

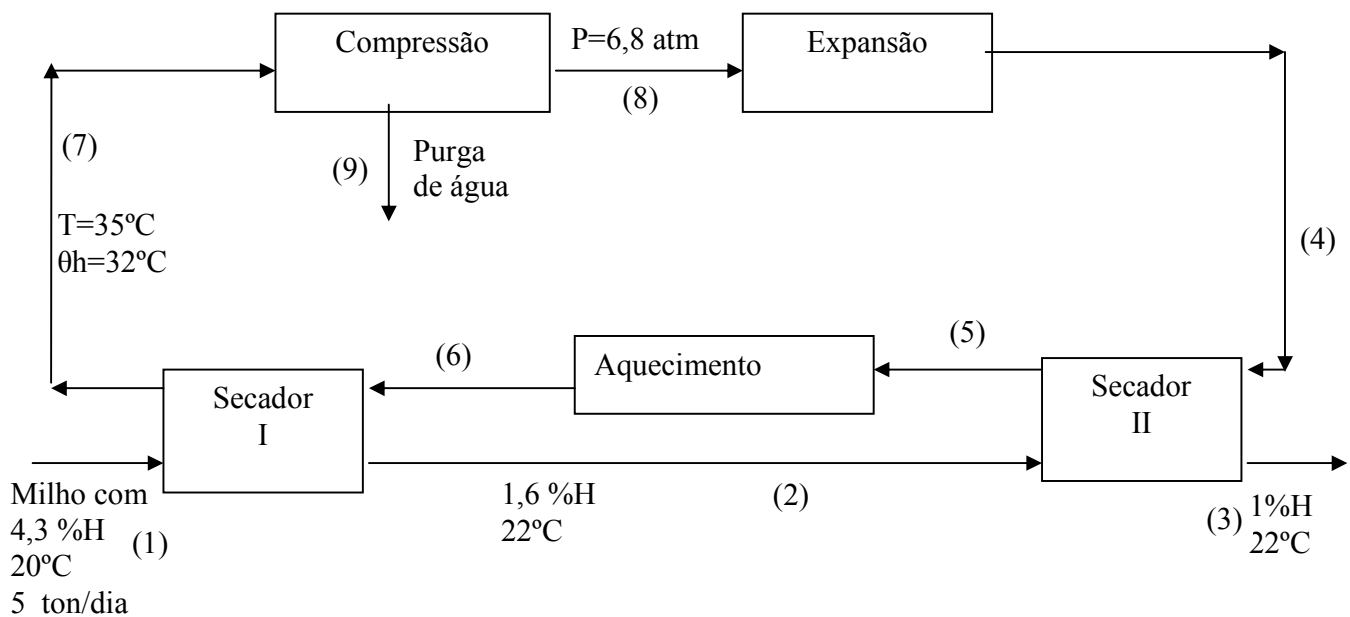
PEQ II

Caso Extra II

Exame de Época Especial de 2004 / 2005

Problema 2

Numa instalação de indústria alimentar utiliza-se ar quente para secar milho. Esta secagem é realizada em dois secadores, existindo um aquecimento entre eles:



Após a secagem o ar é comprimido para remoção de parte da água que este ar contém.

Sabendo que se secam 5 ton de milho por dia, e que a pressão à saída do compressor é de 6,8 atm, calcule:

- Consumo de energia no aquecimento do ar entre secadores.
- As temperaturas à entrada e saída do aquecimento.

Dados:

- * C_p do milho = 0,3 cal / g °C
- * Considere como aproximação que a compressão e expansão são isotérmicas
- * A zona de secagem opera à pressão atmosférica

A resolução deste Caso Extra, como de qualquer problema de psicrometria, começa pelo Balanço mássico.

Base de cálculo: 5 ton/dia em (1)

kg/dia	1	2	3
Milho	4785	4785	4785
Água	215	77,805	48,333
Total	5000	4862,805	4833,333

$$\dot{A}g_{ev I} = 215 - 77,805 = 136,195 \text{ kg/dia} = 7621,94 \text{ mole/dia}$$

$$\dot{A}g_{ev II} = 77,805 - 48,333 = 29,472 \text{ kg/dia} = 1637,33 \text{ mole/dia}$$

Seguidamente constroi-se uma tabela para apresentar os restantes cálculos:

	4	5	6	7	8	9
Qm						
Q _{AS}						
Q _{H2O}						
Hm						
Ha						
T						
θh						
h						

Para resolvermos este problemas vamos começar pelas “pontas”, ou seja pelo início do processo (8) e pelo fim do processo (7).

