Transporte de Calor e Massa
Lista 1

Rafael Lima

September 29, 2016

Questão 1

(a)

Transiente pois $\frac{\delta T}{\delta t} \neq 0$

(b)

Unidimensional pois $\frac{\delta^2 T}{\delta y^2} = \frac{\delta^2 T}{\delta z^2} = 0$

(c)

Variável pois $\frac{\delta T}{\delta t} \neq 0$

Questão 2

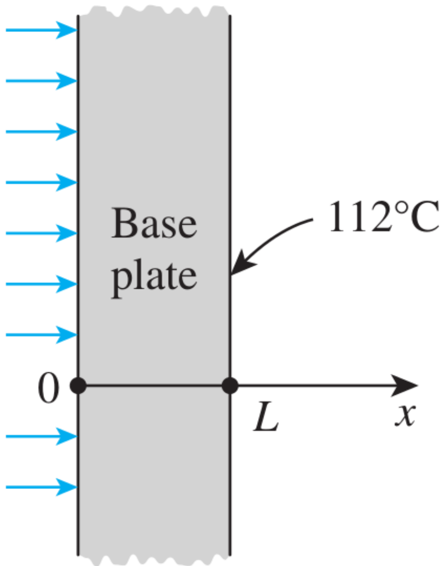
Condições de contorno são ... . Sendo necessário especificar apenas 2 condições de contorno para um problema de calor unidimensional.

Questão 3

Assumindo que o calor é distribuído uniformemente ao longo do fundo da panela e tomando a panela com formato de um cilíndro com base circular e com o diâmetro bem maior que a altura, podemos desconsiderar os efeitos da troca de calor das paredes na lateral da panela com a água e modelar, para uma primeira aproximação, o problema de maneira unidimensional, avaliando apenas as trocas de calor ocorridas na direção vertical. Desta forma temos:

$$\frac{d}{dt}Q = \frac{\pi h}{4} D^2 \left(-T_a + T_f\right) \tag{1}$$

Questão 4



(a)

Dado o calor fornedido pela resistência do ferro $\dot{Q}$, as temperaturas na parede interna e na superfície da base do ferro T_0 e T_f, a condutividade térmica no ferro k Pela lei de Fourier da condução de calor temos:

$$\dot{Q}(x) = \frac{d}{dt}Q = -Ak\frac{d}{dx}T \tag{2}$$

Isolando $\frac{d}{dx}T$:

$$\frac{\dot{Q}}{Ak} = \frac{d}{dx}T$$

(b)

Assumindo $\dot{Q}$ constante ao longo de todo o ferro e resolvendo a equação diferencial temos

$$T = -\left(\frac{\dot{Q}}{Ak}\right)x + T_0 \tag{3}$$

Em $x = 0$, temos $\dot{Q}(0) = 800.0\ W$, em $x = L$ temos $T(x = L) = T_f = 112.0°$ e a espessuara da placa $L = 0.006$. Logo, a partir da equação 4:

$$T(L) = -\left(\frac{\dot{Q}}{Ak}\right)L + T_0 = -\frac{800.0 \cdot 0.006}{60.0 \cdot 0.016} + T_0$$
$$T(L) = T_0 - 5.0$$

Isolando T_0 e substituindo o valor de $T(L)$:

$$T_0 = 833.3333L + T_f = 5.0 + 112.0 \Rightarrow T_0 = 117.0$$

Substituindo o valor de T_0 na equação 4, encontramos T(x):

$$T(x) = -5.0x + 117.0 \tag{4}$$

(c)

Questão 5

Considerando uma espessura L tal que $x = L$ e sabendo se que a temperatura $T(x) = 65x + 25$ e que $T(x = L) = 38°C$ temos que L será dado por:

$$L = \frac{T(x = L) - 25}{65} = \frac{(38) - 25}{65} \Rightarrow L = 0.2$$

Questão 6

Considerando $R_{cond} = \frac{L}{Ak}$ e $R_{conv} = \frac{1}{Ah}$ podemos modelar o sistema como duas resistências em série:

A partir do modelo temos que o fluxo de calor $\dot{Q}$ é

$$\dot{Q} = \frac{T_0 - T_{amb}}{R_{cond} + R_{conv}} = \frac{T_0 - T_{amb}}{\frac{L}{Ak} + \frac{1}{Ah}}$$

