

NOME: \_\_\_\_\_ NUSP: \_\_\_\_\_

**1ª Questão (Valor: 5,0 pontos):**

Considere um Ciclo de Rankine com superaquecimento operando com água como fluido de trabalho. A pressão do vapor na entrada da turbina é de  $P_3$  e a temperatura na saída do condensador é de  $T_1 = 40^\circ\text{C}$ . Considere que o título na saída da turbina é de  $x_4$ , a turbina e a bomba são ideais e a potência líquida do ciclo é de 7,5 MW. Pede-se:

- A temperatura do vapor na entrada da turbina;
- O rendimento térmico do ciclo;
- A vazão mássica da água;
- O rendimento térmico do Ciclo de Carnot operando entre as mesmas temperaturas máxima e mínima.

**Solução:**

Aplicando o balanço de massa e a 1ª Lei na turbina:

$$\dot{m}_3 = \dot{m}_4 = \dot{m}$$

$$\dot{w}_{turbina} = h_3 - h_4$$

Aplicando o balanço de massa e a 1ª Lei na bomba:

$$\dot{m}_3 = \dot{m}_1 = \dot{m}$$

$$\dot{w}_{bomba} = h_1 - h_2 = -v_1(p_2 - p_1) \Rightarrow h_2 = h_1 - \dot{w}_{bomba}$$

Aplicando o balanço de massa e a 1ª Lei na caldeira:

$$\dot{m}_2 = \dot{m}_3 = \dot{m}$$

$$\dot{q}_{caldeira} = h_3 - h_2$$

Logo o trabalho líquido e o rendimento do ciclo são dados por:

$$\dot{w}_{líquido} = \dot{w}_{turbina} + \dot{w}_{bomba}$$

$$\eta = \frac{\dot{w}_{líquido}}{\dot{q}_{caldeira}}$$

Estado 1:  $P_1 = P_{\text{saturação a } T_1}$  e líquido saturado

$$h_1 = h_{\text{líquido saturado a } T_1}$$

Estado 3:  $P_3$  e  $s_3 = s_4$ Estado 4:  $P_4 = P_1$  e mistura líquido-vapor

$$h_4 = h_1^*(1-x_4) + h_v^*x_4$$

$$s_4 = s_1^*(1-x_4) + s_v^*x_4$$

O rendimento do ciclo de Carnot e a vazão mássica são calculados por:

$$\eta_{\text{Carnot}} = 1 - \frac{T_1 + 273}{T_3 + 273}$$

$$\dot{m} = \frac{\dot{W}_{líquido}}{\dot{w}_{líquido}}$$

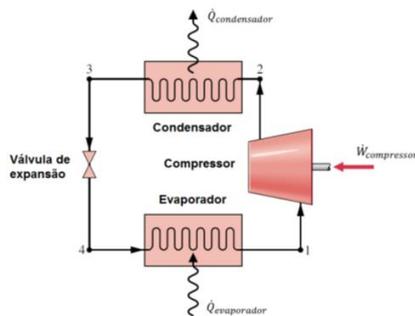
	Versão 1	Versão 2	Versão 3
$P_1$ [kPa]	7,385	7,385	7,385
$T_1$ [°C]	40	40	40
$h_1$ [kJ/kg]	167,5	167,5	167,5
$\dot{w}_{bomba}$ [kJ/kg]	-5,032	-6,04	-7,048
$h_2$ [kJ/kg]	172,6	173,6	174,6
$x_4$ [%]	90,35	92,23	91,25
$h_4$ [kJ/kg]	2341	2387	2363
$s_4$ [kJ/kg.K]	7,514	7,659	7,583
$P_3$ [MPa]	5	6	7
$T_3$ [°C]	700,2	800,2	799,9
$h_3$ [kJ/kg]	3901	4133	4128
$\dot{q}_{caldeira}$ [kJ/kg]	3728	3960	3954
$\dot{w}_{turbina}$ [kJ/kg]	1559	1747	1765
$\dot{w}_{líquido}$ [kJ/kg]	1554	1741	1758
$\eta$ [%]	41,69	43,96	44,47
$\eta_{\text{Carnot}}$ [%]	67,84	70,83	70,83
$\dot{W}_{líquido}$ [kW]	7.500	7.500	7.500
$\dot{m}$ [kg/s]	4,825	4,308	4,266

