O/mole ar seco}$$

$$H_m = 0,04475 = \frac{P_i}{P - P_i} = \frac{P_i}{380 - P_i} \quad \rightarrow \quad P_i = 16,277 \text{ mmHg}$$

$$PO = \text{temperatura à qual } P_v = 16,277 \text{ mmHg (Página I.2)} \quad \rightarrow \quad PO = 18,8^\circ\text{C}$$

	4	5	6	7	8	9
Q _m	323021	323021	328021	326519	326519	336519
Q _{as}	322106	322106	322106	322106	322106	322106
Q _{H₂O}	915	915	5915	4413	4413	14413
H _a	0,00176	0,00176	0,01139	0,00849	0,00849	0,02774
H _m	0,00284	0,00284	0,01836	0,01370	0,01370	0,04475
%H _R	24	1,8	40	100	7,1	100
PO (°C)	-10	-10	16,1	45	1,6	18,8
T (°C)	10	55	31,2	45	45	18,8
θh	3	21	21	45	---	18,8
P (mmHg)	760	760	760	5320	380	380

Alínea I-a)

No secador I = 10000 moles/h = 180 kg/h

No secador II = 5000 moles/h = 90 kg/h

Alínea I-b)

Água removida no compressor = Q_{H₂O} (6) – Q_{H₂O} (7) = 5915 – 4413 = 1502 mole/h =
= 27,036 kg/h ≈ 27 L/h

Alínea I-c)

Respondida na tabela apresentada.

Alínea II

Há sempre 3 hipóteses de tratamento: compressão, arrefecimento e by-pass + excicante. Como neste problema se usa a compressão então as alternativas são o arrefecimento e o by-pass + excicante.

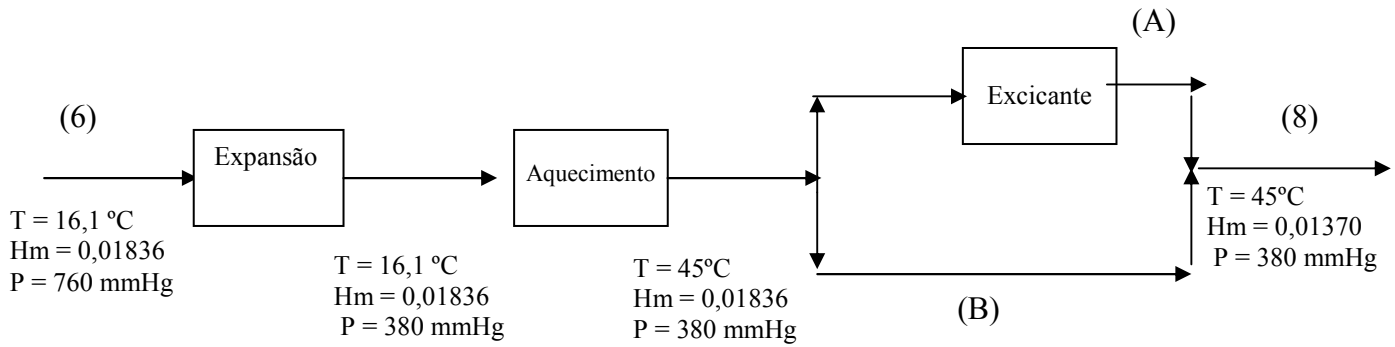
Arrefecimento



Expande-se (H_m e T constantes) até à Pressão da corrente (8) e depois arrefece-se até ao PO de (8). Por fim aquece-se até à T₈.

Nota: a expansão tanto vir no princípio como no fim deste tratamento, é indiferente.

By pass + Excicante



Expand-se (H_m e T constantes) até à Pressão da corrente (8), aquece-se até à T_8 e depois dividi-se as corrente em duas fracções: uma fracção não é tratada e a outra passa pelo excicante saindo com $H_m = H_a = \%H = \%H_R = 0$.

Nota: é indiferente a ordem destas operações.

Para se calcular os caudais (A) e (B) tem de se resolver o sistema de equações:

$$B \text{ à água} \quad 0,01836 \times B + 0 = 0,01370 \times (A + B)$$

$$B \text{ Global} \quad A + B = 322106$$

Vem :

$$A = 81755 \text{ mole/h de ar seco}$$

$$B = 240351 \text{ mole/h de ar seco}$$

O processo do by-pass + excicante tem a desvantagem de ser muito mais dispendioso (custo da regeneração do excicante) mas tem a vantagem de permitir um controlo mais apertado das características da corrente final.