FENÔMENOS DE TRANSPORTE II

TRANSFERÊNCIA DE CALOR DEQ0303

Condução Unidimensional em Regime Estacionário

Professor Osvaldo Chiavone Filho

CONDUÇÃO UNIDIMENSIONAL EM REGIME ESTACIONÁRIO

Distribuição de temperatura em uma parede plana

Partindo da equação de difusão do calor em coordenadas cartesianas, e levando em conta as condições de contorno.

a) unidimensional

b) regime estacionário sem geração/absorção de calor:

$$\boxed{\frac{\partial}{\partial x}\left(k\frac{\partial T}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(k\frac{\partial T}{\partial y}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left(k\frac{\partial T}{\partial z}\right)+\dot{q}=\rho Cp\frac{\partial T}{\partial t}}$$

$$\therefore$$

$$\boxed{\frac{\partial}{\partial x}\left(k\frac{\partial T}{\partial x}\right)=0}$$

Distribuição de temperatura em uma parede plana

Para obter uma solução geral integra-se duas vezes:

$$\boxed{T(x) = C_1 x + C_2}$$

fazendo x=0 e x=L, encontra-se $C_1 \; e \, C_2$

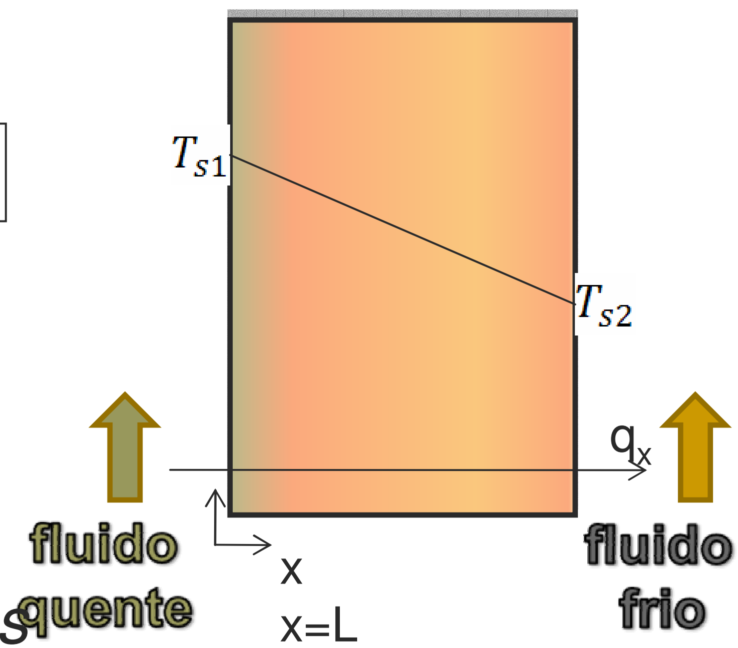
$$\boxed{T(0) = C_2 = T_{s1}}$$

$$\boxed{T(L) = C_1 L + C_2 = C_1 L + T_{S1} = T_{S2}}$$

$$\boxed{C_1 = \frac{T_{s2} - T_{s1}}{L}}$$

então, $T(x) = (T_{s2} - T_{s1})\dfrac{x}{L} + T_{s1}$

provando que a temperatura varia linearmente na direção x nas condições adotadas.



CONDUÇÃO UNIDIMENSIONAL EM REGIME ESTACIONÁRIO

Distribuição de temperatura em uma parede plana

Para a taxa de transferência usa-se a lei de Fourier:

$$q_x = -kA\frac{\partial T}{\partial x} = \frac{-kA}{L}(T_{s2} - T_{s1})$$

Onde A é a área da parede, normal à direção da transferência de calor. Para este caso, independe de x. Assim, o fluxo passa a ser:

$$q''_x = \frac{q_x}{A} = \frac{k}{L}(T_{s1} - T_{s2})$$

indicando que q''_x e q_x não dependem de x.

RESISTÊNCIA TÉRMICA

Em uma parede plana, a resistência para a condução térmica é:

$$R_{t,cond} = \frac{T_{s,1} - T_{s,2}}{q_x} = \frac{L}{k.A}$$

Pela Lei de Ohm, a resistência elétrica para a condução elétrica no sistema é:

$$R_e = \frac{E_{s,1} - E_{s,2}}{I} = \frac{L}{\sigma.A}$$

A resistência térmica para a convecção, a partir da Lei de Resfriamento de Newton, é:

$$R_{t,conv} = \frac{T_s - T_\infty}{q_x} = \frac{1}{h.A}$$

- Equações análogas.

