

Dados:

Considerar a temperatura de entrada do fluido no núcleo 30°C.

$$K_A = 0,61 \text{ W/m.K}$$

$$\rho_A = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\mu_A = 1,003 \times 10^{-3} \text{ Pa.s ou [Kg/(m.s)] (viscosidade dinâmica)} \longrightarrow v_A = \mu/\rho$$

$$C_{pA} = 4,18 \text{ kJ/kg.K}$$

$$K_C = 35 \text{ W/m.K}$$

$$K_R = 180 \text{ W/m.K}$$

Retomando aula anterior:

Encaminhamento da análise:

O núcleo é constituído de 25 EC e todos com a mesma potência.

Para uma potência de operação de 5 MW temos:

$$\text{Potência por elemento combustível: } 5.000.000 \text{ W} / 25 \text{ EC} = 200.000 \text{ W/EC}$$

Cada EC possui 18 placas combustíveis, portanto 11.111,11 W/placa

Área de troca de calor de cada placa combustível (Tabela1)

Fuel Meat Dimensions (mm)	0.76 x 62.6 x 600
---------------------------	-------------------

$$A_t = 62 * 600 * 2 = 74.400 \text{ mm}^2 = 744 \text{ cm}^2 = 74,4 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

Qual o Fluxo de calor?

$$q'' = 14,93 \text{ W/cm}^2 = 149.342,88 \text{ W/m}^2$$

Velocidade: (Tabela 1)

Coolant Flow Rate (m ³ /h)	Total: 772 , one FE: 22.8 Core Flow: 22.8 x 24 =547.2 Bypass: 224.8	
Thickness of water channel (mm)	2.89	

Total Width of the plates (mm)	67.1	
--------------------------------	------	--

V= Vazão/área

$$\text{Área} = 67,1 * 2,89$$

MODELO TÉRMICO

PRINCIPAIS HIPÓTESES :

Condução de calor transversal(placas)

Convecção (revestimento/fluido)

Transporte entálpico ao longo do canal

Despreza-se :

Condução de calor axial nas placas e fluido

Devido a simetria do problema pode-se considerar um canal de resfriamento e duas meia placas conforme a Figura 13

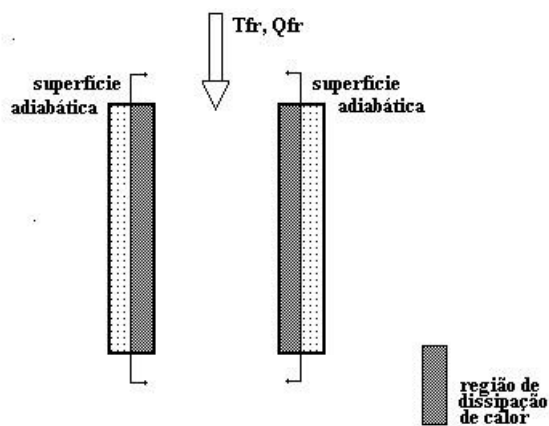


Figura 1 Modelo térmico de um canal

A temperatura do fluido ao longo do canal aumenta com a remoção do calor das placas combustíveis (transporte entálpico).