Logo, o valor de T_f pode ser encontrado por $T_f = \dot{Q}R_{conv}$ e portanto:

$$T_f = \frac{T_0 - T_{amb}}{Ah\left(\frac{L}{Ak} + \frac{1}{Ah}\right)} = \frac{k\,(T_0 - T_{amb})}{Lh + k} = 54.9725$$

$$T_f = \frac{60.0(80.0 - 25.0)}{0.002 \cdot 15.0 + 60.0} = 54.9725$$

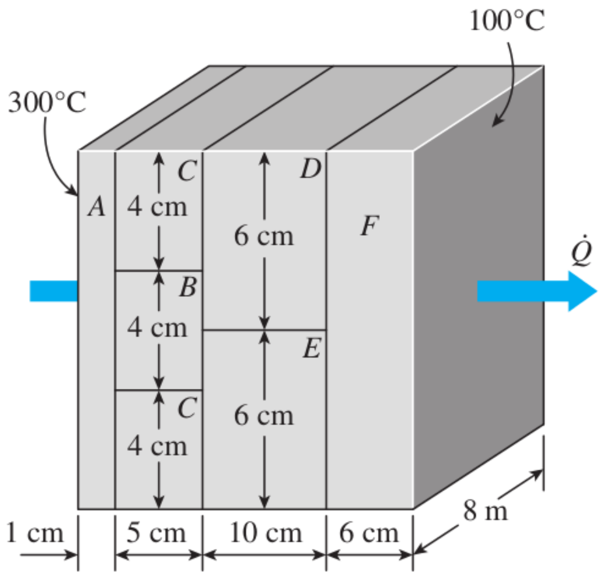
Questão 7

Considerando $R_{cond} = \frac{L}{Ak}$, $R_{conv} = \frac{1}{Ah}$ e $R_{rand} = \frac{1}{AE\delta\left(T_{amb}+T_f\right)\left(T_{amb}^2+T_f^2\right)}$ podemos modelar o sistema como duas resistências em série:

A partir do modelo temos que o fluxo de calor $\dot{Q}$ é

???????????

Questão 8



(a)

Com base na equação 2 e a partir dos valores da condutância, espessura e área podemos calcular a resistência térmica para cada uma das partes do bloco. Desta forma obtemos os valores relacionados na tabela 1

	$L\ [m]$	$A\ [m^2]$	$k\ [W/m°C]$	R_{cond}
A	0.001	0.096	2.0	0.0052
B	0.005	0.032	8.0	0.0195
C	0.005	0.032	20.0	0.0078
D	0.01	0.048	15.0	0.0139
E	0.01	0.048	35.0	0.006
F	0.006	0.096	2.0	0.0313

Table 1: Valores calculados para resistência térmica

Desta forma podemos avaliar a resistência do bloco como associação das resistências para cada uma das partes conforme a figura 1

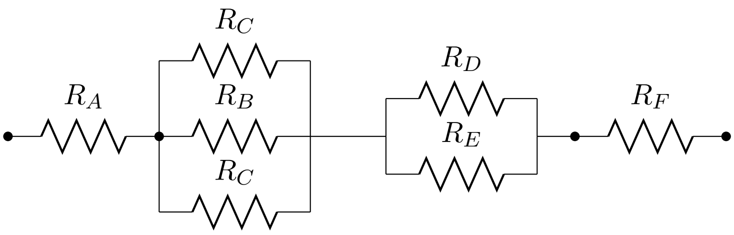


Figure 1: Circuito Equivalente

Definindo as resistências térmicas intermediárias R_1 e R_2, a partir das camadas formadas pelos materiais C, D e E temos:

$$R_1 = \frac{R_B R_C}{2R_B + R_C} = 0.0033$$

$$R_2 = \frac{R_D R_E}{R_D + R_E} = 0.0042$$

Deste modo, podemos definir a resistência térmica do bloco da parede como:

$$R_{eq_1} = R_A + R_1 + R_2 + R_F$$

$$R_{eq_1} = R_A + \frac{R_B R_C}{2R_B + R_C} + \frac{R_D R_E}{R_D + R_E} + R_F$$

$$R_{eq_1} = 0.0439$$

Para parede toda a resistência será $R_{eq} = R_{eq_1} \cdot (800cm)/(12cm) = 2.9253$. Logo, a partir da resistência térmica podemos calcular a taxa de transferência de calor $\dot{Q}$, para as temperaturas $T_1 = 300°C$ e $T_2 = 100°C$ nas superficies da parede:

$$\dot{Q} = \frac{(T_1 - T_2)}{R_{eq}} = \frac{(300 - 100)}{2.9253} = 68.368\ W$$

(b)

Assumindo a taxa de transferência de calor constante ao longo do bloco, a temperatura no ponto em que as seções B, D e E se encontram pode ser calculada como:

$$T_3 = T_1 - \dot{Q}(R_A + R_1)$$

$$T_3 = 300 - 68.368 \cdot (0.0052 + 0.0033) = 299.4214°C$$

(c)

