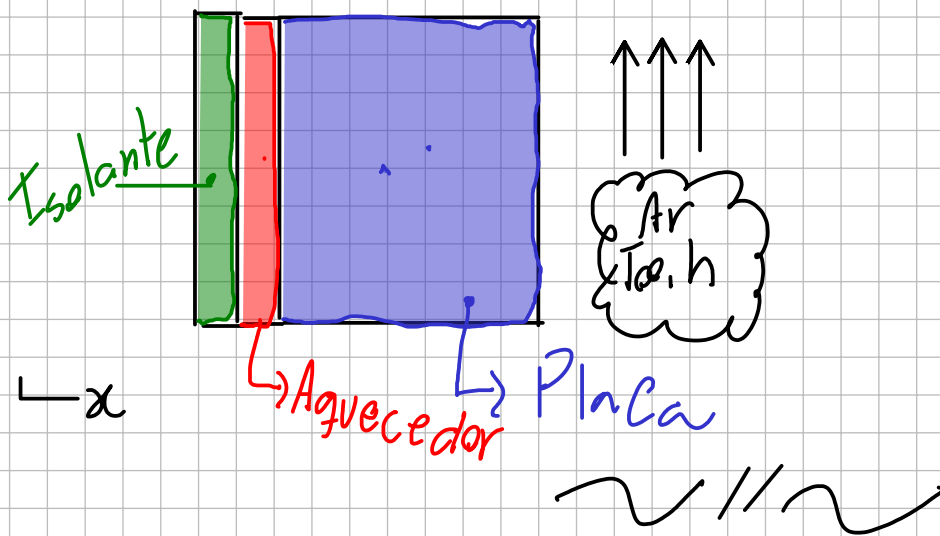


# Lista 5

5.1

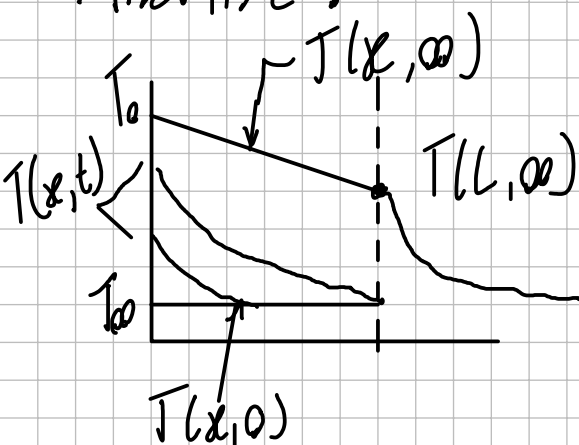
Esquema:



Considerações:

- Condução uni-dimensional;
- Propriedades constantes;
- Perda de calor por radiação desprezível;

Análise:



$$q_x'' = -k \frac{dT}{dx} \Big|_{x=0} =$$

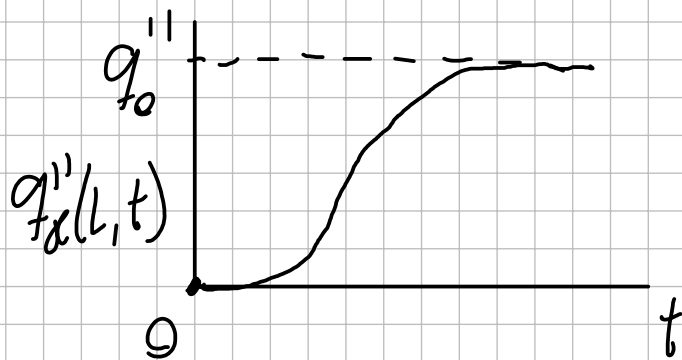
(a) Como  $q_x''$  é cte

$$-k \frac{dT}{dx} \Big|_{x=0} = cte$$

Note que  $T_0 = T(0, \infty)$ , neste caso:

$$q_0'' = \frac{-k T_0 - T(L, \infty)}{L} = h [T(L, \infty) - T_0]$$

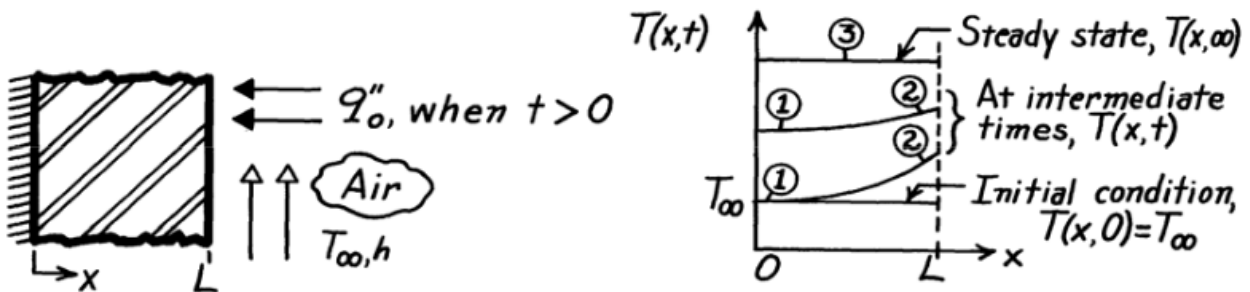
b) O fluxo térmico na superfície  $x=L$  é dado por  $q_x''(L, t) = -k \frac{dT}{dx} \big|_{x=L}$ .  
A partir da dist. de temp. podemos construir o gráfico de fluxo térmico:



## 5.2

Esquema:

SCHEMATIC:



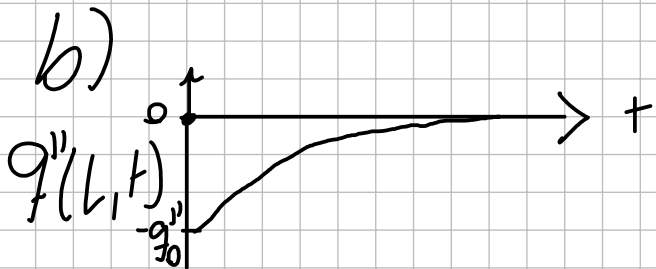
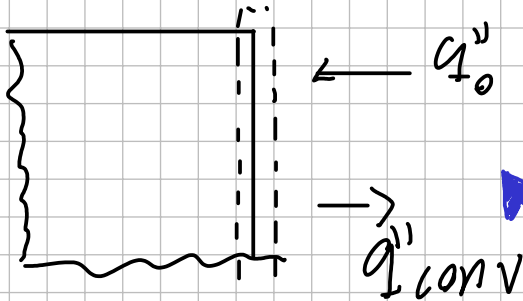
Considerações:

- Condução 1D.
- Propriedades constantes

- Sem geração interna de energia;
- Superfície  $x=0$  perfeitamente isolada;
- Radiação desprezível;

Análise:

- (1) Por causa do isolante  $-k \frac{dT}{dx} \Big|_{x=0} = 0$ ,
- (2) O gradiente é maior para momentos iniciais;
- (3)  $q_0'' = q_{t \text{ conv}}'' = h[T(L, \infty) - T_\infty]$



Condições de contorno:

$$T(x, 0) = T_\infty \quad \text{temp. unif. inicial}$$

$$-k \frac{dT}{dx} \Big|_{x=0} = 0 \quad \text{Isolado em } x=0$$

$$-k \frac{dT}{dx} \Big|_{x=L} = h[T(L, t) - T_\infty] - q_0'' \quad \text{Balanço de energia na superfície}$$

5.3

Dados iniciais:

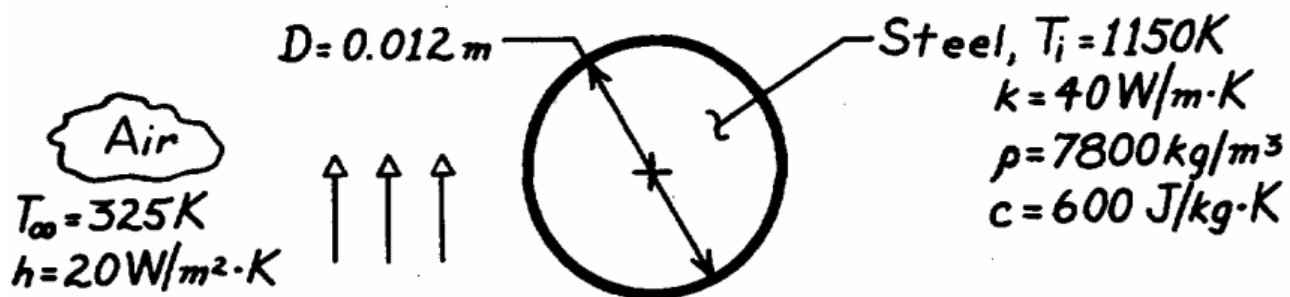
$D = 12 \text{ mm}$ ;  $T_{\text{ag}} = 1150 \text{ K}$ ;  $T_{\text{res}} = 400 \text{ K}$ ;  $T_{\infty} = 325 \text{ K}$ ;  
 $h = 20 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$ ;  $k = 40 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ ;  $\rho = 7800 \text{ kg/m}^3$ ;  
 $c = 600 \text{ J/kg K}$

Achar:

• Tempo p/ resfriar

Esquema:

SCHEMATIC:



Considerações:

- Radiação desprezível;
- Prop. Cte;

Análise:

Aplicando Eq. 5.10 a uma esfera  
 $L_c = r_o/3$ ;

$$Bi = \frac{h L_c}{k} = 0,001$$

$$\frac{4}{3} \left( \frac{D}{2} \right)^3 = \frac{D^3}{8}$$

Como  $B_1 < 0,1$ , podemos aplicar o método da cap. global. Das Eq. 5.4 e 5.5 temos:

$$t = \frac{\rho V c_p}{h A_s} \ln \frac{\theta_i}{\theta_o} = \frac{\rho \left( \frac{\pi D^3}{6} \right) c_p}{h \pi D^2} \ln \frac{\theta_i}{\theta_o} \therefore$$

$$t = 1722 \text{ s} = 0.312 \text{ h}$$

5.16

Dados iniciais:

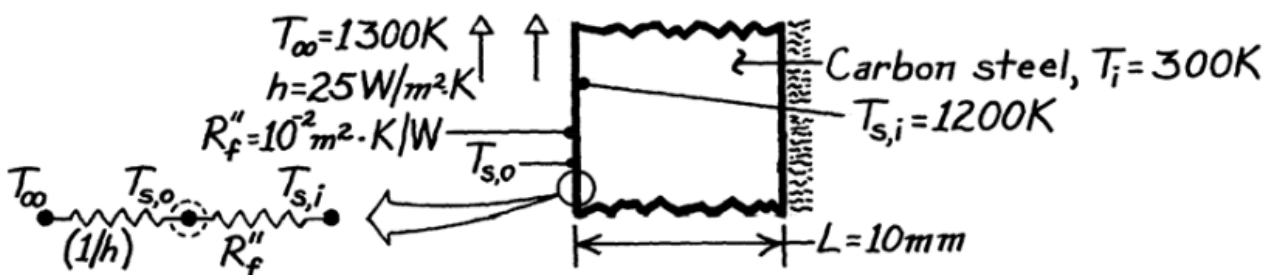
$k = 60 \text{ W/m}^2\text{K}$ ;  $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$ ;  $c = 430 \text{ J/kg K}$ ;  
 $L = 10 \text{ mm}$ ;  $R_{t_{fc}}'' = 0,01 \text{ m}^2\text{K/W}$ ;  $T_{\infty} = 1300 \text{ K}$ ;  
 $T_i = 300 \text{ K}$ ;  $T_{s,i} = 1200 \text{ K}$ ;

Achar:

Tempo p/ atingir temp;

Esquema:

SCHEMATIC:



## Considerações:

- Prop. Cte
- Capacitância global desprezível
- Radiação desprezível

## Análise:

O coef. global de trans. cal. é dado por:

$$U = \frac{1}{R_{tot}''} = \left( \frac{1}{h} + R_{t,c}'' \right)^{-1} = 20 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