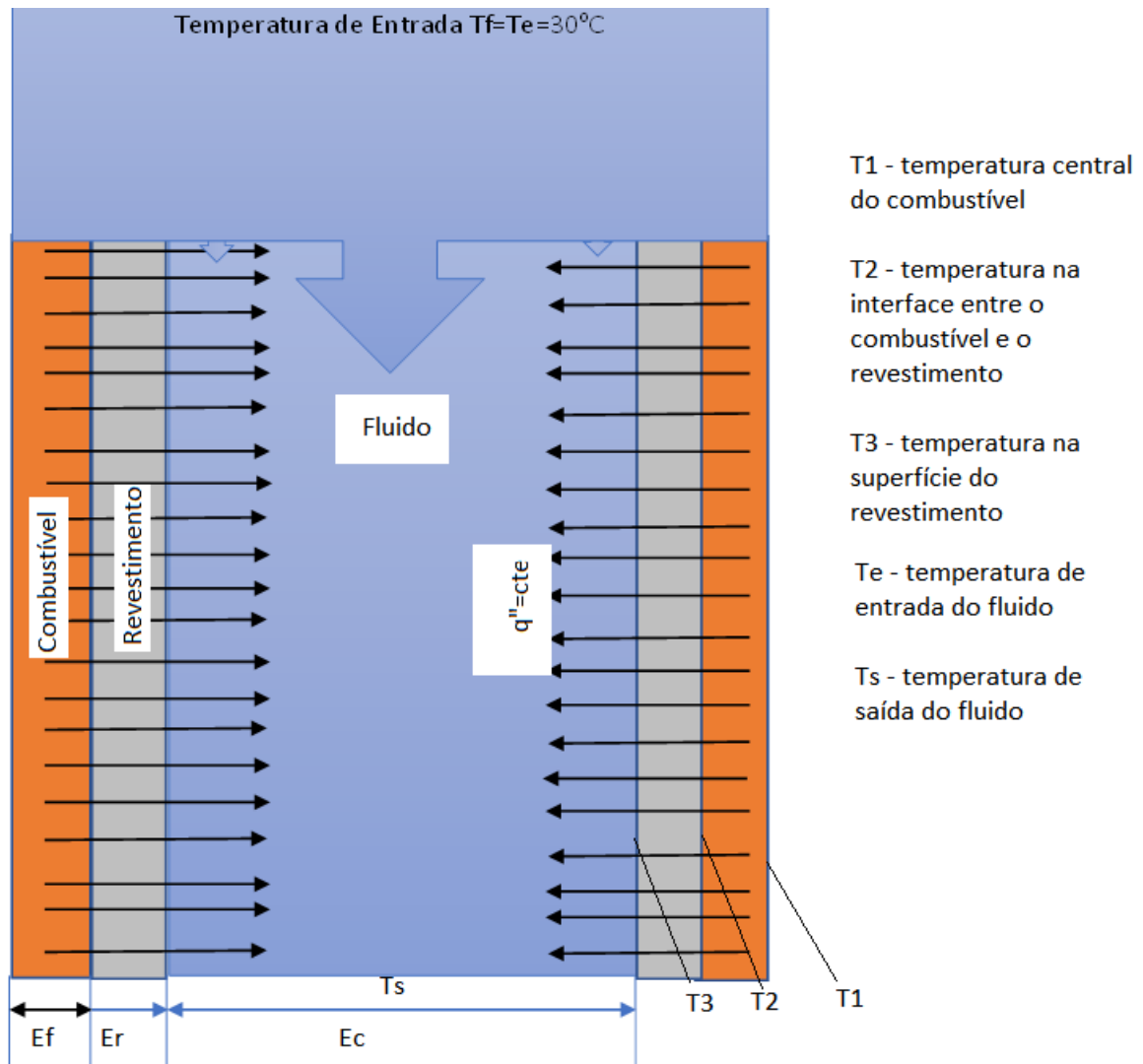


Figura 2 Detalhe do Modelo Térmico

O fluido entra no canal na temperatura T_e e sai a uma temperatura $T_s = T_e + q''/h$ pois foi fornecida uma quantidade de calor da por:

$$Q = h \cdot A (T_s - T_e) \quad (1)$$

As temperaturas T_1 , T_2 e T_3 dependerão da temperatura de entrada do fluido refrigerante T_e .

$$T_3 = T_e + q''/h \quad (2)$$

$$T_2 = T_3 + q'' \cdot E_r / K_r \quad (3)$$

$$T_1 = T_2 + q'' \cdot E_f / (2 \cdot K_f) \quad (4)$$

Um aumento na temperatura de entrada implica num aumento de todas as temperaturas na placa combustível e vice versa.

Portanto, não só temperatura de entrada do fluido é importante, mas também a evolução da temperatura ao longo do canal para que se possa calcular a evolução das temperaturas do revestimento e combustível ao longo do canal.

Para isso vamos dividir o nosso Modelo em Volumes de Controle, como mostrado na Figura 3.