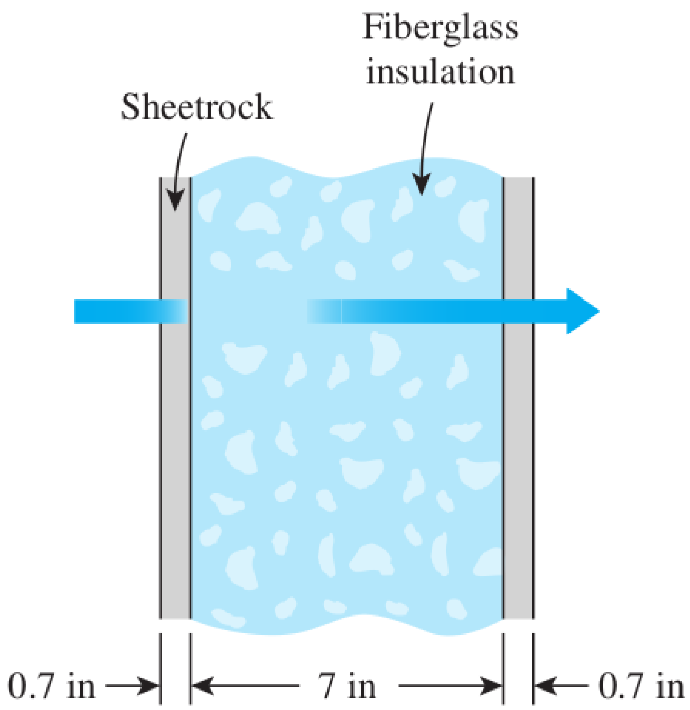
De maneira similar, a queda de temperatura ao longo do bloco F pode ser calculada como

$$\Delta T_f = \dot{Q} \cdot R_F = 68.368 \cdot 0.0313 = 2.1365°C$$

Questão 9

Ao modelar a troca de calor por meio de resistências elétricas, a convecção e a radiação são modelas como resistências em paralelo devido representarem as trocas ocorridas da superfície externa com o meio.

Questão 10



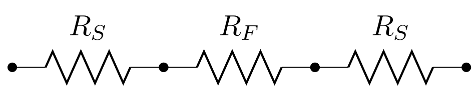
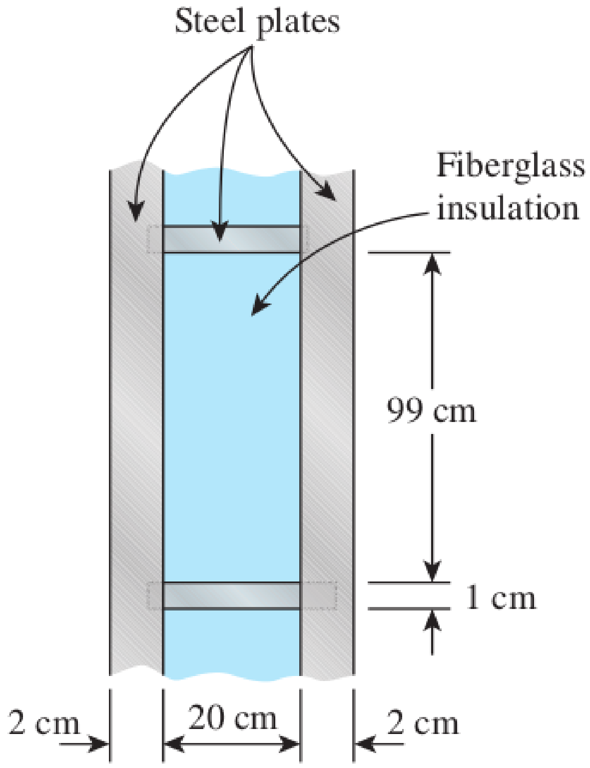


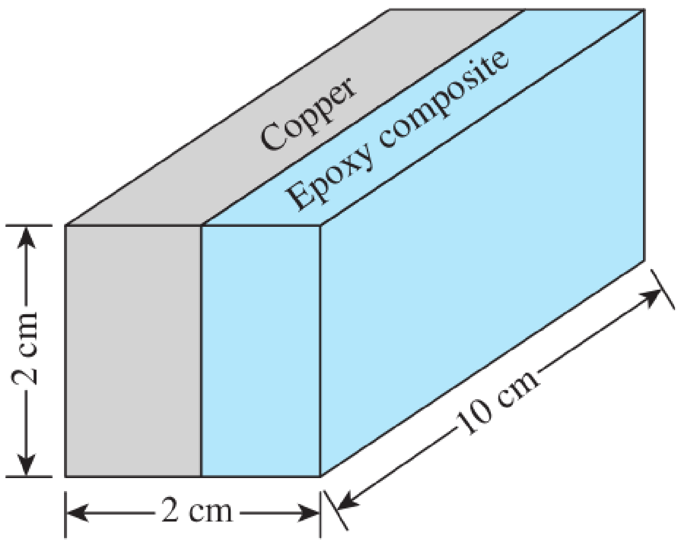
Figure 2: Circuito Equivalente

Questão 11



Questão 12

Questão 13



Questão 14

Questão 15