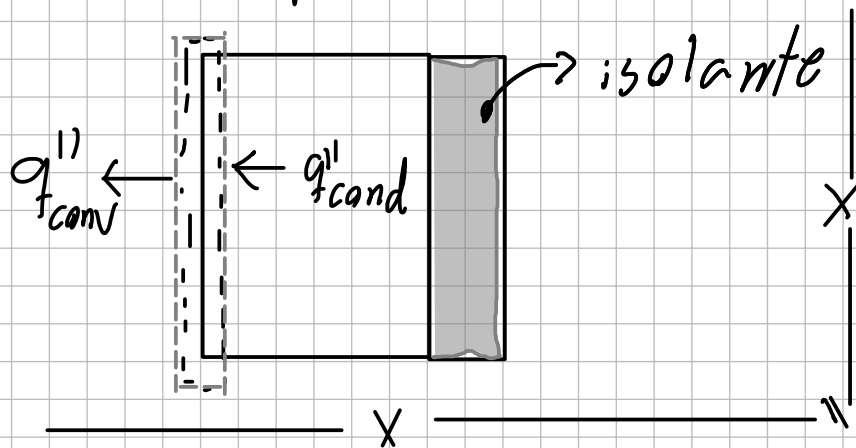
## Então:

$$Bi = \frac{U l}{k} = 0,003 < 0,1$$

Método da Cap. glob:

$$a) t = \frac{\rho L c}{U} \ln \frac{\theta_i}{\theta} = 3886 \text{ s}$$

b) Realizando um balanço de energias na sup. externa  $s_o$ :


$$h(T_{\infty} - T_{s,o}) = \frac{T_{s,o} - T_{s,i}}{R_{t,c}''}$$
$$T_{s,o} = \frac{h T_{\infty} + T_{s,i} / R_{t,c}''}{h + \frac{1}{R_{t,c}''}}$$

$t = 1220 \text{ K}$  ~~1,1~~ ~~5~~

5.18

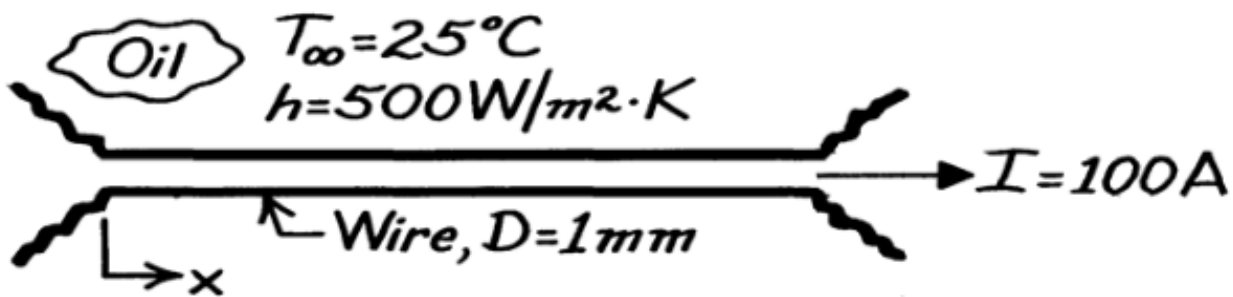
Dados:

$D = 1 \text{ mm}; T_{\infty} = 25^{\circ}\text{C}; R_e' = 0,01 \Omega/\text{m}; I = 100 \text{ A};$   
 $h = 500 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}); \rho = 8000 \text{ kg}/\text{m}^3; c = 500 \text{ J}/\text{kg K};$   
 $K = 20 \text{ W}/\text{m}^2 \text{ K};$

Achar:

- Temp. do fio para regime estacionário;
- Tempo p/ atingir  $1^{\circ}\text{C}$  a menos da Temp. em regime esta.;

Esquema:



Considerações:

- Propriedades  $\overline{cte}$ ;
- Temp. do fio uniforme em relação à  $x$ ;

Análise:

$$B_i = \frac{h(r_o/2)}{k} = 0,006 < 0,1$$

O método da capacitância global pode ser utilizado. Considerando reg. est.