Corrente (8)

Sabe-se a temperatura (35 °C) pois assume-se que tanto a compressão como a expansão é isotérmica, sabe-se que se trata duma corrente saturada e sabe-se a P logo pode-se calcular a Hm:

$$T = 35^{\circ}\text{C} \quad \rightarrow \quad P_v = 42,175 \text{ mmHg}$$

$$H_m = \frac{P_v}{P - P_v} = \frac{42,175}{(6,8 + 1) \times 760 - 42,175} = 0,007166 \text{ mole água/mole ar seco}$$

$$H_a = H_m \times 0,62 = 0,007166 \times 0,62 = 0,004443 \text{ g água/g ar seco}$$

	4	5	6	7	8	9
Q _m						
Q _{AS}						
Q _{H₂O}						
H _m					0,007166	
H _a					0,004443	
T					35	
θ _h					35	
h						

De (8) para (4) ocorre uma expansão isotérmica mantendo-se constante a H_m, H_a e T.

E pode-se recorrer-se à Carta Psicrométrica para, a partir de T = 35°C e H_a = 0,00443, se completar a caracterização da corrente (4):

	4	5	6	7	8	9
Q _m						
Q _{AS}						
Q _{H₂O}						
H _m	0,007166				0,007166	
H _a	0,004443				0,004443	
T	35				35	
θ _h	16,8				35	
h	45,45					

Corrente (7)

Da corrente (7) sabe-se T = 35°C e θ_h = 32°C. Marca-se o ponto (7) na Carta psicrométrica e lê-se H_a = 0,0295 g água/g ar seco e h = 111 J/g ar seco.

	4	5	6	7	8	9
Q _m						
Q _{AS}						
Q _{H₂O}						
H _m	0,007166			0,04758	0,007166	
H _a	0,004443			0,0295	0,004443	
T	35			35	35	
θ _h	16,8			32	35	
h	45,45			111		

Agora podemos fazer um balanço global à água para determinação do caudal de ar seco, Q_{AS}:

$$\dot{m}_{\text{ág ev}} = \dot{m}_{\text{ág ev I}} + \dot{m}_{\text{ág ev II}} = Q_{\text{AS}} \times (H_{m7} - H_{m8})$$

$$7521,94 + 1637,33 = Q_{\text{AS}} \times (0,04748 - 0,007166)$$

Vem $Q_{AS} = 229110,46$ mole/dia

	4	5	6	7	8	9
Qm						
Q_{AS}	229110,46	229110,46	229110,46	229110,46	229110,46	
Q_{H_2O}						
Hm	0,007166			0,04758	0,007166	
Ha	0,004443			0,0295	0,004443	
T	35			35	35	
θh	16,8			32	35	
h	45,45			111		

Sabendo-se que:

$$Q_{H_2O} = Q_{AS} \times Hm$$

$$Qm = Q_{AS} + Q_{H_2O}$$

$$Q_{H_2O} \text{ em (5)} = Q_{H_2O} \text{ em (4)} + \text{ág ev II}$$

$$Q_{H_2O} \text{ em (7)} = Q_{H_2O} \text{ em (6)} + \text{ág ev I}$$

Podemos completar o Balanço de massa ao ar:

	4	5	6	7	8	9
Qm	230752,27	232389,60	232389,60	240011,54	230752,27	
Q_{AS}	229110,46	229110,46	229110,46	229110,46	229110,46	
Q_{H_2O}	1641,81	3279,14	3279,14	10901,08	1641,81	9259,27
Hm	0,007166			0,04758	0,007166	
Ha	0,004443			0,0295	0,004443	
T	35			35	35	
θh	16,8			32	35	
h	45,45			111		

Como é óbvio a água condensada (corrente (9)) vem igual a ág ev I + ág ev II.

