

Engenharias, São Judas – Unimonte
Transferência de Calor, Prof. Simões
Raio crítico

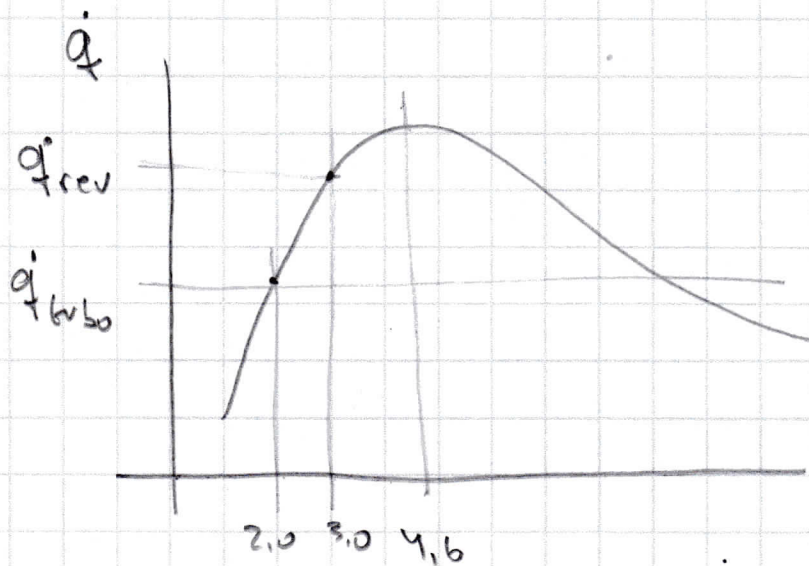
1. Um material isolante de condutividade $0,046 \text{ W/mK}$ e espessura $1,0 \text{ mm}$ é colocado externamente a um cilindro de $4,0 \text{ mm}$ de diâmetro externo, cuja superfície está a 60°C . O arranjo troca calor com ar ambiente e sabe-se que o coeficiente de convecção com o ar é de $10 \text{ W/m}^2\text{K}$. Analise se esse material isolante está atuando como um isolante térmico ou como um dissipador de calor.

$$r_c = \frac{k}{h} = \frac{0,046}{10} = 0,0046 \text{ m} = 4,6 \text{ mm}$$

$$r_{\text{tubo}} = 2,0 \text{ mm} < r_c$$

$$r_2 = 2,0 + 1,0 = 3,0 \text{ mm}$$

Portanto está atuando como dissipador



$$\dot{q}_{\text{revestido}} > \dot{q}_{\text{tubo sem revestimento}}$$

2. Um tubo de um material isolante com $k = 0,25 \text{ W/mK}$ e diâmetro interno de $2,5 \text{ cm}$, reveste um tubo metálico cuja temperatura externa é de 100°C . A temperatura ambiente é de 25°C e o coeficiente de película é de $10 \text{ W/m}^2\text{K}$. Considerando um comprimento unitário, (a) determine o raio crítico desse tubo isolante, e analise o resultado, (b) plote o gráfico $q \times r_2$ para o sistema, e (c) determine a espessura mínima do tubo, a partir da qual passa a diminuir o fluxo de calor.

$$(a) \quad r_c = \frac{k}{h} \Rightarrow r_c = \frac{0,25}{10} \Rightarrow r_c = 0,025 \text{ m} = 2,5 \text{ cm}$$

$$r_1 = 1,25 \text{ m} < r_c$$

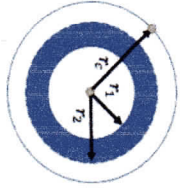
$$L = 1,0 \text{ m} ; \quad \Delta T = 75^\circ\text{C}$$

$$(b) \quad \dot{q} = \frac{2\pi L k \Delta T}{\ln \frac{r_2}{r_1} + \frac{k}{h r_2}} = \frac{2\pi \times 1,0 \times 0,25 \times 75}{\ln \frac{r_2}{1,25 \times 10^{-2}} + \frac{0,25}{10 \cdot r_2}}$$

