Condução de calor em elementos combustíveis tipo placa

Elemento combustível tipo placa:

Placa composta por um núcleo contendo U_3Si_2 revestida por metal (alumínio).

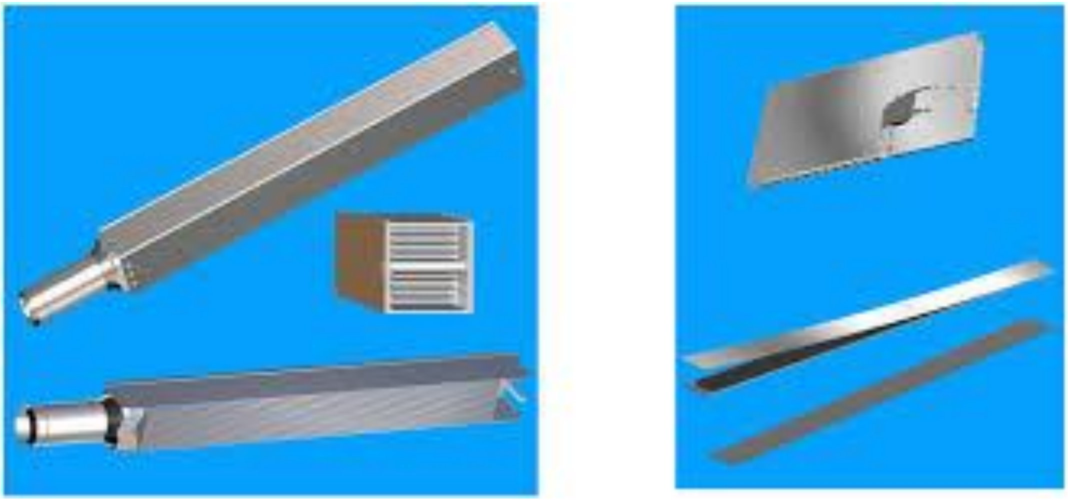


Figura 1 – Elemento combustível tipo placa.

- Problema unidimensional; dimensões em Y e Z muito maiores que em X.
- Seção transversal constante e dissipação uniformemente distribuída.
- Plano médio adiabático

Equação de Condução Geral em Coordenadas Cartesianas

Suponha que uma placa de combustível esteja operando com uma taxa uniforme de geração de calor (q ''').

O combustível é revestido em finas folhas metálicas, com contato perfeito entre o combustível e o revestimento conforme mostrado na Fig 1.

A placa combustível é resfriada por um fluido que escoa em contato com a parede externa (cladding).

Se a placa de combustível for fina e se estender nas direções y e z consideravelmente mais do que na direção x, a equação de condução de calor.

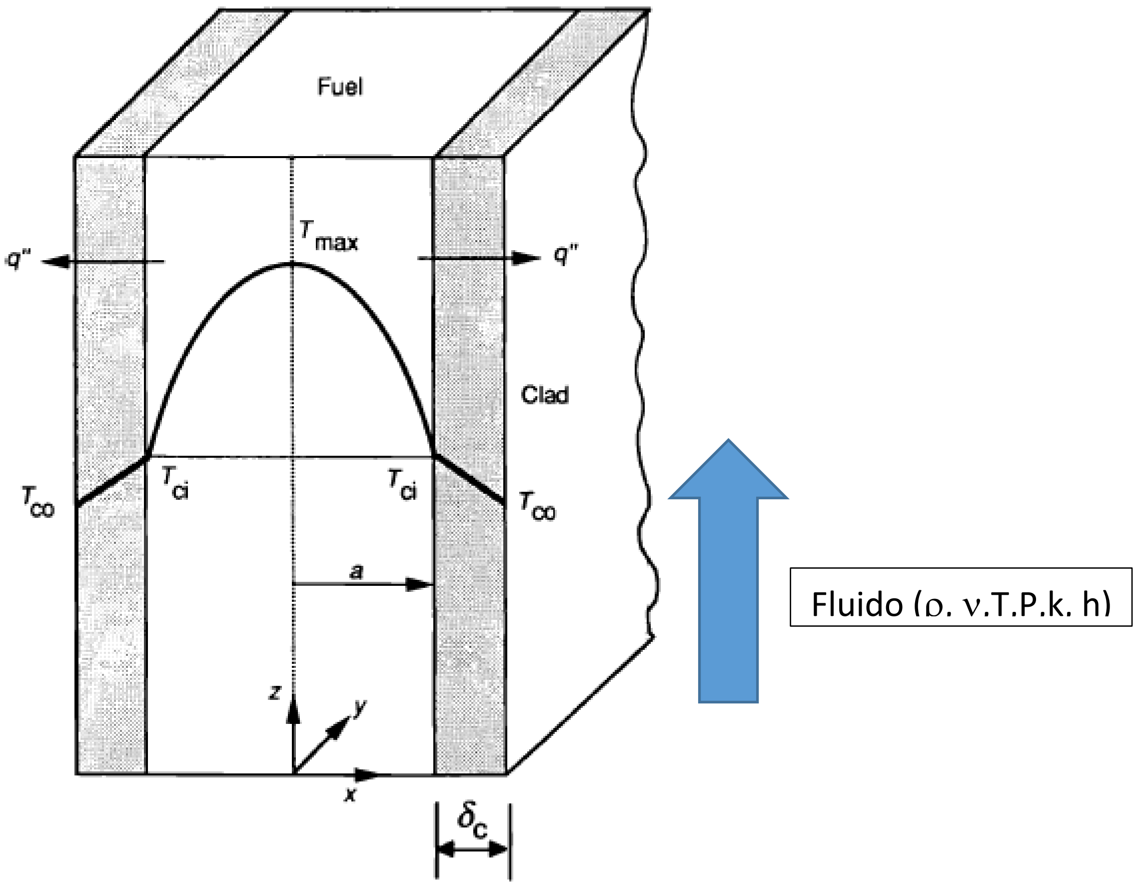
$$\frac{\partial}{\partial x} k \frac{\partial T}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} k \frac{\partial T}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z} k \frac{\partial T}{\partial z} + q''' = 0$$

