

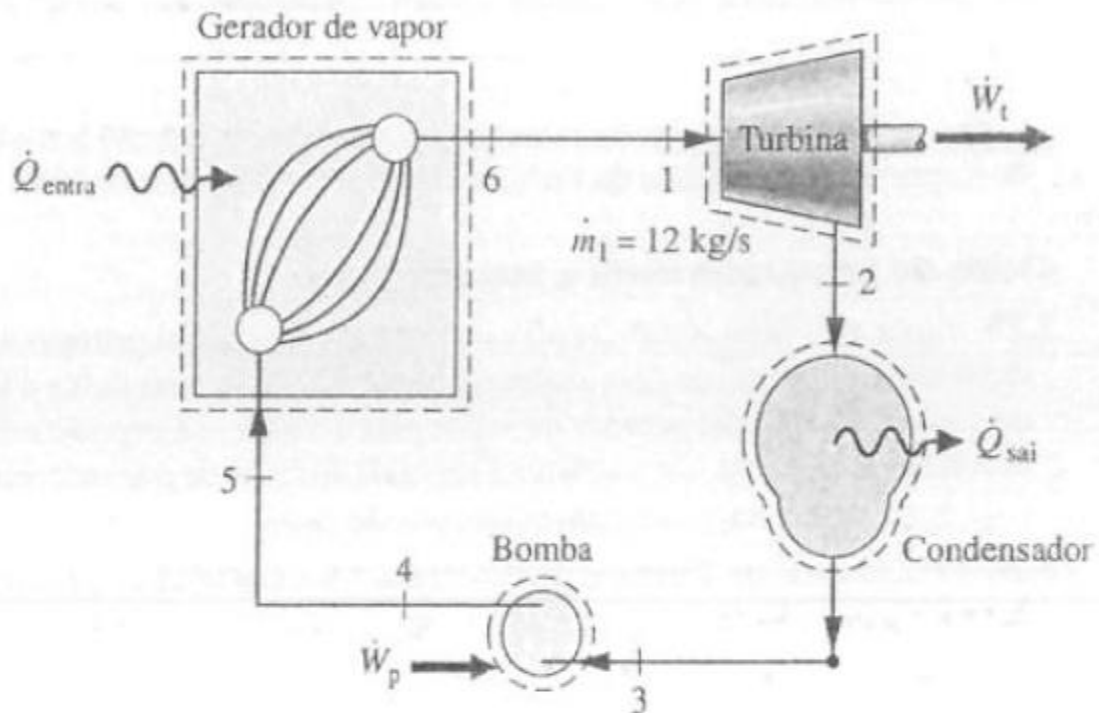
- 8.6** A água é o fluido de trabalho em um ciclo ideal de Rankine. O vapor saturado entra na turbina a 16 MPa e a pressão no condensador é de 8 kPa. A vazão mássica de vapor que entra na turbina é de 120 kg/s. Determine
- a potência líquida produzida, em kW.
 - a taxa de transferência de calor para o vapor d'água que passa pela caldeira, em kW.
 - a eficiência térmica.
 - a vazão mássica da água de resfriamento do condensador, em kg/s, se a água de resfriamento fica sujeita a um aumento de temperatura de 18°C com variação de pressão desprezível na passagem pelo condensador.
- 8.13** Refrigerante 134a é o fluido de trabalho em uma planta de potência a energia solar que opera segundo o ciclo de Rankine. O vapor saturado entra na turbina a 60°C e o condensador opera a uma pressão de 6 bar. A taxa de entrada de energia para os coletores proveniente da radiação solar é de 0,4 kW por m² de área de superfície do coletor. Determine a menor área de superfície de coletor solar possível, em m², por kW de potência produzida pela planta.
- 8.16** Vapor d'água entra na turbina de uma planta de potência a vapor simples com uma pressão de 10 MPa e uma temperatura T_1 , e se expande adiabaticamente até 6 kPa. A eficiência isentrópica da turbina é de 85%. O líquido saturado sai do condensador a 6 kPa e a eficiência isentrópica da bomba é 82%.
- Determine o título na saída da turbina e a eficiência térmica do ciclo, para $T_1 = 580^\circ\text{C}$.
- 8.17** A água é o fluido de trabalho em um ciclo de Rankine. O vapor superaquecido entra na turbina a 10 MPa e 480°C, e a pressão no condensador é de 6 kPa. A turbina e a bomba têm eficiências isentrópicas de 80 e 70%, respectivamente. Determine para o ciclo:
- a taxa de transferência de calor para o fluido de trabalho que passa pelo gerador de vapor, em kJ por kg de vapor que flui.
 - a eficiência térmica.
 - a taxa de transferência de calor do fluido de trabalho que passa pelo condensador para a água de resfriamento, em kJ por kg de vapor que flui.

8.20 A água é o fluido de trabalho em um ciclo de Rankine. O vapor superaquecido entra na turbina a 8 MPa e 560°C com uma vazão mássica de 7,8 kg/s e sai a 8 kPa. O líquido saturado entra na bomba a 8 kPa. A eficiência isentrópica da turbina é de 88% e a eficiência isentrópica da bomba é de 82%. A água de resfriamento entra no condensador a 18°C e sai a 36°C sem alteração significativa da pressão. Determine:

- (a) a potência líquida produzida, em kW.
- (b) a eficiência térmica.
- (c) a vazão mássica da água de resfriamento, em kg/s.

8.21 A Fig. P8.21 apresenta os dados de operação de uma planta de potência a vapor que utiliza água como fluido de trabalho. A vazão mássica da água é de 12 kg/s. A turbina e a bomba operam adiabaticamente, porém sem reversibilidade. Determine:

- (a) a eficiência térmica.
 (b) as taxas de transferência de calor \dot{Q}_{entra} e \dot{Q}_{sai} , ambas em kW.



Estado	p	T (°C)	h (kJ/kg)
1	6 MPa	500	3422,2
2	10 kPa	---	1633,3
3	10 kPa	Sat.	191,83
4	7,5 MPa	---	199,4
5	7 MPa	40	167,57
6	6 MPa	550	3545,3

Fig. P8.21

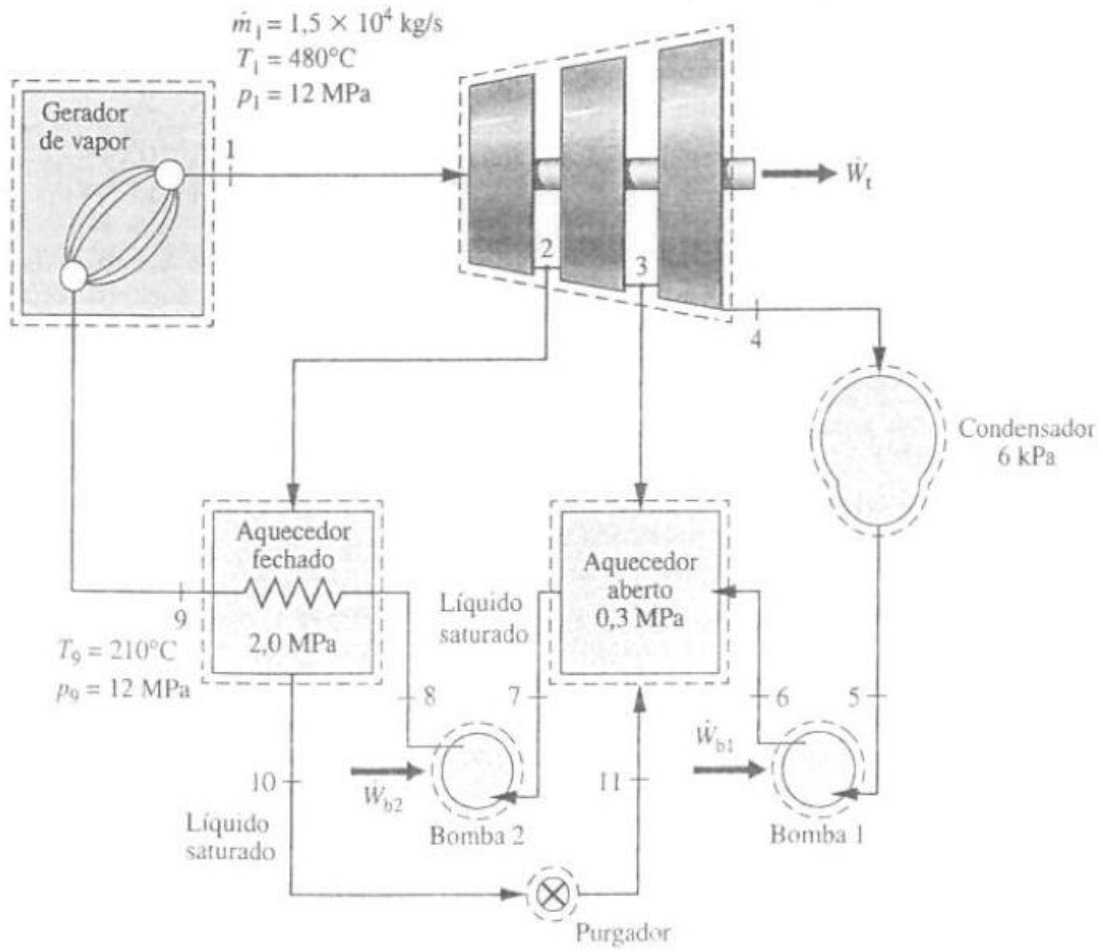
- 8.27 Vapor a 10 MPa e 600°C entra na turbina de primeiro estágio de um ciclo ideal de Rankine com reaquecimento. O vapor que deixa a seção de reaquecimento do gerador de vapor está a 500°C, e a pressão no condensador é de 6 kPa. Se o título na saída da turbina de segundo estágio é de 90%, determine a eficiência térmica do ciclo.
- 8.29 A água é o fluido de trabalho em um ciclo ideal de Rankine com reaquecimento. O vapor superaquecido entra na turbina a 10 MPa e 480°C, e a pressão no condensador é de 6 kPa. O vapor se expande pela turbina de primeiro estágio até 0,7 MPa e, em seguida, é reaquecido a 480°C. Determine para o ciclo:
- a taxa de acréscimo de calor, em kJ por kg de vapor que entra na turbina de primeiro estágio.
 - a eficiência térmica.
 - a taxa de transferência de calor do fluido de trabalho que passa pelo condensador para a água de resfriamento, em kJ por kg de vapor que entra na turbina de primeiro estágio.
- 8.30 Para o ciclo do Problema 8.29, reconsidere a análise admitindo que a bomba e cada estágio de turbina tenham uma eficiência isentrópica de 80%. Responda às mesmas questões do Problema 8.29 para o ciclo modificado.
- 8.33 Vapor d'água a 32 MPa e 520°C entra no primeiro estágio de um ciclo supercrítico com reaquecimento que tem três estágios de turbina. O vapor que sai do primeiro estágio de turbina a pressão p é reaquecido a pressão constante até 440°C, e o vapor que sai do segundo estágio de turbina a 0,5 MPa é reaquecido a pressão constante até 360°C. Cada estágio de turbina e a bomba apresentam uma eficiência isentrópica de 85%. A pressão no condensador é de 8 kPa.
- Para $p = 4$ MPa, determine o trabalho líquido por unidade de massa de vapor que flui, em kJ/kg, e a eficiência térmica.

- 8.37 A água é utilizada como fluido de trabalho em um ciclo ideal regenerativo de Rankine. O vapor superaquecido entra na turbina a 10 MPa e 480°C, e a pressão no condensador é de 6 kPa. O vapor se expande através do primeiro ciclo de turbina até 0,7 MPa, onde uma certa quantidade de vapor é extraída e desviada para um aquecedor de água de alimentação aberto que opera a 0,7 MPa. O vapor remanescente se expande através do segundo estágio de turbina até a pressão de 6 kPa no condensador. O líquido saturado sai do aquecedor de água de alimentação a 0,7 MPa. Determine para o ciclo:
- a taxa de acréscimo de calor, em kJ por kg de vapor que entra no primeiro estágio de turbina.
 - a eficiência térmica.
 - a taxa de transferência de calor do fluido de trabalho ao passar pelo condensador para a água de resfriamento, em kJ por kg de vapor que entra no primeiro estágio de turbina.
- 8.46 A água é o fluido de trabalho em um ciclo ideal de Rankine regenerativo com um aquecedor de água de alimentação aberto. O vapor superaquecido entra no primeiro estágio de turbina a 16 MPa e 560°C, e a pressão no condensador é de 8 kPa. A vazão mássica do vapor que entra no primeiro estágio de turbina é de 120 kg/s. O vapor se expande através do primeiro estágio de turbina até 1 MPa, e daí uma quantidade de vapor é extraída e desviada para um aquecedor de água de alimentação aberto a 1 MPa. O vapor remanescente se expande através do segundo estágio de turbina até a pressão do condensador de 8 kPa. O líquido saturado sai do aquecedor de alimentação de água a 1 MPa. Determine:
- a potência líquida produzida, em kW.
 - a taxa de transferência de calor para o vapor que passa pela caldeira, em kW.
 - a eficiência térmica.
 - a vazão mássica da água de resfriamento no condensador, em kg/s, se esta água fica sujeita a um aumento de temperatura de 18°C com variação de pressão desprezível durante sua passagem pelo condensador.
- 8.47 Reconsidere o ciclo do Problema 8.46, desta vez incluindo na análise o fato de cada estágio de turbina e a bomba apresentarem uma eficiência isentrópica de 85%.

8.60 Considere um ciclo de potência a vapor regenerativo com dois aquecedores de água de alimentação, um fechado e o outro aberto, conforme mostra a Fig. P8.60. O vapor d'água entra no primeiro estágio de turbina a 12 MPa e 480°C e se expande até 2 MPa. Parte do vapor é extraída a 2 MPa e levada ao aquecedor de água de alimentação fechado. O vapor remanescente se expande através do segundo estágio de turbina até 0,3 MPa, e daí uma quantidade adicional é extraída e levada para o aquecedor de água de alimentação aberto, que opera a 0,3 MPa. O vapor que se expande através do terceiro estágio de turbina sai do condensador à pressão de 8 kPa.

A água de alimentação deixa o aquecedor fechado a 210°C e 12 MPa, e o condensado que sai como líquido saturado a 2 MPa é purgado para o aquecedor aberto. O líquido saturado a 0,3 MPa sai do aquecedor de água de alimentação aberto. Admita que todas as bombas e estágios de turbina operem isentropicamente. Determine para o ciclo:

- a taxa de transferência de calor para o fluido de trabalho que passa pelo gerador de vapor, em kJ por kg de vapor que entra no primeiro estágio de turbina.
- a eficiência térmica.
- a taxa de transferência de calor do fluido de trabalho que passa pelo condensador para a água de resfriamento, em kJ por kg de vapor que entra no primeiro estágio de turbina.



8.82 A Fig. P8.82 mostra o diagrama esquemático de um ciclo de co-geração. No ciclo a vapor d'água, o vapor superaquecido entra na turbina com uma vazão mássica de 5 kg/s a 40 bar e 440°C, e se expande isentropicamente até 1,5 bar. Metade do fluxo de vapor é extraída a 1,5 bar e utilizada para aquecimento de um processo industrial. O restante do vapor passa por um trocador de calor, que desempenha o papel da caldeira do ciclo do Refrigerante 134a e do condensador do ciclo de vapor d'água. O condensado deixa o trocador de calor como líquido saturado a 1 bar, e daí é combinado com o fluxo que retorna do processo, a 60°C e 1 bar, antes de ser bombeado isentropicamente até a pressão do gerador de vapor. O ciclo do Refrigerante 134a é um ciclo ideal de Rankine com o refrigerante entrando na turbina a 16 bar e 100°C, e líquido saturado deixando o condensador a 9 bar. Determine, em kW,

- a taxa de transferência de calor para o fluido de trabalho que passa pelo gerador de vapor do ciclo de vapor d'água.
- a potência líquida de saída do ciclo binário.
- a taxa de transferência de calor para o processo industrial.