Fig.3.1

RESISTÊNCIA TÉRMICA

Considerando regime estacionário (*dq/dt* constante) e transferência de calor unidimensional ($q = q_x$), tem-se:

$$q_x = q_{conv1} = q_{cond} = q_{conv2}$$

$$q_x = \frac{T_{\infty,1} - T_{s,1}}{1/h_1.A} = \frac{T_{s,1} - T_{s,2}}{L/k.A} = \frac{T_{s,2} - T_{\infty,2}}{1/h_2.A}$$

Para uma diferença de temperatura e resistência totais, ($T_{\infty,1} - T_{\infty,2}$) e R_{tot}:

$$q_x = \frac{T_{\infty,1} - T_{\infty,2}}{R_{tot}}$$

, onde:

$$R_{tot} = \frac{1}{h_1.A} + \frac{L}{k.A} + \frac{1}{h_2.A}$$

(resistências condutiva e convectivas em série)

RESISTÊNCIA TÉRMICA

Se a superfície estiver separada da grande vizinhança por um gás, a resistência térmica para a radiação é:

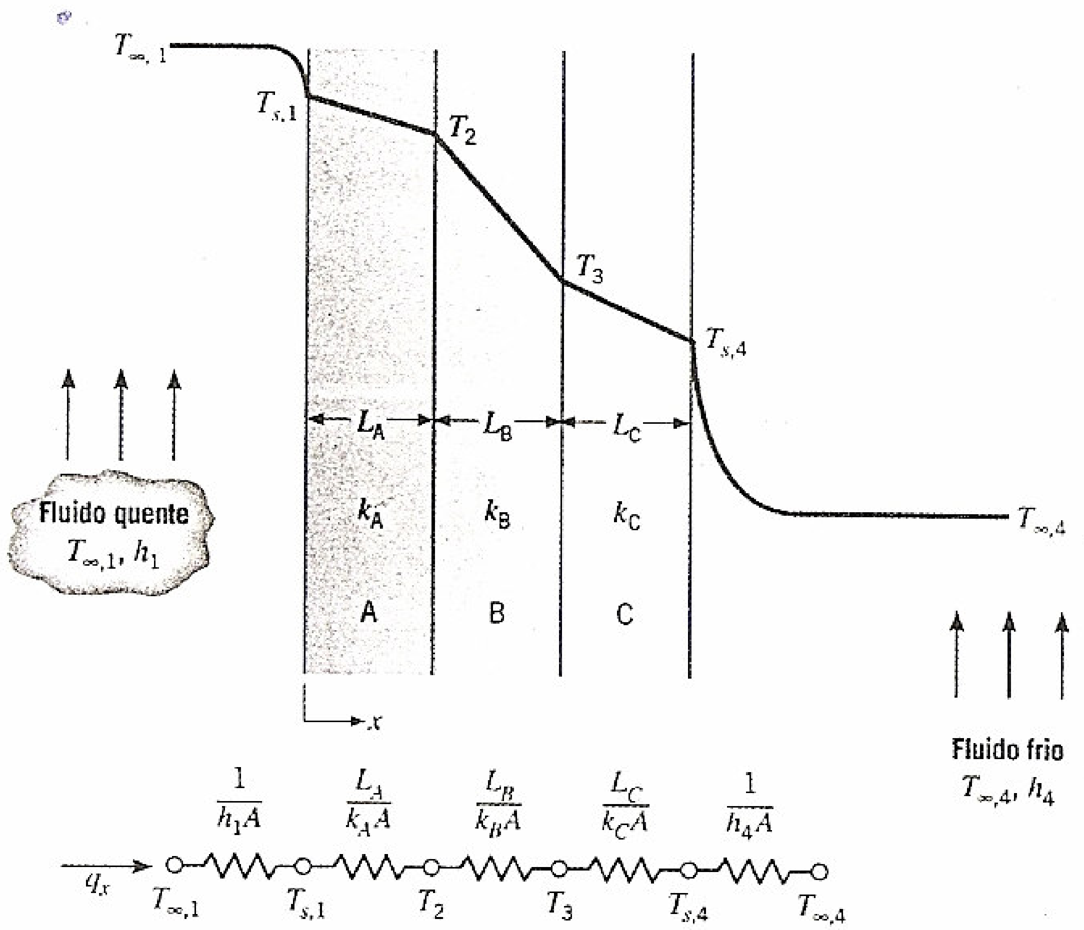
$$R_{t,rad} = \frac{T_s - T_{viz}}{q_{rad}} = \frac{1}{h_r . A}$$

As resistências convectiva e radiante atuam em paralelo, se $T_\infty = T_{viz}$, elas podem ser combinadas. No caso, supondo o resistor total em paralelo ao resistor de radiação:

$$R_{ef} = \frac{R_{t,rad} . R_{tot}}{R_{rad} + R_{tot}}$$

PAREDE COMPOSTA

- Envolve qualquer número de resistências térmicas em série e em paralelo devido as camadas de diferentes materiais para aplicar circuitos térmicos equivalentes.