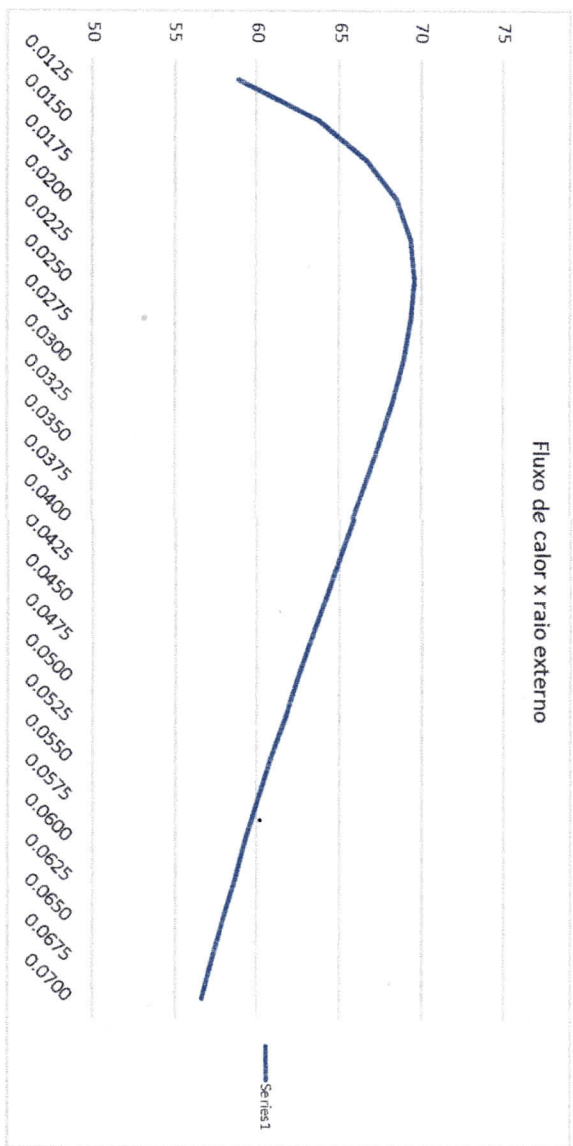
Gráfico anexo

Determinação do raio crítico

Comprimento	L	1,000 m
Condutividade	k	0,250 W/mK
Temperatura Interna	T1	100,000 °C
Temperatura externa	T2	25,000 °C
Diâmetro externo do tubo	r1	0,013 m
Coefficiente de película externo	h	10,000 W/m ² K



r2 (m)	q (W)
0,0125	58,9
0,0150	63,7
0,0175	66,7
0,0200	68,5
0,0225	69,3
0,0250	69,6
0,0275	69,4
0,0300	68,9
0,0325	68,3
0,0350	67,6
0,0375	66,7
0,0400	65,9
0,0425	65,0
0,0450	64,1
0,0475	63,3
0,0500	62,5
0,0525	61,6
0,0550	60,8
0,0575	60,1
0,0600	59,3
0,0625	58,6
0,0650	57,9
0,0675	57,3
0,0700	56,6



3. Um condutor elétrico é constituído por longo cilindro de cobre recoberto por uma camada de isolamento. O fio de cobre tem 3,0 mm de diâmetro. O isolamento tem uma temperatura máxima permissível de 90°C e uma condutividade térmica de 0,251 W/mK. O ar ambiente está a 25°C de temperatura média, com coeficiente de convecção de 15 W/m²K). Calcular a espessura do isolamento que permite a máxima perda de calor, bem como o calor dissipado.

$$r_c = \frac{k}{h} \Rightarrow r_c = \frac{0,0251}{15} \Rightarrow r_c = 1,67 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$r_i = 1,5 \text{ mm} < r_c = 1,67 \text{ mm}$$

$$\text{Máxima dissipação} \Rightarrow r_c = 1,67 \text{ mm}$$

$$(a) \quad L = 1,67 - 1,5 \Rightarrow L = 0,17 \text{ mm}$$

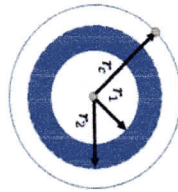
$$\dot{q} = \frac{2\pi L k \Delta T}{\ln \frac{r_2}{r_1} + \frac{k}{h r_2}}$$

$$\dot{q} = \frac{2\pi \cdot 1,0 \cdot 0,0251 \cdot (90 - 25)}{\ln \frac{1,67 \times 10^{-3}}{1,5 \times 10^{-3}} + \frac{0,0251}{15 \cdot 1,67 \times 10^{-3}}}$$

