UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
TMEC030 TRANSFERÊNCIA DE CALOR E MASSA
Prof. Luís Mauro Moura
Exercício

Aluno:____

Observações: *(a) A interpretação das questões faz parte da avaliação;*
(b) Todos os cálculos devem ser demonstrados, sob pena de anulação da questão;
*(c) Calculadora com **tela gráfica** não é permitida;*

QUESTÃO 1 (VALOR 35) Um gabinete refrigerado para aplicação alimentar é construído com paredes de isolante térmico, k=0,06 $Wm^{-1}K^{-1}$, com espessura, L, injetado entre duas placas de metal de espessura de 3 mm (k=30 $Wm^{-1}K^{-1}$). No lado interno a temperatura é mantida a -20°C com um coeficiente médio de convecção de h_i=4 $Wm^{-2}K^{-1}$ e o lado externo a 25°C e um coeficiente médio de convecção de h_e=15 $Wm^{-2}K^{-1}$. Observa-se que quando a temperatura da parede externa atinge 18°C ocorre o fenômeno da sudação que é a condensação na superfície. Considere uma área total de troca térmica do gabinete de 10 m^2. Determine:

a) (10 pontos) a espessura mínima de isolante para evitar a sudação neste produto. Nesta aproximação, desconsidere os efeitos das trocas radiativas. Nesta condição, quanto é a taxa total de calor transferida?

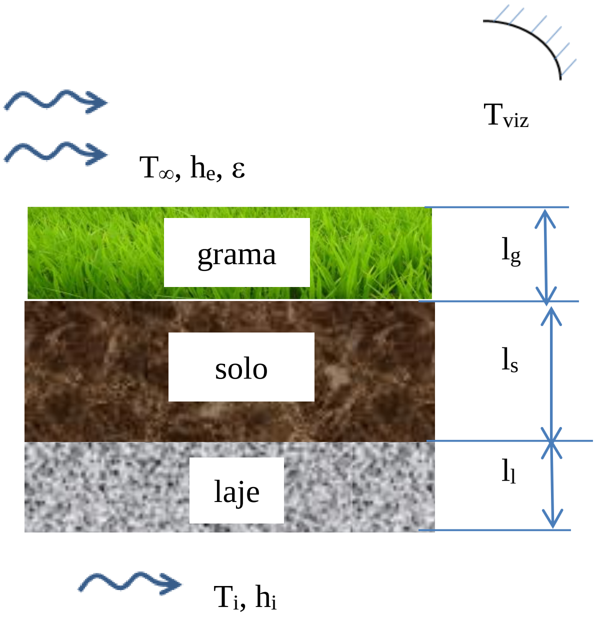
b) (10 pontos) a espessura mínima de isolante para evitar a sudação neste produto se considerar a radiação na parte externa, considerando T_{inf}=T_{viz} e a emissividade média igual 0,8. Nesta condição, quanto é a taxa total de calor transferida?

c) (15 pontos) uma maneira de se evitar sudação é instalar elementos aquecedores entre a placa metálica externa e o isolante térmico. Para as mesmas condições do item a (desconsiderando a radiação) e mesma espessura de isolante, determine a taxa total de calor transferida e a taxa de calor transferida internamente ao gabinete. Percentualmente, quanto será o aumento da capacidade de refrigeração do sistema a ser utilizado.

QUESTÃO 2 (VALOR 35)

Telhados verdes ou *ecotelhados* estão sendo cada vez mais empregados de maneira a reduzir a carga térmica do edifício pela irradiação solar. O balanço de energia exige também o conhecimento dos processos de transferência de energia nos vegetais e no solo.

Como uma primeira aproximação, considere o telhado de uma edificação horizontal de dimensões 8 m de largura e 15 m de comprimento. Suponha ar seco escoando a com um coeficiente de convecção médio de h_e= 20 W/(m^2 K) a uma temperatura de 40°C=T_∞=T_{viz}. Considere uma incidência solar de G"=600 W/m^2 (α=1) e a emissividade da superfície (grama) de 0,8. Assuma, conforme figura abaixo:



Espessura da grama, lg = 10 mm

k_g (condutividade equivalente do conjunto ar grama) = 0,1 W/(m K)

Espessura da camada do solo, ls= 200mm

k_t= (condutividade térmica do solo) = 2 W/(m K)

Espessura da laje, l_l= 150mm

k_l (condutividade térmica da laje) = 2 W/ (m K)
coeficiente de convecção médio interno de h_i= 20 W/(m^2 K)
Temperatura do ar interno, T_i = 25°C. Desconsiderar as trocas radiativas internas.