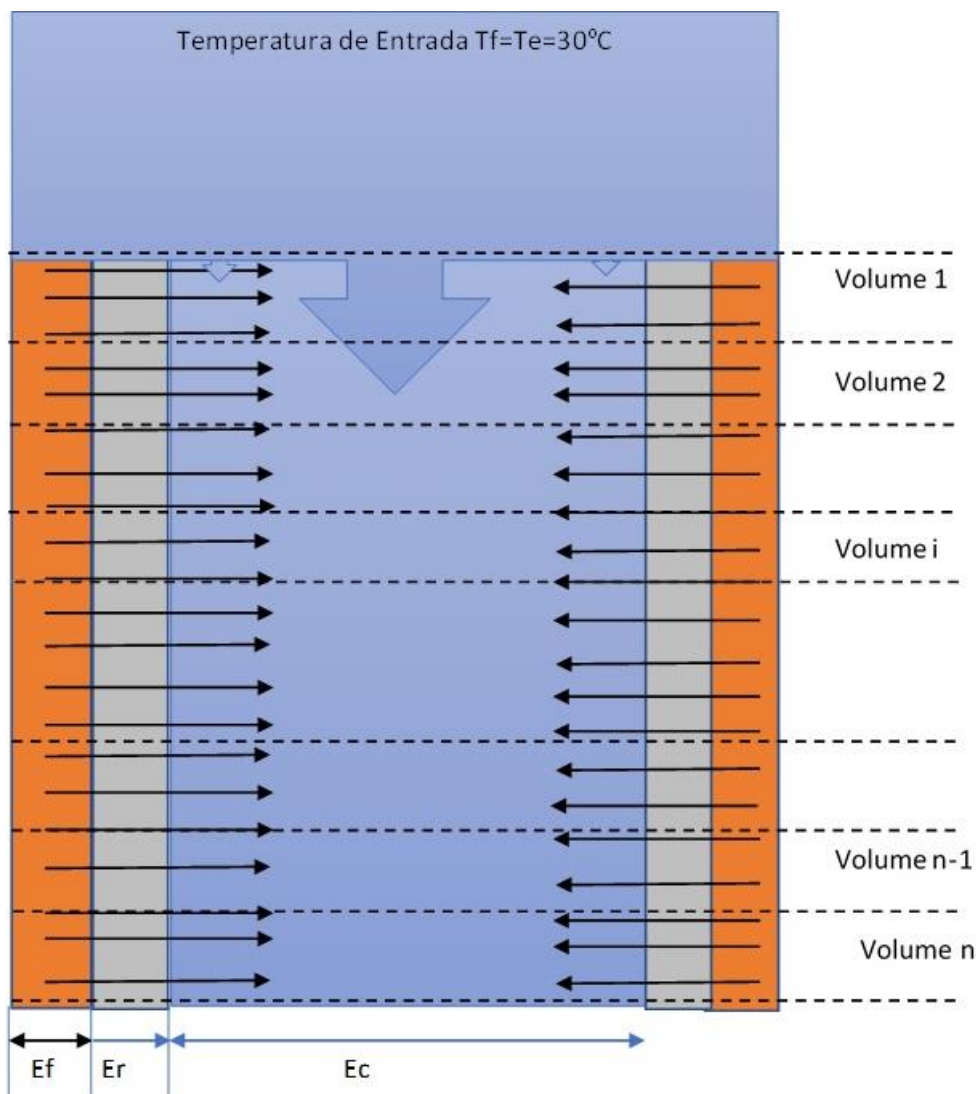
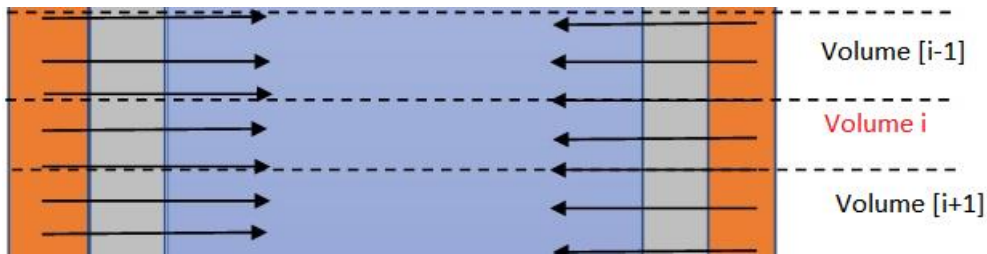


Figura 3 Divisão do Modelo em Volumes de Controle

Aplicando as equações de (1) a (4) para um volume "i", conforme Figura 4.



Detalhe do Volume de Controle “i”.

Para o **volume “i”** tem-se:

$T_f[i]$, $T_1[i]$, $T_2[i]$ e $T_3[i]$;

Para o volume “i-1” tem-se:

$T_f[i-1]$, $T_1[i-1]$, $T_2[i-1]$ e $T_3[i-1]$; e

Para o volume “i+1” tem-se:

$T_f[i+1]$, $T_1[i+1]$, $T_2[i+1]$ e $T_3[i+1]$

Portanto:

$Q[i] = h \cdot A (T_f[i] - T_f[i-1])$ ou

$$T_f[i] = T_f[i-1] + q''[i]/h$$

$$T_3[i] = T_f[i] + q''[i]/h$$

$$T_2 = T_3 + q'' \cdot E_r / K_r$$

$$T_1 = T_2 + q'' \cdot E_f / (2 \cdot K_f)$$

Para o nosso caso em estudo o fluxo de calor é uniforme ao longo do canal e, portanto o incremento de temperatura no fluido refrigerante é uniforme como apresentado na Figura 4.