$$q'_{ent} - q'_{sai} + q'_{tg} = 0 \quad \therefore \quad q'_{sai} = q'_{tg} \quad \therefore \quad \frac{\pi D h (T - T_\infty)}{2 \pi D L} = I^2 R_e$$

$$T = T_\infty + \frac{I^2 R_e}{\pi D h} = 88,7^\circ \text{C}$$

Sem radiação, a resposta transiente é governada pela eq a seguir:

$$\frac{d\theta}{dt} = b - a\theta = \frac{I^2 R_e}{\rho c_p (\pi D^2/4)} - \frac{4h}{\rho c_p D} \theta$$

Considerando  $T_i = 25^\circ \text{C}$  em  $t=0$ :

$$\frac{\theta - (I^2 R_e / \pi D h)}{\theta_i - (I^2 R_e / \pi D h)} = \exp\left(-\frac{4h}{\rho c_p D} t\right)$$

$$t = 8,31 \text{ s}$$

5.35

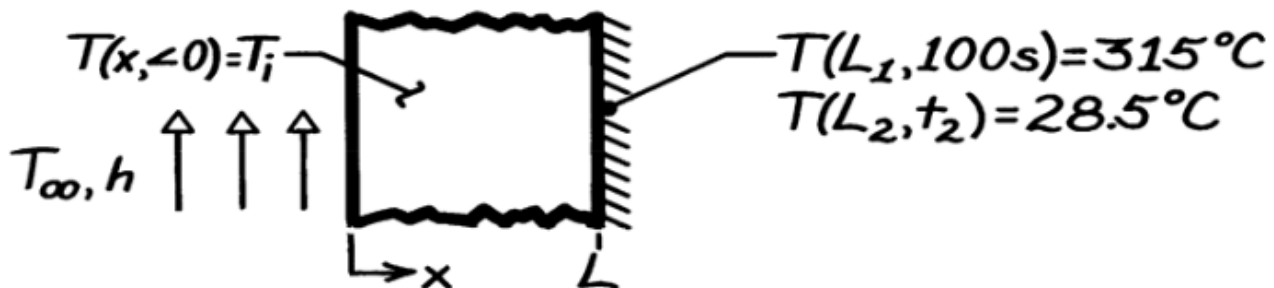
Dados:

$$t_1 = 100 \text{ s}; \quad T(L_1, t_1) = 315^\circ \text{C}; \quad T(L_2, t_2) = 28,5^\circ \text{C}$$



Caso	$L$ (m)	$\alpha$ (m <sup>2</sup> /s)	$k$ (W/(m·K))	$T_i$ (°C)	$T_\infty$ (°C)	$h$ (W/(m <sup>2</sup> ·K))
1	0,10	$15 \times 10^{-6}$	50	300	400	200
2	0,40	$25 \times 10^{-6}$	100	30	20	100

Esquema:



Considerações:

- Condutção uni. dim.;
- Prop. cte;

Análise:

Usando a dependência funcional adimensional da distribuição de temp. transientes temos:

$$\theta^* = \frac{T(x, t) - T_\infty}{T_i - T_\infty} = f(x^*, Bi, Fo)$$

Orde:

$$x^* = x/L; Bi = hL/k; Fo = \alpha t/L^2;$$

Caso  $x^*$ ,  $Bi$  e  $Fo$  forem iguais p/ os dois casos temos que  $\theta_1^* = \theta_2^*$ :

$$\left. \begin{array}{l} Bi_{1,1} = 0.40 \\ Bi_{1,2} = 0.40 \end{array} \right\} \begin{array}{l} x_1^* = 1 \\ x_2^* = 1 \end{array} \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \begin{array}{l} \theta_1^* = \frac{315 - 400}{300 - 400} = 0.85 \\ \theta_2^* = \frac{28.5 - 20}{30 - 20} = 0.85 \end{array}$$

Neste caso temos que:

$$F_{0,1} = F_{0,2} \therefore 1.563 \times 10^{-4} t_2 = 0.130$$

$$t_2 = 960 \text{ s}$$

5.40

Dados:

$$l = 200 \text{ mm}; \quad K = 45 \text{ W/m K}; \quad \rho = 7800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$T_i = 300^\circ\text{C}; \quad T_\infty = 700^\circ\text{C}; \quad h = 500 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Achar:

• Tempo para atingir  $t_{\min} = 530^\circ\text{C}$

Esquema: