

Ensaio de aquecimento em cabos de energia eléctrica

Projecto executado pelos alunos :

**João Carlos G. Soares e Silva
Sérgio Clemente Tavares**

Orientação :

**Professor Doutor Carlos Fernando Ramos Lemos Antunes
Professor Doutor António Paulo Mendes Breda Dias de Coimbra**

Objectivo do projecto

Estudar o fenómeno associado ao aquecimento em cabos de energia eléctrica

Estudo realizado para:

- Cabos enterrados
- Cabos aéreos

Métodos aplicados

- Simulação através de modelos reduzidos (ensaios experimentais)
- Simulação e validação dos resultados experimentais em computador utilizando um programa de elementos finitos
- Simulação para cabos reais em computador utilizando o mesmo programa de elementos finitos

Modelos reduzidos

Montagem da bancada de ensaios

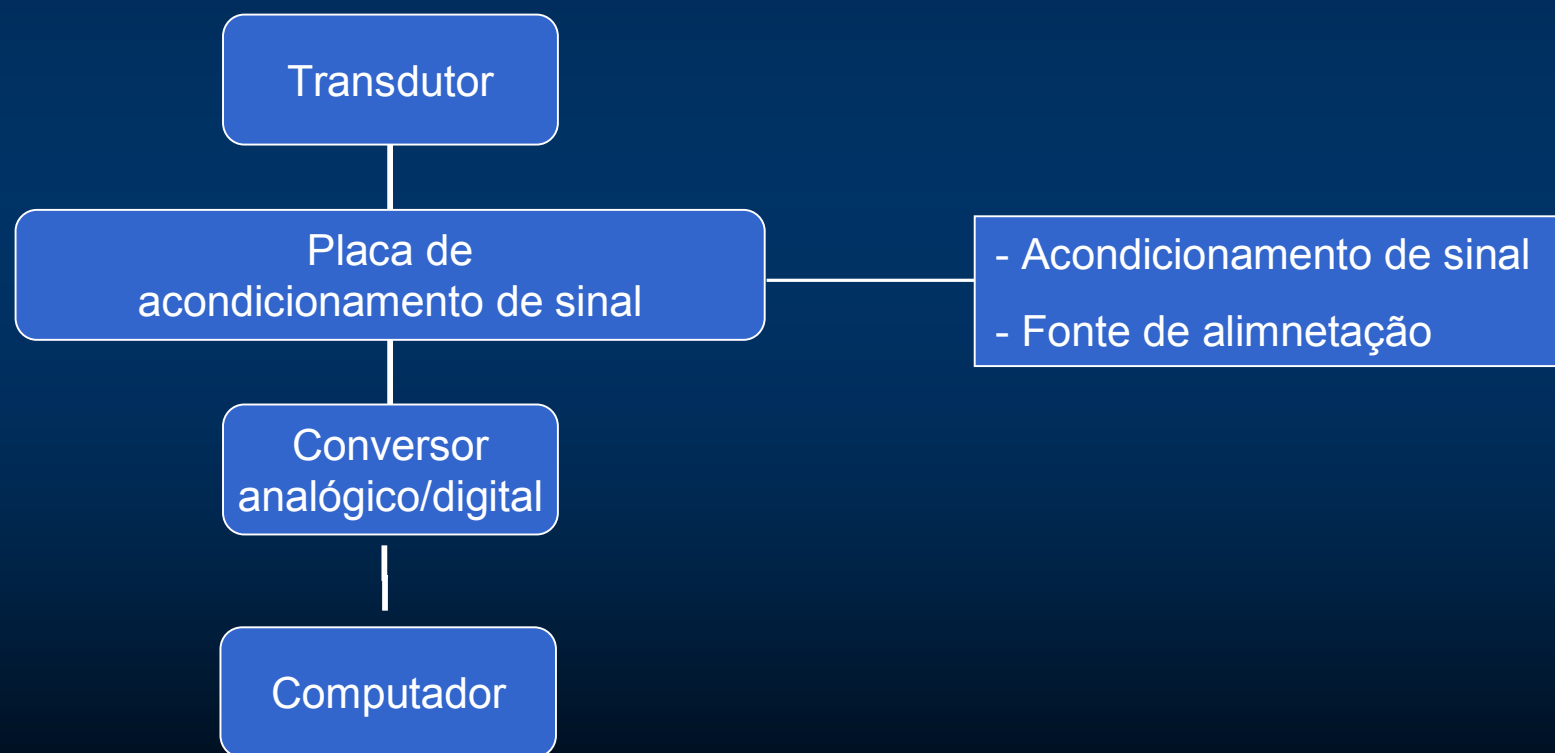
Elementos físicos a simular:

- Cabos de transporte de energia eléctrica
- No caso de cabos enterrados:
A camada de terra próxima e circundante aos cabos
- No caso de cabos aéreos:
Suspensão dos cabos

Equipamento necessário à medição dos fenómenos térmicos:

Aquisição e armazenamento dos valores de temperatura

Aquisição e armazenamento dos valores de temperatura



Estudo de cabos enterrados

Pré-preparação dos ensaios

- Graduação do depósito de fibrocimento
- Criação de varetas com medidas apropriadas para colocar os sensores e *resistências* nos pontos escolhidos

Pré-ensaio com configuração 1

- Limitação da corrente na *resistência* (controle da temperatura no *sistema*)
- Placa adicional (medida preventiva)

Total de sete ensaios com configurações diferentes

Regime estacionário: variação da temperatura menor ou igual a 1 °C

Programa de elementos finitos

QuickField 4.3.1.4 Demo

simetria

$$K(\text{Cu}) = 397 \text{ (W/m}^\circ\text{K)}$$

$$K(\text{areia}) = 0,23 \text{ (W//m/K)}$$

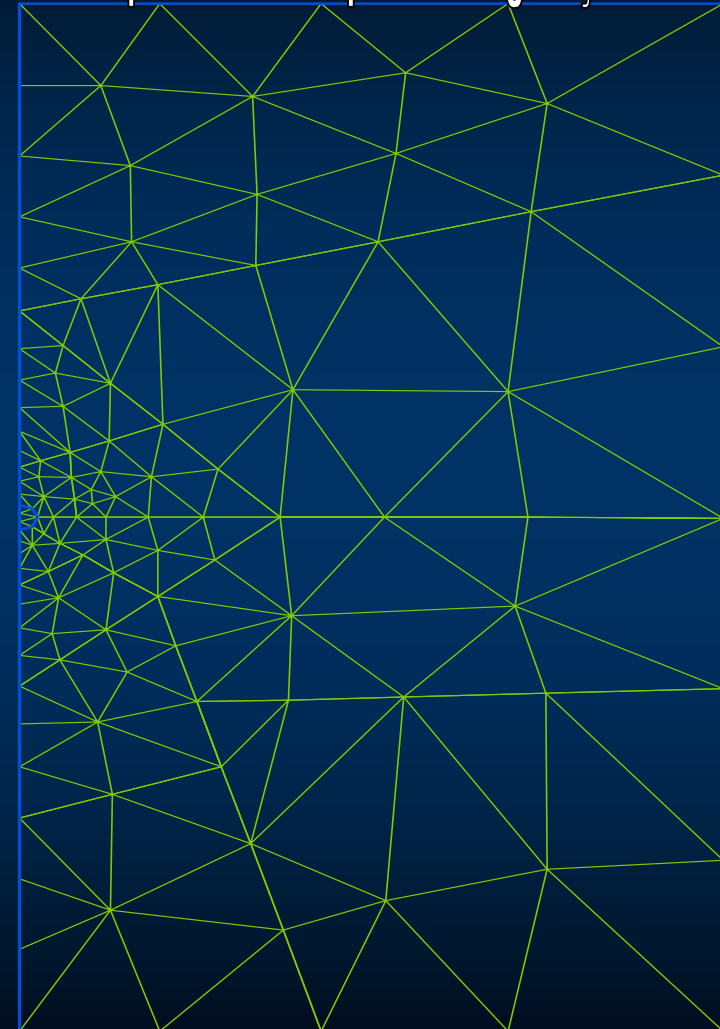
$$T(\text{lateral da caixa}) = 298 + 0,23y \text{ (K)}$$