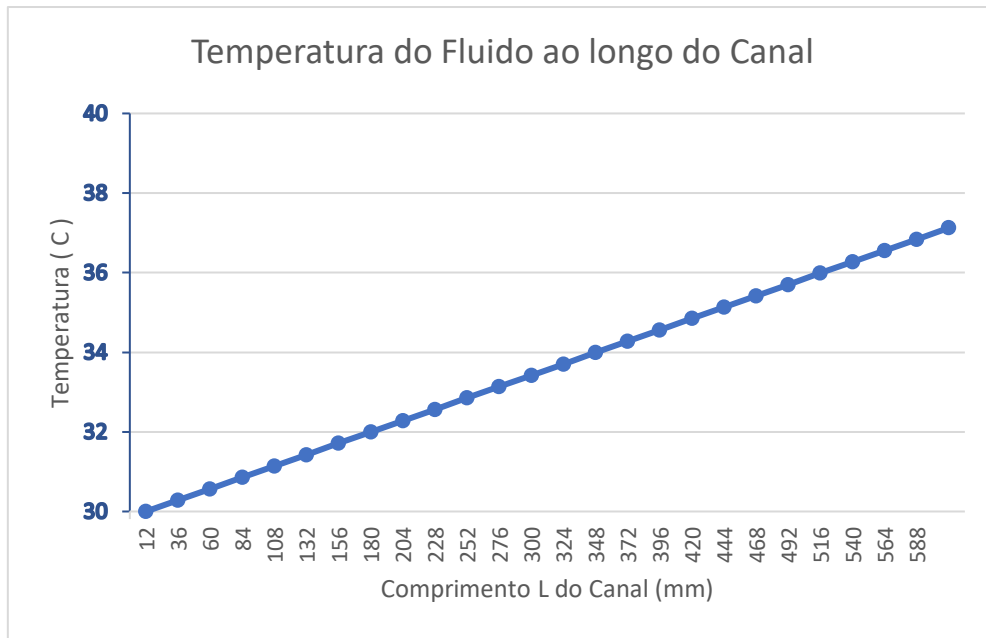


Figura 4 Temperatura do Fluido (Tf) ao longo do Canal

Para uma divisão da placa em 5 volumes tem-se os resultados de T1[i], T2[i], T3[i] e T4[i] apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 Distribuição de temperaturas ao longo do canal para 5 volumes.

Volume	Centro do Volume L (mm)	$T4[i]=Tf[i]=Tf[i-1](q''*A[i])/(m*cp)$	$T3[i]=Tf[i]+q''/h$	$T2[i]=q''* Er/Kr +T3[i]$	$T1[i]=T2[i]+q''*(Ef/2)/(2*Kf)$
		30			
1	120	31,42	47,67	47,98	49,59
2	240	32,85	49,10	49,41	51,01
3	360	34,27	50,52	50,83	52,44
4	480	35,70	51,95	52,26	53,86
5	600	37,12	53,37	53,68	55,29

Para uma divisão da placa em 10 volumes tem-se os resultados de T1[i], T2[i], T3[i] e T4[i] apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 Distribuição de temperaturas ao longo do canal para 10 volumes.

Volume	Centro do Volume L (mm)	$T4[i]=Tf[i]=Tf[i-1](q''*A[i])/(m*cp)$	$T3[i]=Tf[i]+q''/h$	$T2[i]=q''* Er/Kr +T3[i]$	$T1[i]=T2[i]+q''*(Ef/2)/(2*Kf)$
		30			
1	30	30,71	46,96	47,27	48,88
2	90	31,42	47,67	47,98	49,59
3	150	32,14	48,38	48,70	50,30
4	210	32,85	49,10	49,41	51,01
5	270	33,56	49,81	50,12	51,73
6	330	34,27	50,52	50,83	52,44
7	390	34,99	51,23	51,55	53,15
8	450	35,70	51,95	52,26	53,86
9	510	36,41	52,66	52,97	54,58
10	570	37,12	53,37	53,68	55,29

Para uma divisão da placa em 20 volumes tem-se os resultados de T1[i], T2[i], T3[i] e T4[i] apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 Distribuição de temperaturas ao longo do canal para 10 volumes.