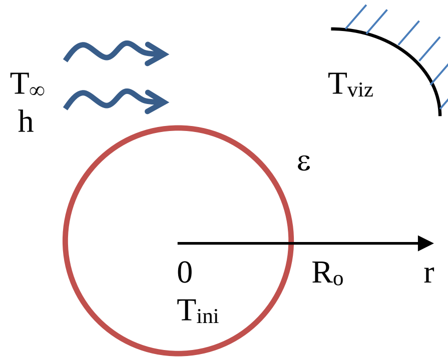
a) (15 pontos) Obtenha a taxa de transferência de calor pela cobertura considerando inicialmente que não há nem a grama nem o solo na cobertura (apenas a laje de concreto). Assuma a emissividade da laje como sendo também 0,8.

b) (10 pontos) Obtenha a taxa de transferência de calor pela cobertura considerando as três camada de materiais.

c) (10 pontos) Obtenha a taxa de transferência de calor pela cobertura considerando as três camada de materiais e que ainda a grama possui uma taxa de evaporação de 1 litro/(dia m^2).

Água v_l= 0,001001 m^3/kg; h_{lv}= 2438 kJ/kg

QUESTÃO 3 (VALOR 30)



Para a esfera metálica ilustrada na figura ao lado, inicialmente a temperatura, T_{ini}, inserida em um ambiente a T_∞ e temperatura da vizinhança, T_{viz} . Apresente, <u>sem resolver a equação</u>:

a) (15 pontos) A equação diferencial simplificada que melhor representa este problema. A partir da equação completa, fornecida no formulário, explique o motivo pelo qual cada termo está sendo desconsiderado.

b) (15 pontos) As condições de contorno que deveriam ser usadas para resolver este problema.

Formulário: PV=MRT δW=Pd*V* $\gamma = c_p / c_v$ c_p-c_v=R δQ-δW=*dU* *du*=c_v*dT*

$q_{rad} = \varepsilon A \sigma (T_1^4 - T_2^4)$, $\sigma = 5{,}67.10^{-8}$ W/(m^2.K^4) $q_{latente} = \dot{m} h$ $q_{sensível} = m c_p \dfrac{dT}{dt}$ $q_{cond} = kA\dfrac{(T_a - T_b)}{L}$

$q_{conv} = hA(T_s - T_\infty)$ $q'' = -k\dfrac{\partial T}{\partial n}$ Expansão de Taylor $f_{x+dx} = f_x + \dfrac{df}{dx}dx$

Coef. global em paralelo: $\dfrac{1}{R_{total}} = \dfrac{1}{R_r} + \dfrac{1}{R_{conv}}$; $h_r = \varepsilon\sigma(T + T_{viz})(T^2 + T_{viz}{}^2)$

Balanço de Energia: $\dot{E}_e - \dot{E}_s + \dot{E}_g = \dot{E}_{ac} = \rho V c \dfrac{dT}{dt}$

Coordenadas cartesianas:

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

Coordenadas cilíndricas:

$$\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(kr\frac{\partial T}{\partial r}\right) + \frac{1}{r^2}\frac{\partial}{\partial \phi}\left(k\frac{\partial T}{\partial \phi}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(k\frac{\partial T}{\partial z}\right) + \dot{q} = \rho . c_p \frac{\partial T}{\partial t}$$

Coordenadas esféricas:

$$\frac{1}{r^2}\frac{\partial}{\partial r}\left(kr^2\frac{\partial T}{\partial r}\right) + \frac{1}{r^2 sen^2\theta}\frac{\partial}{\partial \phi}\left(k\frac{\partial T}{\partial \phi}\right) + \frac{1}{r^2 sen\theta}\frac{\partial}{\partial \theta}\left(k\, sen\theta\frac{\partial T}{\partial \theta}\right) + \dot{q} = \rho . c_p \frac{\partial T}{\partial t}$$