

- (a) O perfil de temperatura em função da espessura da parede na condição estacionária.
- (b) A temperatura no meio da parede (metade da espessura).
- (c) A quantidade de calor trocada através das paredes com o meio por  $m^2$ .

QUESTÃO 5 (3,5 pontos)

Considere um duto horizontal de diâmetro interno de 120 mm e espessura de parede igual a 10 mm. A condutividade térmica da parede é igual a  $1,2 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ . No interior do duto, tem-se a troca de calor com um escoamento interno com temperatura média de  $300^\circ\text{C}$ . O coeficiente de película no interior do duto é igual a  $50 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ . A fim de garantir o conforto térmico e segurança dos operadores que circulam próximo ao duto, a temperatura máxima da superfície externa do duto deve ser inferior a  $50^\circ\text{C}$ . A temperatura em uma região distante do duto é igual a  $25^\circ\text{C}$ . O coeficiente de película (convecção natural) na superfície externa do duto  $\bar{h}$  pode ser estimado por:

$$\frac{\bar{h}D}{k} = C Ra_D^n \quad (2)$$

sendo  $k$  a condutividade térmica do ar,  $D$  o diâmetro externo do duto e  $Ra_D$  é o número de Rayleigh. Os parâmetros  $n$  e  $C$  estão disponíveis na Tabela 1. O número de Rayleigh para um cilindro é dado por:

$$Ra_D = Gr_D Pr \quad (3)$$

sendo  $Gr_D$  e  $Pr$  os números de Grahof e Prandtl, respectivamente, avaliados na temperatura de filme.

Tabela 1: Constantes para convecção natural em cilindros horizontais.

$Ra_D$	$C$	$n$
$10^{-10} - 10^{-2}$	0.675	0.058
$10^{-2} - 10^2$	1.02	0.148
$10^2 - 10^4$	0.850	0.188
$10^4 - 10^7$	0.480	0.250
$10^7 - 10^{12}$	0.125	0.333

Pede-se:

- (a) Considere dois materiais A e B com condutividades térmicas iguais a  $0,08 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$  e  $2,6 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ , respectivamente. Esses materiais estão a sua disposição na forma de chapas com espessuras de 2 em 2 mm. Os materiais tem emissividades  $\epsilon_A = 0.90$  e  $\epsilon_B = 0.95$ . Os materiais podem ser combinados em diferentes camadas. Proponha uma configuração que resolva o problema.
- (b) Plote o perfil de temperaturas em função do raio para a solução proposta identificando as camadas de cada material.