PAREDE COMPOSTA

-Taxa de transferência de calor:

$$q_x = \frac{T_{\infty,1} - T_{\infty,4}}{\Sigma R_t}$$

Onde:

$T_{\infty,1} - T_{\infty,4}$ = Diferença de Temperatura total

ΣR_t = Somatório de todas as resistências térmicas

$$q_x = \frac{T_{\infty,1} - T_{\infty,4}}{[(1/h_1A) + (L_A/k_AA) + (L_B/k_BA) + (L_C/k_CA) + (1/h_4A)]}$$

- - Sistema composto:

$$q_x = \frac{T_{\infty,1} - T_{s,1}}{(1/h_1A)} = \frac{T_{s,1} - T_2}{(L_A/k_AA)} = \frac{T_2 - T_3}{(L_B/k_BA)} = \cdots$$

PAREDE COMPOSTA

- Resistência associada a cada elemento:
- Lei do esfriamento de Newton

$$q_x \equiv UA\,\Delta T$$

- U= Coeficiente global de temperatura de calor
- .

$$U = \frac{1}{R_{tot}A} = \frac{1}{[(1/h_1) + (L_A/k_A) + (L_B/k_B) + (L_C/k_C) + (1/h_4)]}$$

PAREDE COMPOSTA

- Resistência associada a cada elemento:
- Lei do esfriamento de Newton

$$q_x \equiv UA\,\Delta T$$

- U= Coeficiente global de temperatura de calor
- .

$$U = \frac{1}{R_{tot}A} = \frac{1}{[(1/h_1) + (L_A/k_A) + (L_B/k_B) + (L_C/k_C) + (1/h_4)]}$$

PAREDE COMPOSTA

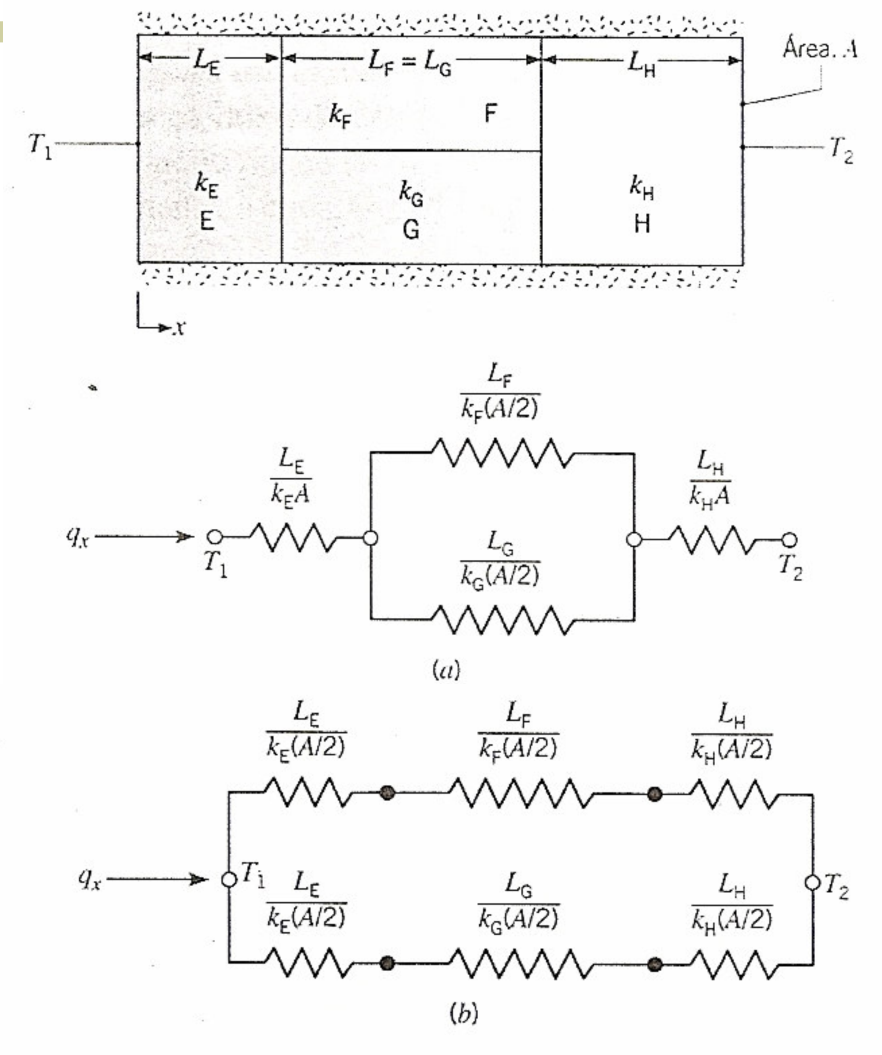


Fig. 3.3 Circuitos térmicos equivalentes para uma composição de uma parede em série-paralela.

PAREDE COMPOSTA

De forma geral, podemos escrever

$$R_{tot} = \sum R_t = \frac{\Delta T}{q} = \frac{1}{UA}$$

Paredes compostas também podem ser caracterizadas por configurações série-paralelas, conforme mostrado na Fig. 3.3. Embora o fluxo de calor seja agora multidimensional, é bastante razoável considerar condições unidimensionais. De acordo com essa consideração, dois circuitos térmicos diferentes podem ser utilizados. Para o caso (*a*) supõe-se que as superfícies normais à direção x são isotérmicas, enquanto no caso (*b*) supõe-se que as superfícies paralelas à direção x são adiabáticas. Resultados diferentes são obtidos para R_{tot} e os valores correspondentes de q agrupam a taxa real de transferência de calor. Essas diferenças aumentam com o aumento de $|k_F - k_G|$, conforme os efeitos multidimensionais se tornam mais significativos.