

## Trabalho Máquinas Térmicas I

Objetivo: Determinar os métodos de elevar a eficiência em ciclos de potência a vapor e empregar os conceitos de combustão para verificar o fluxo de combustível, o fluxo de poluentes e o valor gasto por kW desenvolvido.

1. Ciclos a serem analisados (todos operam em regime permanente e possuem bombas e turbinas adiabáticas):
  - a. Ciclo Rankine ideal
    - i. Sem superaquecimento ( $x_1 = 1$ )
    - ii. Pressão da caldeira (Pressão de Alta): 9 MPa
    - iii. Pressão do condensador (Pressão de Baixa): 100 kPa
  - b. Ciclo Rankine real
    - i. Sem superaquecimento ( $x_1 = 1$ )
    - ii. Eficiência isentrópica da bomba: 0,90
    - iii. Eficiência isentrópica da turbina: 0,85
    - iv. Pressão da caldeira (Pressão de Alta): 9 MPa
    - v. Pressão do condensador (Pressão de Baixa): 100 kPa
  - c. Ciclo Rankine real com superaquecimento
    - i. Temperatura na saída da caldeira: 600°C
    - ii. Eficiência isentrópica da bomba: 0,90
    - iii. Eficiência isentrópica da turbina: 0,85
    - iv. Pressão da caldeira (Pressão de Alta): 9 MPa
    - v. Pressão do condensador (Pressão de Baixa): 100 kPa
  - d. Ciclo Rankine real com reaquecimento e superaquecimento
    - i. Temperatura na saída da caldeira: 600°C
    - ii. Eficiência isentrópica de cada estágio da bomba: 0,90
    - iii. Eficiência isentrópica de cada estágio da turbina: 0,85
    - iv. Pressão de reaquecimento (intermediária): 1 MPa
    - v. Temperatura após o reaquecimento: 500 °C
    - vi. Pressão da caldeira (Pressão de Alta): 9 MPa
    - vii. Pressão do condensador (Pressão de Baixa): 100 kPa
  - e. Ciclo Rankine real com aumento da pressão da caldeira
    - i. Sem superaquecimento ( $x_1 = 1$ )
    - ii. Eficiência isentrópica da bomba: 0,90
    - iii. Eficiência isentrópica da turbina: 0,85
    - iv. Pressão da caldeira (Pressão de Alta): 12 MPa
    - v. Pressão do condensador (Pressão de Baixa): 100 kPa
  - f. Ciclo Rankine real com superaquecimento e aumento na pressão da caldeira
    - i. Temperatura na saída da caldeira: 600°C
    - ii. Eficiência isentrópica da bomba: 0,90
    - iii. Eficiência isentrópica da turbina: 0,85
    - iv. Pressão da caldeira (Pressão de Alta): 12 MPa
    - v. Pressão do condensador (Pressão de Baixa): 100 kPa
  - g. Ciclo Rankine real com reaq., superaquecimento e aumento na pressão da caldeira
    - i. Temperatura na saída da caldeira: 600°C

- ii. Eficiência isentrópica de cada estágio da bomba: 0,90
- iii. Eficiência isentrópica de cada estágio da turbina: 0,85
- iv. Pressão de reaquecimento (intermediária): 1 MPa
- v. Temperatura após o reaquecimento: 500 °C
- vi. Pressão da caldeira (Pressão de Alta): 12 MPa
- vii. Pressão do condensador (Pressão de Baixa): 100 kPa
- h. Ciclo Rankine real regenerativo aberto
  - i. Temperatura na saída da caldeira: 600°C
  - ii. Eficiência isentrópica da bomba: 0,90
  - iii. Eficiência isentrópica da turbina: 0,85
  - iv. Pressão da caldeira (Pressão de Alta): 12 MPa
  - v. Pressão do regenerador (Pressão intermediária): 1 MPa
  - vi. Pressão do condensador (Pressão de Baixa): 100 kPa
- i. Ciclo Rankine real com reaquecimento e superaquecimento
  - i. Temperatura na saída da caldeira: 600°C
  - ii. Eficiência isentrópica de cada estágio da bomba: 0,90
  - iii. Eficiência isentrópica de cada estágio da turbina: 0,85
  - iv. Pressão do regenerador (Pressão intermediária): 1 MPa
  - v. Temperatura após o regenerador: 230 °C
  - vi. Pressão da caldeira (Pressão de Alta): 12 MPa
  - vii. Pressão do condensador (Pressão de Baixa): 100 kPa

2. Combustíveis a serem considerados:

- a. Etanol ( $C_2H_6O$ ) com 4% de umidade.  $Custo = \frac{R\$1,99}{litro} \cdot \rho = 790 \frac{kg}{m^3}$ .
- b. Gasolina com 28% de etanol hidratado (a 4%).  $Custo = \frac{R\$2,89}{litro} \cdot \rho = 720 \frac{kg}{m^3}$ .
- c. Gás Natural:  $CH_4=91,8\%$ ,  $C_2H_6=5,58\%$ ,  $C_3H_8=0,97\%$ ,  $C_4H_{10}=0,05\%$ ,  $C_5H_{12}=0,1\%$ ,  $N_2=1,42\%$ ,  $CO_2=0,08\%$ .  $Custo = \frac{R\$1,699}{m^3} \cdot \rho = 0,6946 \frac{kg}{m^3}$ .

3. Para cada ciclo citado no item 1, calcular:

- a.  $\dot{W}_{líq}$
- b.  $\dot{Q}_{cald}$
- c.  $\eta_{ciclo}$
- d.  $\dot{m}_{etanol}$
- e.  $\dot{m}_{gasolina}$
- f.  $\dot{V}_{gn}$
- g.  $\dot{m}_{CO_2 \rightarrow etanol}$
- h.  $\dot{m}_{CO_2 \rightarrow gasolina}$
- i.  $\dot{m}_{CO_2 \rightarrow gn}$  (utilize a massa específica do ar para conversão)
- j.  $R\$/kW_{etanol}$
- k.  $R\$/kW_{gasolina}$
- l.  $R\$/kW_{gn}$

4. O trabalho deve conter:
  - a. Capa;
  - b. Contra capa;
  - c. Introdução;
  - d. Objetivos;
  - e. Metodologia;
  - f. Fundamentação teórica / Memorial de cálculos (equações a serem utilizadas);
  - g. Resultados (numéricos e gráficos);
  - h. Conclusão: importante! Discutir os resultados sob o ponto de vista técnico, econômico e ambiental.
  
5. Observações:
  - a. Entrega no dia 30/09 durante a aula;
  - b. Peso de 10% na primeira nota;
  - c. Planilha está no FTP;
  - d. Dúvidas pelo email: [strobels@ufpr.br](mailto:strobels@ufpr.br) .

Atenciosamente,

Strobel