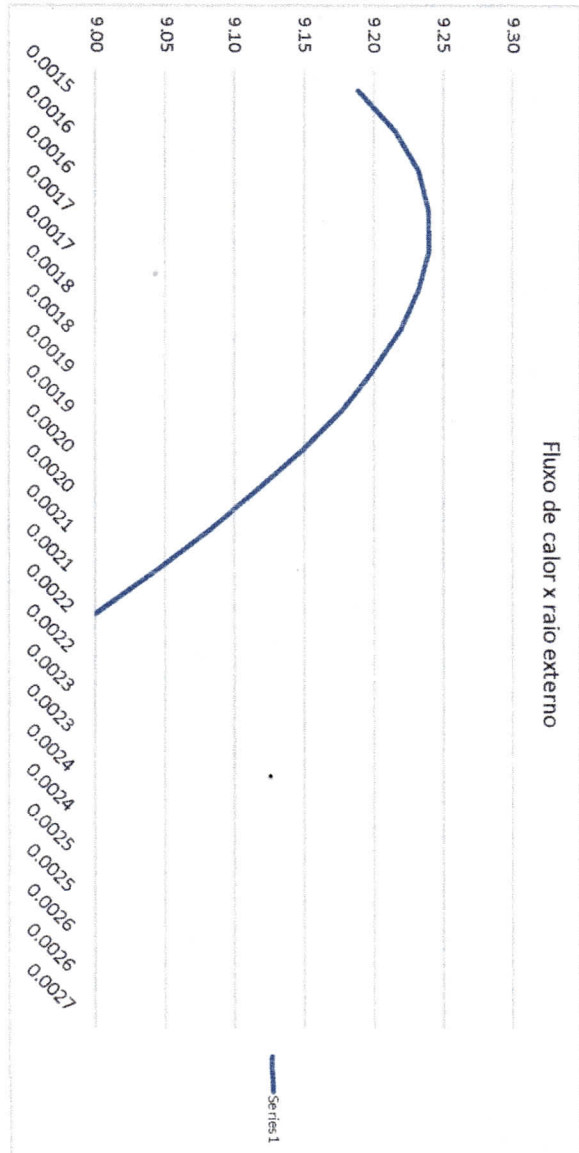
$$(b) \quad \dot{q} = 9,24 \text{ W}$$

Determinação do raio crítico

Comprimento	L	1,000 m
Condutividade	k	0,025 W/mK
Temperatura Interna	T1	90,000 °C
Temperatura externa	T2	25,000 °C
Raio externo do tubo	r1	0,0015 m
Coefficiente de película externo	h	15,000 W/m ² K



r2 (m)	q (W)
0,00150	9,19
0,00155	9,22
0,00160	9,23
0,00165	9,24
0,00170	9,24
0,00175	9,23
0,00180	9,22
0,00185	9,20
0,00190	9,18
0,00195	9,15
0,00200	9,12
0,00205	9,08
0,00210	9,05
0,00215	9,01
0,00220	8,96
0,00225	8,92
0,00230	8,88
0,00235	8,83
0,00240	8,78
0,00245	8,73
0,00250	8,69
0,00255	8,64
0,00260	8,59
0,00265	8,54



4. Um tubo de diâmetro ~~externo~~ ^{interno} 50 mm e espessura de 8 mm, escoo óleo e a temperatura interna do tubo é 90°C. Esse tubo deve ser recoberto por um isolante de amianto, com condutividade térmica $k = 0,15$ W/mK. Sendo o coeficiente de transferência de calor externo $h = 10$ W/m²K e a temperatura ambiente $T = 25^\circ\text{C}$. Determine (a) se é conveniente isolar o tubo e (b) a perda de calor por metro de tubo com 150 mm de espessura do isolante.

$$(a) \quad r_1 = 25 + 8 = 33 \text{ mm} = 3,3 \times 10^{-2} \text{ m} \quad \begin{array}{l} k = 0,15 \text{ W/mK} \\ h = 10 \text{ W/m}^2\text{K} \\ \Delta T = 65^\circ\text{C} \end{array}$$

$$r_c = \frac{k}{h} \Rightarrow r_c = \frac{0,15}{10} \Rightarrow r_c = 1,5 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$r_1 > r_c \therefore$ é conveniente isolar o tubo

$$(b) \quad \dot{q} = \frac{2\pi L k \Delta T}{\ln \frac{r_2}{r_1} + \frac{k}{hr_2}} \quad (\text{perda pelo isolante})$$

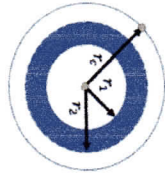
$$r_2 = 3,3 \times 10^{-2} + 0,15 \Rightarrow r_2 = 0,183 \text{ m}$$

$$\dot{q} = \frac{2\pi \times 1,0 \times 0,15 \times 65}{\ln \frac{0,183}{0,033} + \frac{0,15}{10 \cdot 0,183}}$$

$$\dot{q} = 34,1 \text{ W}$$

Determinação do raio crítico

Comprimento	L	1,000 m
Condutividade	k	0,150 W/mK
Temperatura interna	T1	90,000 °C
Temperatura externa	T2	25,000 °C
Raio externo do tubo	r1	0,0330 m
Coefficiente de película externo	h	10,000 W/m ² K



r2 (m)	q (W)
0,0050	55,04
0,0100	200,15
0,0150	289,59
0,0200	245,81
0,0250	190,03
0,0300	151,38
0,0350	125,69
0,0400	107,97
0,0450	95,20
0,0500	85,62
0,0550	78,18
0,0600	72,26
0,0650	67,42
0,0700	63,40
0,0750	60,00
0,0800	57,09
0,0850	54,57
0,0900	52,36
0,0950	50,41
0,1000	48,67
0,1050	47,11
0,1100	45,71
0,1150	44,43
0,1200	43,26
0,1250	42,20
0,1300	41,21
0,1350	40,31
0,1400	39,47
0,1450	38,68
0,1500	37,95
0,1550	37,27
0,1600	36,63
0,1650	36,03
0,1700	35,46
0,1750	34,93
0,1800	34,42
0,1850	33,94
0,1900	33,49
0,1950	33,05
0,2000	32,64
0,2050	32,25