$$T(\text{ar}) = 298 \text{ (K)}$$

$$T(\text{base}) = 300 \text{ (K)}$$

$$q = 723348 \text{ (W/m}^3\text{)}$$

Mapa de malhas para configuração 1

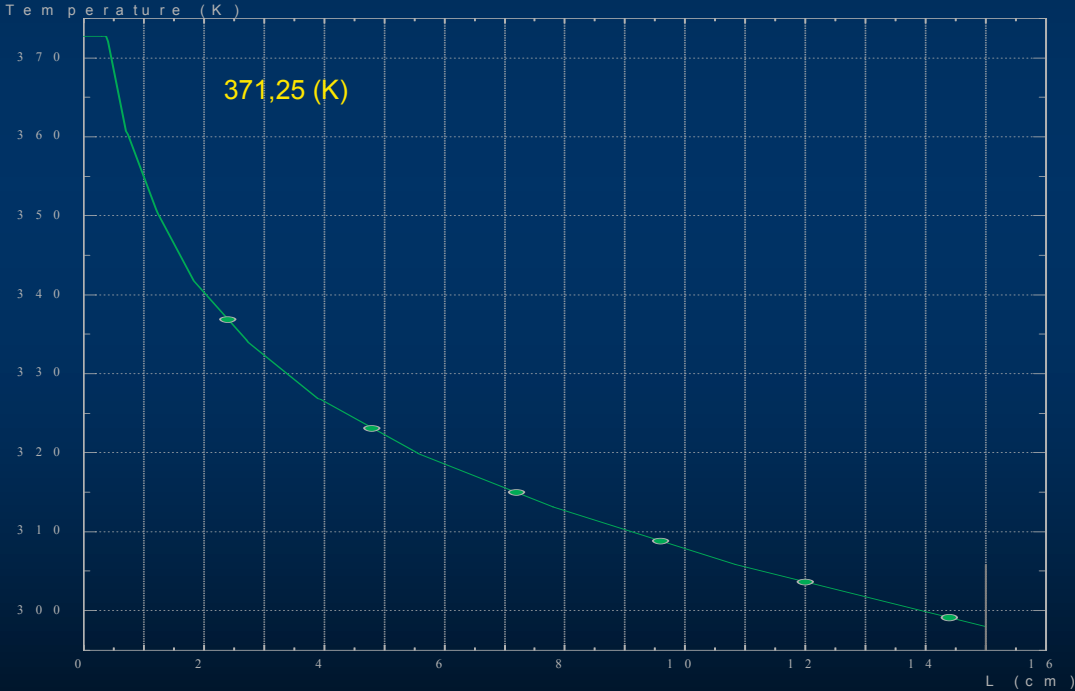
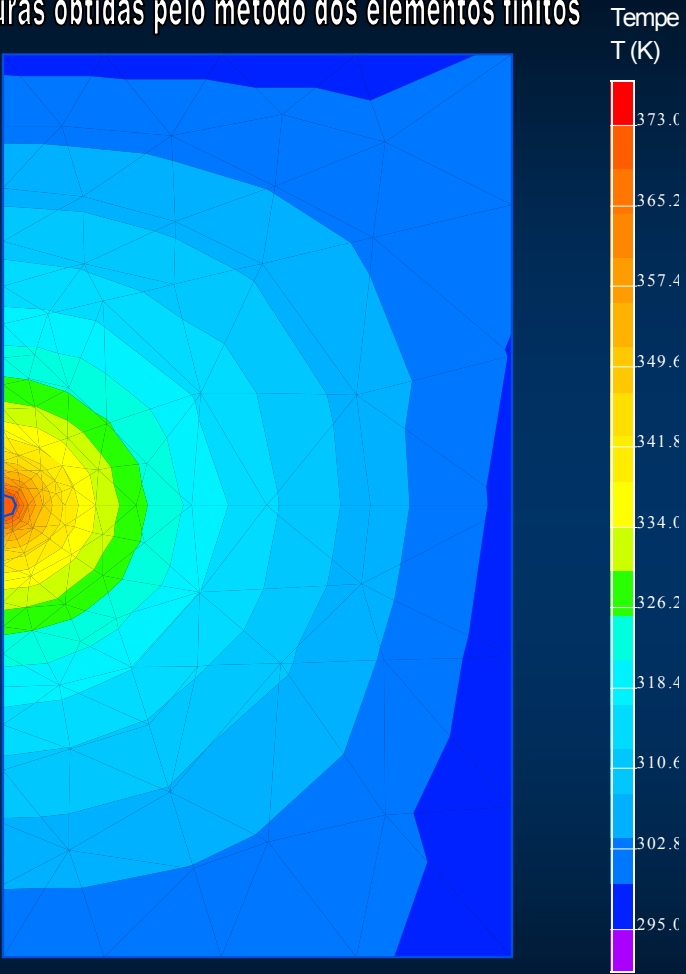


Configuração 1

Dados obtidos por medição directa

Configuração ₁	Tensão (Vrms)	Corrente (Arms)	Potência (W)	Temperatura máxima registada (°C)
Resistência B	52,2	0,25	13,05	98,25
				371,25 (K)

Temperaturas obtidas pelo método dos elementos finitos



Temperatura na resistência = 372,2 K (99,2 °C)

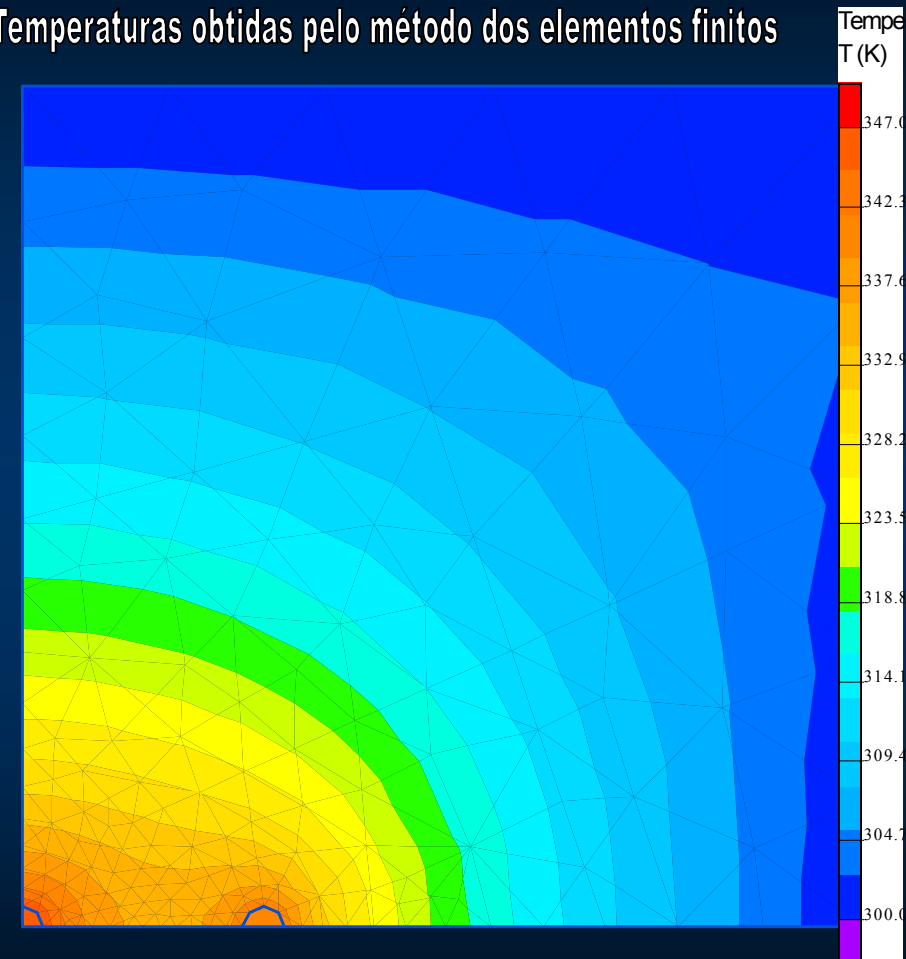
Configuração 2 e 3

Valores medidos (regime permanente)

Configuração 2 distancia=4 cm	Tensão (Vrms)	Corrente (Arms)	Potência (W)	Temperatur a máxima registada (°C)
Resistência A	23.8	0.17	4.05	71.99 345 (K)
Resistência B	29.1	0.13	3.78	
Resistência C	29.3	0.13	3.81	

Configuração 3 distancia=8cm	Tensão (Vrms)	Corrente (Arms)	Potência (W)	Temperatura máxima registada (°C)
Resistência A	23.8	0.17	4.05	67.21 340,21 (K)
Resistência B	29.1	0.13	3.78	
Resistência C	29.3	0.13	3.81	

Temperaturas obtidas pelo método dos elementos finitos



Temperatura na resistência = 347,2 K

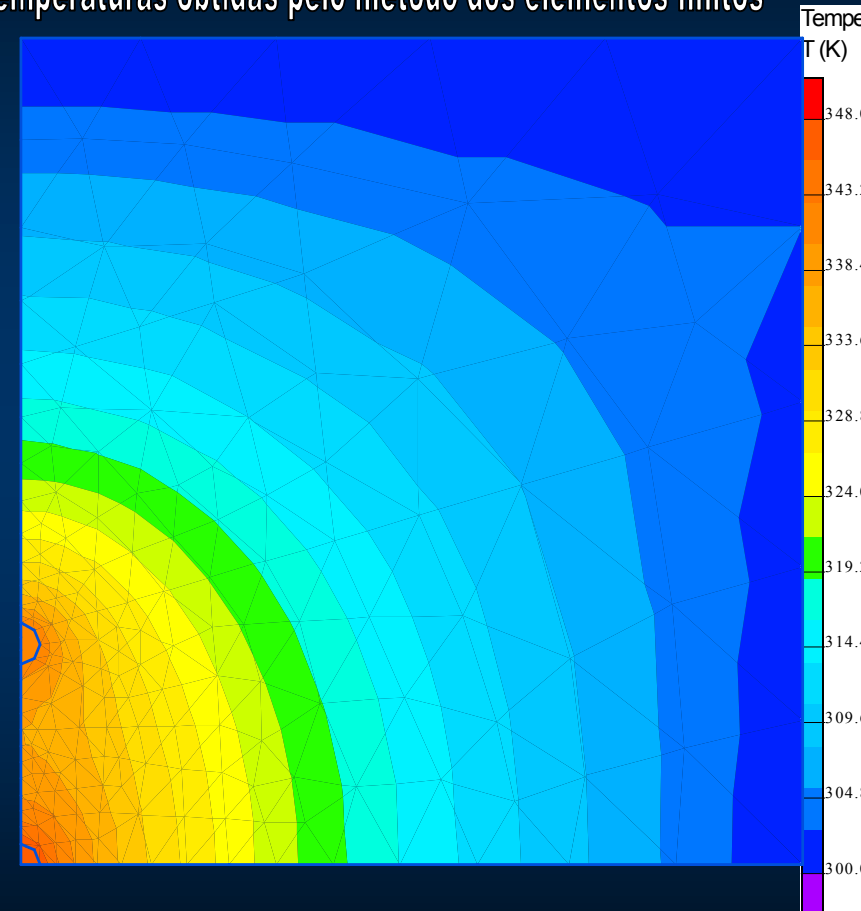
Configurações 4 e 5

Valores medidos(regime permanente)

Configuração 4 distancia=4 cm	Tensão (Vrms)	Corrente (Arms)	Potência (W)	Temperatura máxima registada (°C)
Resistência A	23.9	0.17	4.06	74.58 347,58 (K)
Resistência B	28.9	0.13	3.76	
Resistência C	29.1	0.13	3.78	