Como: $Hm = \frac{Q_{H_2O}}{Q_{AS}}$ podemos a partir da tabela calcular a Hm e Ha das restantes correntes. Mas o Hm também pode ser calculado por balanço de massa à água:

$$\text{ág ev I} = Q_{AS} \times (Hm_7 - Hm_6) \quad \text{e} \quad \text{ág ev II} = Q_{AS} \times (Hm_5 - Hm_4)$$

	4	5	6	7	8	9
Q _m	230752,27	232389,60	232389,60	240011,54	230752,27	
Q _{AS}	229110,46	229110,46	229110,46	229110,46	229110,46	
Q _{H₂O}	1641,81	3279,14	3279,14	10901,08	1641,81	9259,27
H _m	0,007166	0,014312	0,014312	0,04758	0,007166	
H _a	0,004443	0,008873	0,008873	0,0295	0,004443	
T	35			35	35	
θ _h	16,8			32	35	
h	45,45			111		

A temperatura do sólido não varia de (2) para (3). Assim podemos assumir que a entalpia do sólido é constante e a entalpia do ar é igualmente constante.

Estamos perante uma humidificação adiabática e podemos fazer o seguimento pela Carta psicrométrica:

$$\theta h_4 = \theta h_5 \quad e \quad h_4 = h_5$$

	4	5	6	7	8	9
Q _m	230752,27	232389,60	232389,60	240011,54	230752,27	
Q _{AS}	229110,46	229110,46	229110,46	229110,46	229110,46	
Q _{H₂O}	1641,81	3279,14	3279,14	10901,08	1641,81	9259,27
H _m	0,007166	0,014312	0,014312	0,04758	0,007166	
H _a	0,004443	0,008873	0,008873	0,0295	0,004443	
T	35	25		35	35	
θ _h	16,8	16,8		32	35	
h	45,45	45,45		111		

Pelo contrário a temperatura do sólido varia entre (1) e (2). Passa de 20°C para 22°C. Assim não podemos considerar a entalpia do sólido como constante e temos que efectuar um balanço entálpico para a caracterização da corrente (6):

Estado de Referência: 0°C, H₂O (l), ar (g), P_{atm}

$$\Delta H_1 + \Delta H_6 = \Delta H_2 + \Delta H_7$$

$$\Delta H_1 = (4785 \times 0,3 + 215 \times 1) \times 10^3 \times (20 - 0) \times 4,18 = 1,3798 \times 10^8 \text{ J/dia}$$

$$\Delta H_2 = (4785 \times 0,3 + 77,805 \times 1) \times 10^3 \times (22 - 0) \times 4,18 = 1,3916 \times 10^8 \text{ J/dia}$$

$$\Delta H_7 = Q_{AS} \times P_{Mar} \times h_7 = 229110,46 \times 28,84 \times 111 = 7,3344 \times 10^8 \text{ J/dia}$$

Substituindo-se:

$$1,3798 \times 10^8 + \Delta H_6 = 1,3798 \times 10^8 + 7,3344 \times 10^8$$

$$\text{Vem } \Delta H_6 = 7,3461 \times 10^8 \text{ J/dia}$$

$$h_6 = \frac{7,3461 \times 10^8}{229110,46 \times 28,84} = 111,12 \text{ J/g}$$

Finalmente sabendo-se h_6 e h_5 , recorre-se à Carta psicrométrica e completa-se a corrente (6):

	4	5	6	7	8	9
Qm	230752,27	232389,60	232389,60	240011,54	230752,27	
Q _{AS}	229110,46	229110,46	229110,46	229110,46	229110,46	
Q _{H2O}	1641,81	3279,14	3279,14	10901,08	1641,81	9259,27
Hm	0,007166	0,014312	0,014312	0,04758	0,007166	
Ha	0,004443	0,008873	0,008873	0,0295	0,004443	
T	35	25	82	35	35	
θh	16,8	16,8	32	32	35	
h	45,45	45,45	111,12	111		

Nota: obtém-se θh semelhante em (6) e (7) devido à pouca sensibilidade da Carta Psicrométrica.

Com a tabela completamente preenchida podemos responder às perguntas do enunciado:

A) Consumo de energia no aquecimento do ar entre secadores.

$$Q = \Delta H_6 - \Delta H_5 = Q_{AS} \times P_{Mar} \times (h_6 - h_5) = 229110,46 \times 28,84 \times (111,12 - 45,45) = 4,339 \times 10^8 \text{ J/dia}$$

B) As temperaturas à entrada e saída do aquecimento.

Temperatura de entrada do aquecimento – $T_5 = 25^\circ\text{C}$

Temperatura de saída do aquecimento – $T_6 = 82^\circ\text{C}$



PSYCHROMETRIC CHART

TEMPERATURES

UNIT: °C

PRESSURE: 101,325 kPa

SCALE: 1:1