NOME: \_\_\_\_\_ NUSP: \_\_\_\_\_

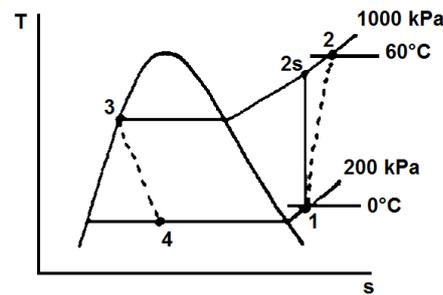
**2ª Questão (Valor: 5,0 pontos):**

Em um sistema de refrigeração com R134a como fluido de trabalho (Fig. (a)), o fluido entra no compressor a uma pressão de 200 kPa e temperatura de 0°C com uma vazão volumétrica de 0,1 kg/s. O fluido é comprimido pelo compressor em um processo adiabático para a pressão de 1000 kPa e  $T_2$  e depois é condensado saindo do condensador no estado de líquido saturado a 1000 kPa. Com base nestas informações e na representação do ciclo descrito no diagrama Temperatura X Entropia (Fig (b)), determine:

- O consumo de energia do compressor (1,5 Pt)
- A taxa de transferência de calor no evaporador (1,5 Pt)
- O coeficiente de eficácia do ciclo (1,0 Pt)
- O rendimento isoentrópico do compressor (1,0)



(a)



(b)

**Solução:****Hipóteses:**

- Regime permanente;
- Variações desprezíveis de energia cinética e potencial;
- Processo no compressor: adiabático

Aplicando a conservação de massa e 1ª Lei no volume de controle definido pelo compressor temos:

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 = \dot{m}$$

$$\dot{W}_{compressor} = \dot{m}(h_1 - h_2)$$

Aplicando a conservação de massa e a 1ª Lei no volume de controle definido pelo evaporador temos:

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_4 = \dot{m}$$

$$\dot{Q}_{evaporador} = \dot{m}(h_1 - h_4)$$

Aplicando a conservação de massa e a 1ª Lei no volume de controle definido pela válvula de expansão temos:

$$\dot{m}_3 = \dot{m}_4 = \dot{m}$$

$$h_3 = h_4$$

A eficiência do ciclo é dada por:

$$\beta = \frac{\dot{Q}_{evaporador}}{|\dot{W}_{compressor}|}$$

Estado 1:  $p_1$  e  $T_1$

Estado 2:  $p_2$  e  $T_2$

Estado 3:  $p_3 = p_2$  e líquido saturado

Estado 4:  $p_4 = p_1$  e  $h_4 = h_3$

Estado 2s(isoentrópico):  $p_2$  e  $s_{2s} = s_1$

O rendimento isoentrópico é calculado como:

$$\eta_{isoentrópico} = \frac{\dot{W}_{ideal}}{\dot{W}_{real}} = \frac{(h_1 - h_{2s})}{(h_1 - h_2)}$$

	Versão 1	Versão 2	Versão 3
$p_1$ [kPa]	200	200	200
$T_1$ [°C]	0	0	0
$h_1$ [kJ/kg]	400,91	400,91	400,91
$s_1$ [kJ/kg.K]	1,7647	1,7647	1,7647
$p_2$ [kPa]	1000	1000	1000
$T_2$ [°C]	60	70	80
$h_2$ [kJ/kg]	441,89	452,34	462,7
$s_2$ [kJ/kg.K]	1,7818	1,8127	1,8425
$p_3$ [kPa]	1000	1000	1000
$h_3$ [kJ/kg]	255,56	255,56	255,56
$p_{2s}$ [kPa]	1000	1000	1000
$s_{2s}$ [kJ/kg.K]	1,7647	1,7647	1,7647
$h_{2s}$ [kJ/kg]	436,27	436,27	436,27
$p_4$ [kPa]	200	200	200
$h_4$ [kJ/kg]	255,56	255,56	255,56
$\dot{W}_{compressor}$ [kW]	4,1	5,1	6,2
$\dot{Q}_{evaporador}$ [kW]	14,5	14,5	14,5
$\beta$ [-]	3,55	2,83	2,35
$\eta_{isoentrópico}$ [%]	86,3	68,8	57,2