



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

TMEC-001 Cálculo Numérico

Professor **Luciano Kiyoshi Araki**

(sala 7-30/Lena-2, lucianoaraki@gmail.com, fone: 3361-3126)

Internet: [http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/TMEC001/Prof.Luciano\\_Araki](http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/TMEC001/Prof.Luciano_Araki)

### Trabalho Computacional (2019/1)

#### INSTRUÇÕES GERAIS:

- A seguir, são apresentados duas propostas de trabalhos computacionais. Cada grupo pode escolher um dos projetos para solucionar.
- O trabalho computacional pode ser feito em grupos de até 4 integrantes.
- Apresentar no relatório final qual o tema escolhido e explicar a forma de solução adotada, bem como os item pedidos em cada problema.

#### OPÇÃO 01:

4.3) Vargas e Florea (1994) desenvolveram um estudo de análise cinemática e termodinâmica de um novo motor rotativo que utiliza um mecanismo de cilindroides de seção elíptica assimétrica. A Figura Pj4.3 mostra um diagrama esquemático do mecanismo rotativo do motor proposto. Para a realização de uma análise termodinâmica, é necessário a determinação do volume do espaço de trabalho para cada posição  $\alpha$  do ângulo da manivela. Para tanto, é preciso resolver um sistema de equações não-lineares para o motor rotativo de cilindróides a fim de determinar as coordenadas cartesianas de cada ponto chave do espaço (área) de trabalho mostrado na Fig. Pj4.3 para cada posição  $\alpha$ , que são reunidas em um vetor de incógnitas  $\vec{u} = (x_0, y_0, x_{C_1}, y_{C_1}, x_{C_2}, y_{C_2}, x_1, y_1, x_2, y_2)$ . Assim, o sistema a ser resolvido é representado em forma compacta por  $\vec{g}(\vec{u}) = 0$ . Com base na Geometria Analítica, escrevem-se as equações que constituem esse sistema como se segue:

$$g_1 = x_0 \sin \alpha - y_0 \cos \alpha = 0 \quad (1)$$

$$g_2 = (y_{C_1} - y_0)(y_{C_2} - y_0) + (x_{C_1} - x_0)(x_{C_2} - x_0) = 0 \quad (2)$$

$$g_3 = \frac{x_1^2}{a^2} + \frac{y_1^2}{b^2} - 1 = 0 \quad (3)$$

$$g_4 = (x_1 - x_{C_1})^2 + (y_1 - y_{C_1})^2 - r^2 = 0 \quad (4)$$

$$g_5 = \frac{x_2^2}{a^2} + \frac{y_2^2}{b^2} - 1 = 0 \quad (5)$$

$$g_6 = (x_2 - x_{C_2})^2 + (y_2 - y_{C_2})^2 - r^2 = 0 \quad (6)$$

$$g_7 = x_0^2 + y_0^2 - d^2 = 0 \quad (7)$$

$$g_8 = y_1 \left[ x_1 \left( \frac{b^2}{a^2} - 1 \right) + x_{C_1} \right] - y_{C_1} x_1 \frac{b^2}{a^2} = 0 \quad (8)$$

$$g_9 = (x_{C_1} - x_0)^2 + (y_{C_1} - y_0)^2 - (y_{C_2} - y_0)^2 - (x_{C_2} - x_0)^2 = 0 \quad (9)$$

$$g_{10} = y_2 \left[ x_2 \left( \frac{b^2}{a^2} - 1 \right) + x_{C_2} \right] - y_{C_2} x_2 \frac{b^2}{a^2} = 0 \quad (10)$$

O sistema apresenta 10 equações com 10 incógnitas, que deve resolvido dentro do intervalo de  $0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$ .

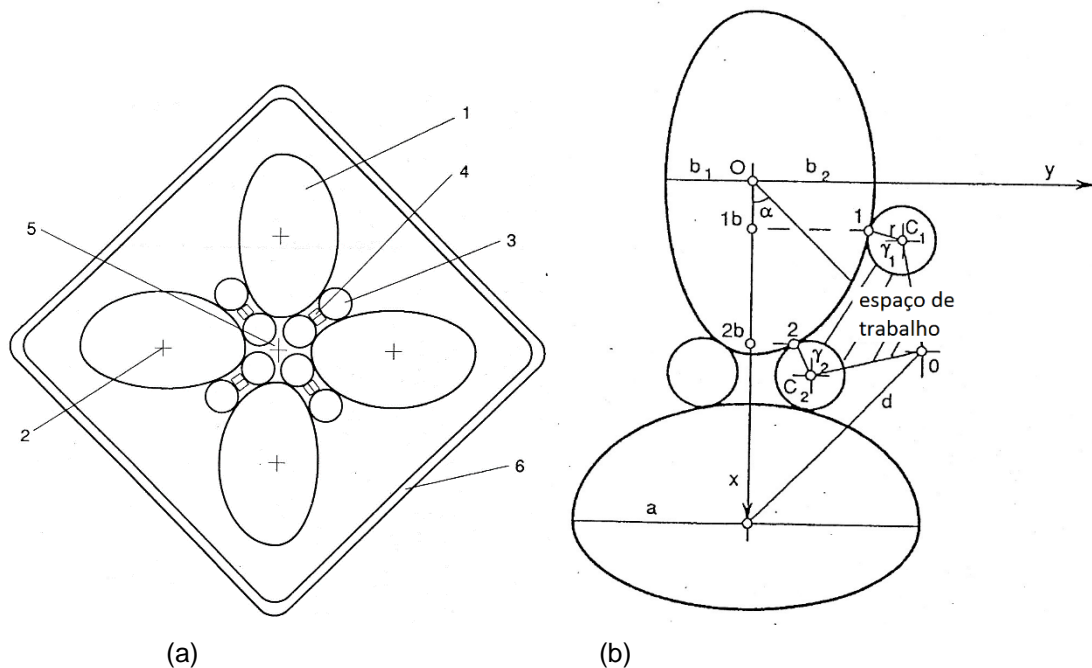


Figura Pj4.3 – a) 1-cilindróide; 2-eixo do cilindroide; 3-cilindro de vedação; 4-mola; 5-volume de trabalho, e 6-caixa de montagem, e b) Parâmetros geométricos, espaço de trabalho e sistema de coordenadas local.

Para obter suas primeiras soluções, utilize os seguintes parâmetros geométricos:  $a = 8,5$ ;  $d = 11,1$ ;  $r = 1,3$ , e  $b_1 = b_2 = b = 6,5$  (cilindroides simétricos). A seguir, novas soluções podem ser obtidas para outras configurações possíveis, i.e., tal que sejam satisfeitas as restrições cinemáticas do mecanismo rotativo, i.e., os cilindros de vedação não se interceptem, e a distância entre as elipses seja sempre menor do que  $2r$  e maior do que  $0$ .

Pede-se:

1. Apresentar gráficos do comportamento de  $\bar{u} \times \alpha$ , i.e.:  $X_0 \times \alpha, Y_0 \times \alpha, X_{C_1} \times \alpha, Y_{C_1} \times \alpha, X_{C_2} \times \alpha, Y_{C_2} \times \alpha, X_1 \times \alpha, Y_1 \times \alpha, X_2 \times \alpha, e Y_2 \times \alpha$ , e
2. Calcule o volume do espaço de trabalho para cada posição  $\alpha$  do ângulo da manivela,  $V(\alpha)$ , usando uma altura conhecida para os cilindróides,  $h$ . Apresente um gráfico  $V \times \alpha$ , para  $-180^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$ , bem como diferentes valores da razão entre os eixos menores das elipses, i.e.,  $\frac{b_1}{b_2} = 1; 0,85 e 0,708$ , usando  $b_2 = 6,5$ .

Obs:

1. Apresente um relatório do seu trabalho (título, resumo, introdução, teoria, resultados e discussão, e conclusões), com todos os programas computacionais escritos no apêndice, e
2. Recomenda-se utilizar aritmética de dupla precisão em seus cálculos.

## **OPÇÃO 02:**

4.4) Vargas et al. (1996) desenvolveram um estudo de otimização termodinâmica de refrigeradores alimentados por energia solar. A Figura Pj4.4 mostra um esquema simplificado com os principais componentes do sistema. Um modelo matemático endoreversível (sistema internamente reversível, somente irreversibilidades externas, i.e., nas trocas de calor) adimensional, tendo como base o diagrama da Fig. Pj4.5, foi escrito para o sistema como se segue:

$$\tilde{Q}_H = B(\tau_{st} - \tau_H) \quad (1)$$

$$\tilde{Q}_H = y(\tau_H - \tau_{HC}) \quad (2)$$

$$\tilde{Q}_0 = (1 - y - z)(\tau_{st} - \tau_H) \quad (3)$$

$$\tilde{Q}_L = z(\tau_L - \tau_{LC}) \quad (4)$$

$$\frac{\tilde{Q}_H}{\tau_{HC}} + \frac{\tilde{Q}_L}{\tau_{LC}} = \frac{\tilde{Q}_0}{\tau_{0C}} \quad (5)$$

$$\tilde{Q}_H + \tilde{Q}_L = \tilde{Q}_0 \quad (6)$$

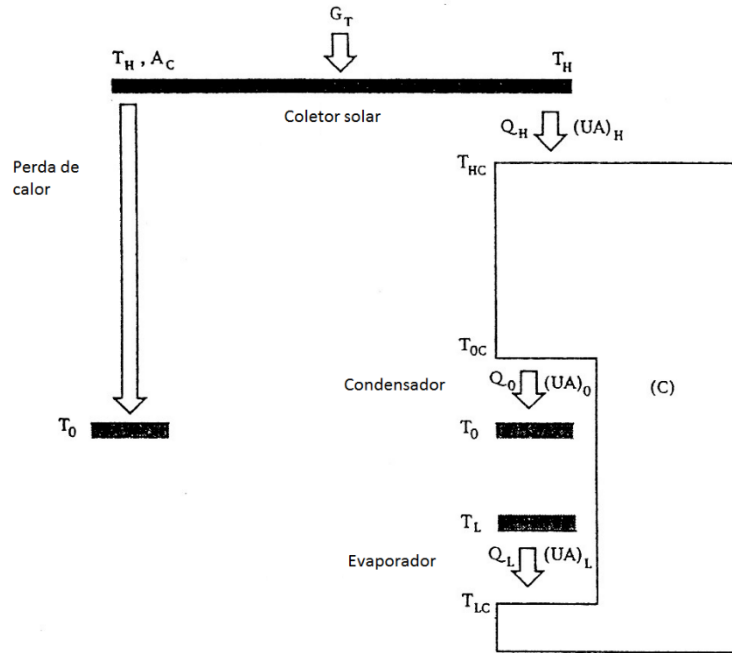


Figura Pj4.4 – Diagrama esquemático de um modelo com irreversibilidades de transferência de calor para um refrigerador alimentado por energia solar irreversível com perda de calor para o ambiente.

As incógnitas são:  $\tilde{Q}_L$ ,  $\tilde{Q}_0$ ,  $\tau_{0C}$  e  $\tau_{LC}$ . Os parâmetros de projeto e operação são:  $B$ ,  $\tau_{st}$ ,  $\tau_H$ ,  $y$ ,  $z$  e  $\tau_L$  (temperatura adimensional desejada para a câmara fria).

Utilize  $B = 0,4; 0,8$  e  $1$ ;  $\tau_{st} = 1,5$ ;  $\tau_H \in [1,34; 1,5]$ ;  $y = z = 0,25$ , e  $\tau_L = 0,9$ .

Pede-se resolver numericamente o sistema de equações definido pelas Eqs. (3) – (6) para o conjunto de parâmetros fornecido. Para tanto, inicialmente, usando os valores estabelecidos para  $\tau_{st}$  e  $\tau_H$ , combine as Eqs. (1) e (2) para obter  $\tau_{HC}$ .

Utilize o seguinte conjunto de valores iniciais:  $\tilde{Q}_L = 0,01$ ;  $\tilde{Q}_0 = 0,02$ ;  $\tau_{0C} = 1,1$  e  $\tau_{LC} = 0,85$ .

Apresente gráficos do comportamento do efeito refrigerante,  $\tilde{Q}_L$ , em relação à variação de  $\tau_H \in [1,34; 1,5]$ , mostrando que existe  $\tau_{H,ótimo}$  tal que  $\tilde{Q}_L$  é máximo.

Obs:

1. Apresente um relatório do seu trabalho (título, resumo, introdução, teoria, resultados e discussão, e conclusões), com todos os programas computacionais escritos no apêndice, e
2. Recomenda-se utilizar aritmética de dupla precisão em seus cálculos.

**Prazo de entrega: 17 de junho de 2019 (segunda-feira) às 18:30**