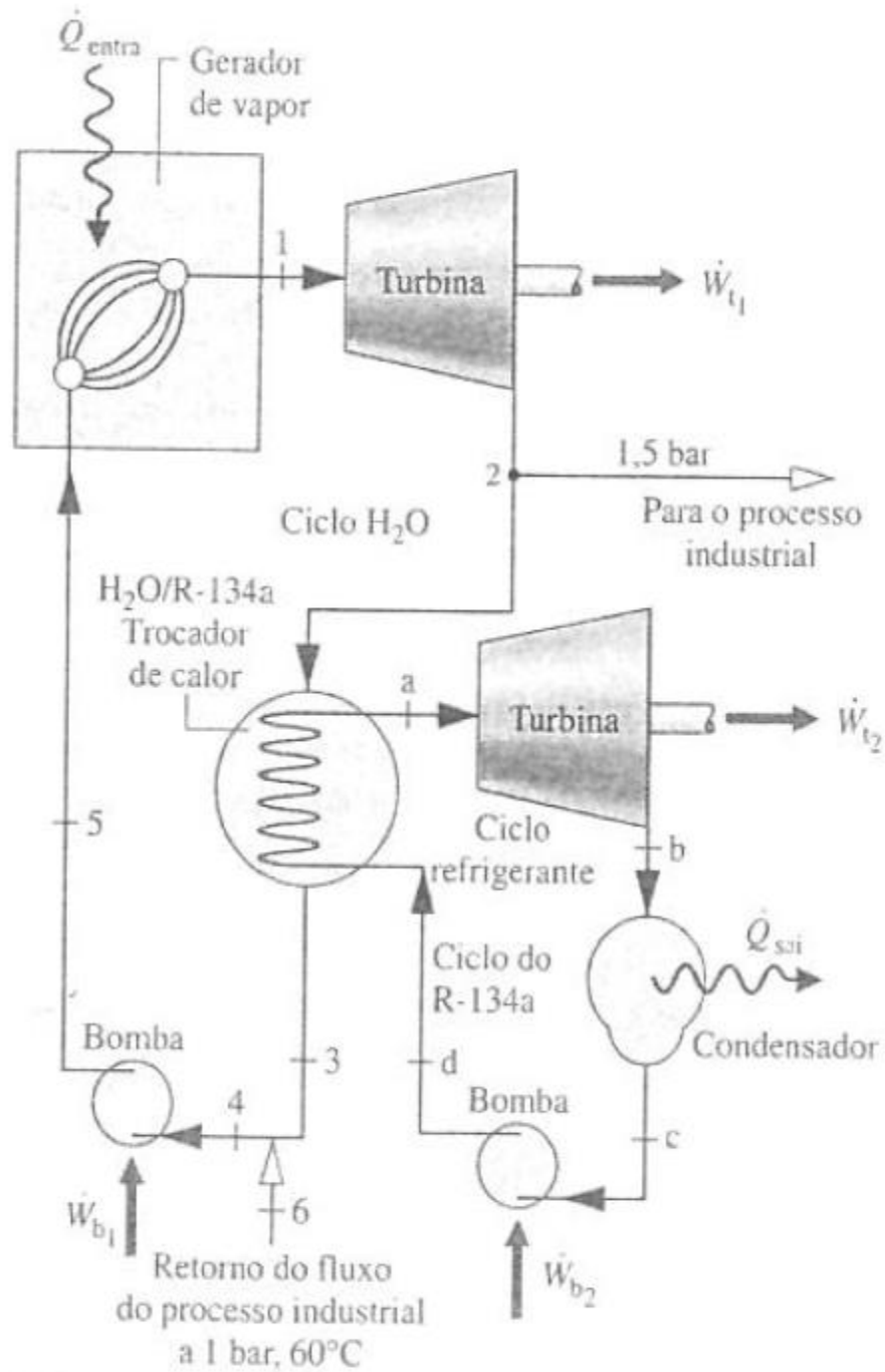


Fig. P8.82

Formulas:

Título:

$$x = \frac{m_{\text{vapor}}}{m_{\text{liquid}} + m_{\text{vapor}}}$$

Vazão mássica:

$$\dot{m} = \rho AV \quad \dot{m} = \frac{AV}{v}$$

Balanço de massa em regime permanente:

$$\sum_i \dot{m}_i = \sum_e \dot{m}_e$$

Valanço de energia em regime permanente:

$$0 = \dot{Q}_{\text{cv}} - \dot{W}_{\text{cv}} + \sum_i \dot{m}_i \left(h_i + \frac{V_i^2}{2} + gz_i \right) - \sum_e \dot{m}_e \left(h_e + \frac{V_e^2}{2} + gz_e \right)$$

Balanço de entropia em regime permanente:

$$0 = \sum_j \frac{\dot{Q}_j}{T_j} + \sum_i \dot{m}_i s_i - \sum_e \dot{m}_e s_e + \dot{\sigma}_{\text{cv}}$$

Eficiência isentrópica – Turbina:

$$\eta_t = \frac{\dot{W}_{\text{cv}}/\dot{m}}{(\dot{W}_{\text{cv}}/\dot{m})_s}$$

Eficiência isentrópica – Compressor e bomba:

$$\eta_c = \frac{(-\dot{W}_{\text{cv}}/\dot{m})_s}{(-\dot{W}_{\text{cv}}/\dot{m})} \quad \eta_p = \frac{(\dot{W}_p/\dot{m})_s}{(\dot{W}_p/\dot{m})}$$

Razão de Trabalho reverso:

$$b_{\text{WR}} = \frac{\dot{W}_p/\dot{m}}{\dot{W}_c/\dot{m}}$$

Eficiência do Ciclo Rankine:

$$\eta = \frac{\dot{W}_t/\dot{m} - \dot{W}_p/\dot{m}}{\dot{Q}_{\text{in}}/\dot{m}} \quad \eta = \frac{\dot{Q}_{\text{in}}/\dot{m} - \dot{Q}_{\text{out}}/\dot{m}}{\dot{Q}_{\text{in}}/\dot{m}} = 1 - \frac{\dot{Q}_{\text{out}}/\dot{m}}{\dot{Q}_{\text{in}}/\dot{m}}$$

Trabalho de bomba:

$$\left(\frac{\dot{W}_p}{\dot{m}} \right)_{\text{int}} \approx v_3(p_4 - p_3)$$