Volume	Centro do Volume L (mm)	$T4[i]=Tf[i]=Tf[i-1](q''*A[i])/(m*cp)$ 30	$T3[i]=Tf[i]+q''/h$	$T2[i]=q''* Er/Kr +T3[i]$	$T1[i]=T2[i]+q''*(Ef/2)/(2*Kf)$
1	15	30,36	46,60	46,91	47,72
2	45	30,71	46,96	47,27	48,07
3	75	31,07	47,31	47,63	48,43
4	105	31,42	47,67	47,98	48,79
5	135	31,78	48,03	48,34	49,14
6	165	32,14	48,38	48,70	49,50
7	195	32,49	48,74	49,05	49,86
8	225	32,85	49,10	49,41	50,21
9	255	33,21	49,45	49,76	50,57
10	285	33,56	49,81	50,12	50,92
11	315	33,92	50,16	50,48	51,28
12	345	34,27	50,52	50,83	51,64
13	375	34,63	50,88	51,19	51,99
14	405	34,99	51,23	51,55	52,35
15	435	35,34	51,59	51,90	52,70
16	465	35,70	51,95	52,26	53,06
17	495	36,06	52,30	52,61	53,42
18	525	36,41	52,66	52,97	53,77
19	555	36,77	53,01	53,33	54,13
20	585	37,12	53,37	53,68	54,49

A Figura 5 Apresenta um print da planilha Excel utilizada para o cálculo da distribuição de temperatura, considerando uma discretização com 20 volumes.

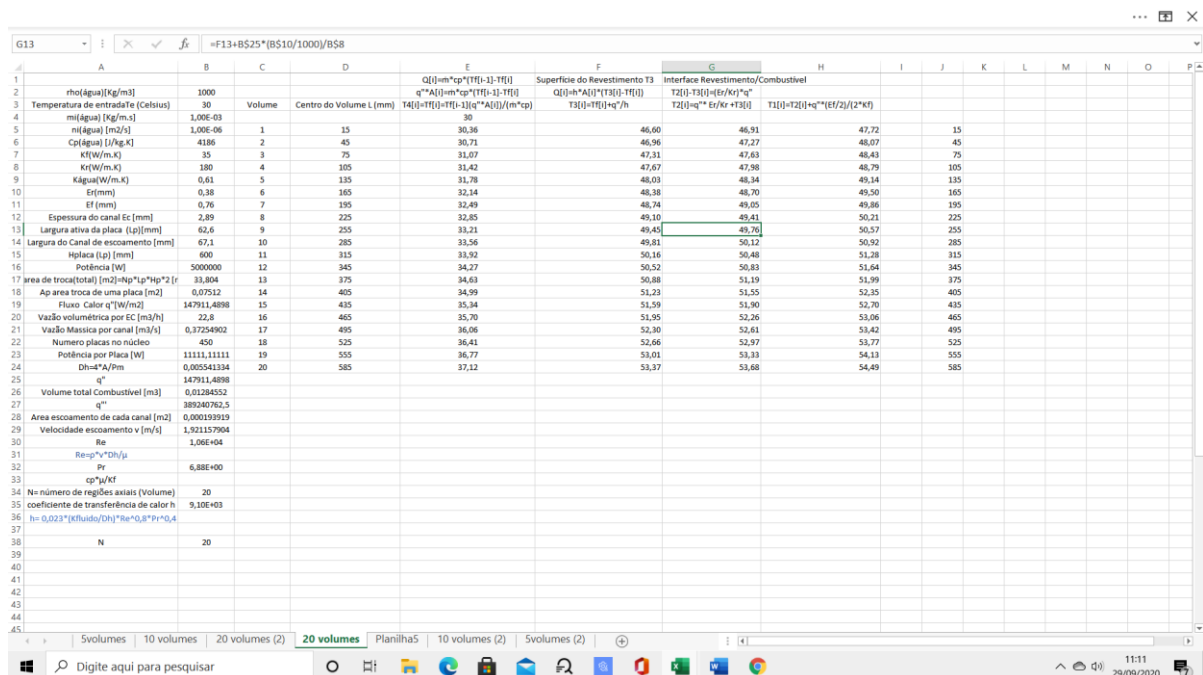


Figura 5 Distribuição de Temperatura ao longo do canal

O Excel não é a ferramenta mais adequada para fazer estas análises, no entanto, apesar, do baixo fluxo de calor, a distribuição de potência ser uniforme ao longo do canal e não considerarmos a variação das propriedades térmicas do fluido, revestimento e combustível com a temperatura, permite observar-se pequenas variações nos resultados de temperatura para 5,10 e 20 volumes de controle, assim como a variação ao longo do canal.

Agora vamos refazer o mesmo exercício com a seguinte distribuição de fluxo de calor ao longo do canal: $q''[x]=q''_{\text{médio}} * 2 X/L$

X posição no canal

L comprimento canal=600

Para 10 volumes, por exemplo, tem-se:

Posição	X/L
0	0
60	0,2
120	0,4
180	0,6
240	0,8
300	1
360	1,2
420	1,4
480	1,6
540	1,8
600	2
Média	1