(Eq. 01)

A equação pode ser simplificada assumindo que a condução de calor nas direções Y e Z é desprezível, ou seja ,

$$k \frac{\partial T}{\partial y} \simeq k \frac{\partial T}{\partial z} \simeq 0$$

(Eq. 02)



Portanto, precisamos apenas resolver a equação unidimensional.

Observe que q " é igual ao calor gerado na linha de centro da placa de combustível. Assim:

$$q'' = q''' a$$
(Eq. 03)

Portanto, a queda da temperatura na parede interna do combustível também pode ser obtida substituindo (q'''a) e reorganizando o resultado:

$$T_{ci} = T_{max} - q'' \frac{a}{2k}$$
(Eq. 04)

A temperatura na parede externa do combustível (*cladding*) é dada por:

$$T_{co} = T_{max} - q'' \left(\frac{a}{2k} + \frac{\delta_c}{k_c}\right)$$
(Eq. 05)

A temperatura no fluido é dada por:

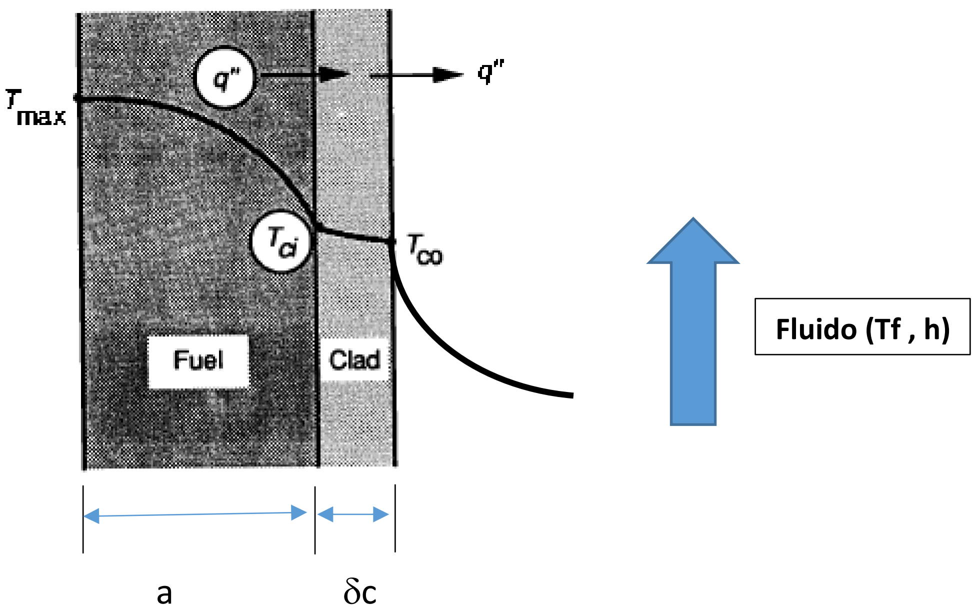
$$T_f = T_{max} - q'' \left(\frac{a}{2k} + \frac{\delta_C}{k_C} + \frac{1}{h}\right)$$ (Eq. 06)

Dessa maneira, pode-se determinar os perfis de temperaturas (1D; Reg. permanente) ao longo do elemento combustível até o fluido.

Exercício:

Seja um reator nuclear de pesquisa cujo núcleo é composto por 20 elementos combustíveis tipo placa de U_3Si_2 (3 gU/cm^3), sendo que cada elemento combustível é composto por 20 placas. A potência térmica total gerada é de 5 MW_t.

As dimensões de cada placa combustível externa são (0,150 cm x 7,50 cm) por 82,50 cm de altura.



Os dados do problema são:

a = 0,05 cm

δc = 0,025 cm

q''' = 12,5 kW/m^3

k $_{U_3Si_2}$ = 110 W/mK

k$_{Al}$ = 204 W/mK

h$_{H2O}$ = 80 W/m^{2}K

Determine:

1) As temperaturas Tmax, Tci e Tco para Tf = 38 ^oC;

2) As temperaturas Tmax, Tci e Tco para Tf = 42 ^oC;

3) A temperatura Tf para uma Tmax = 350 ^oC e h$_{H2O}$ = 120 W/m^{2}K