Configuração 5 distancia=8cm	Tensão (Vrms)	Corrente (Arms)	Potência (W)	Temperatura máxima registada (°C)
Resistência A	24.1	0.17	4.10	72.14 345,14 (K)
Resistência B	29.3	0.13	3.81	
Resistência C	29.8	0.13	3.87	

Temperaturas obtidas pelo método dos elementos finitos



Temperatura(resistência B) = 348,2 K

Configurações 6 e 7

(Não foi possível a simulação por elementos finitos)

Valores medidos(regime permanente)

Configuração 6	Tensão (Vrms)	Corrente (Arms)	Potência (W)	Temperatura máxima registrada (°C)
Resistência A	23.9	0.17	4.06	66.71 339,71 (K)
Resistência B	29	0.13	3.77	
Resistência C	29.5	0.13	3.84	

Configuração 7	Tensão (Vrms)	Corrente (Arms)	Potência (W)	Temperatura máxima registrada (°C)
Resistência A	23.8	0.17	4.05	59.14
Resistência B	28.9	0.13	3.76	
Resistência C	29.3	0.13	3.81	

Simulação para cabos reais

- Determinação da escala a utilizar

$$\frac{r_{cabo\ real}}{r_{resistência}} = escala$$

$$\frac{A_{real}}{A_{m.red}} = escala^2$$

- Densidade de potência dissipada

$$d_{real} = \frac{d_{m.red}}{escala^2}$$

Simulação para cabos reais

Dados de simulação :

Escala : 4,7

Densidade de potencia no cabo = $33215 \text{ (W/m}^3 \text{)}$

Temperatura ambiente = 298 K

K(cobre)=397 W/m/K

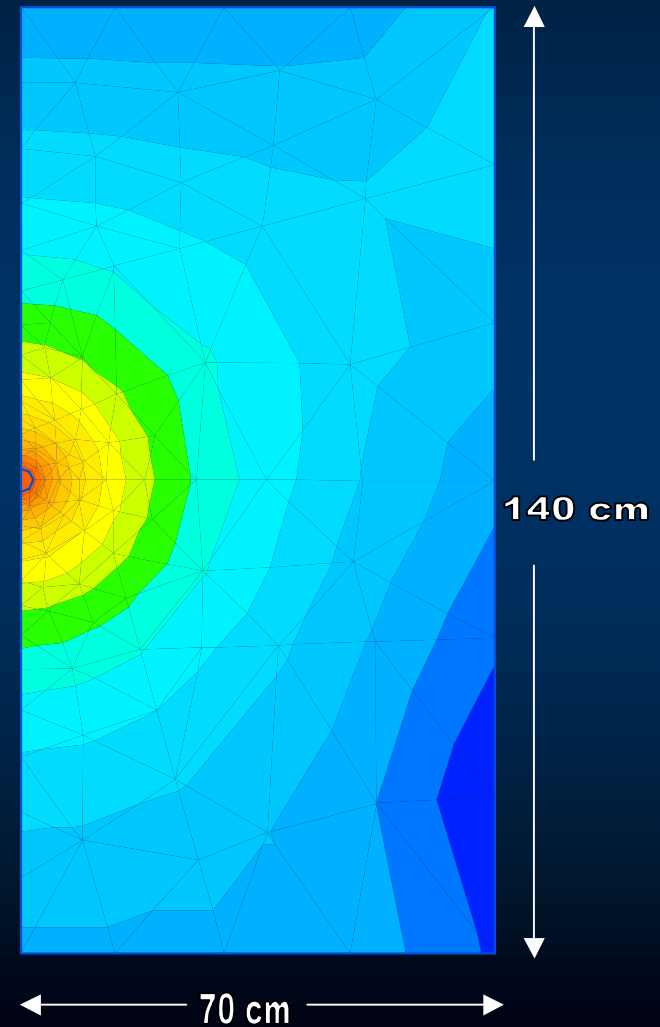
Raio(cabo) =1,75 cm

k(areia)=0,24 W/m/K

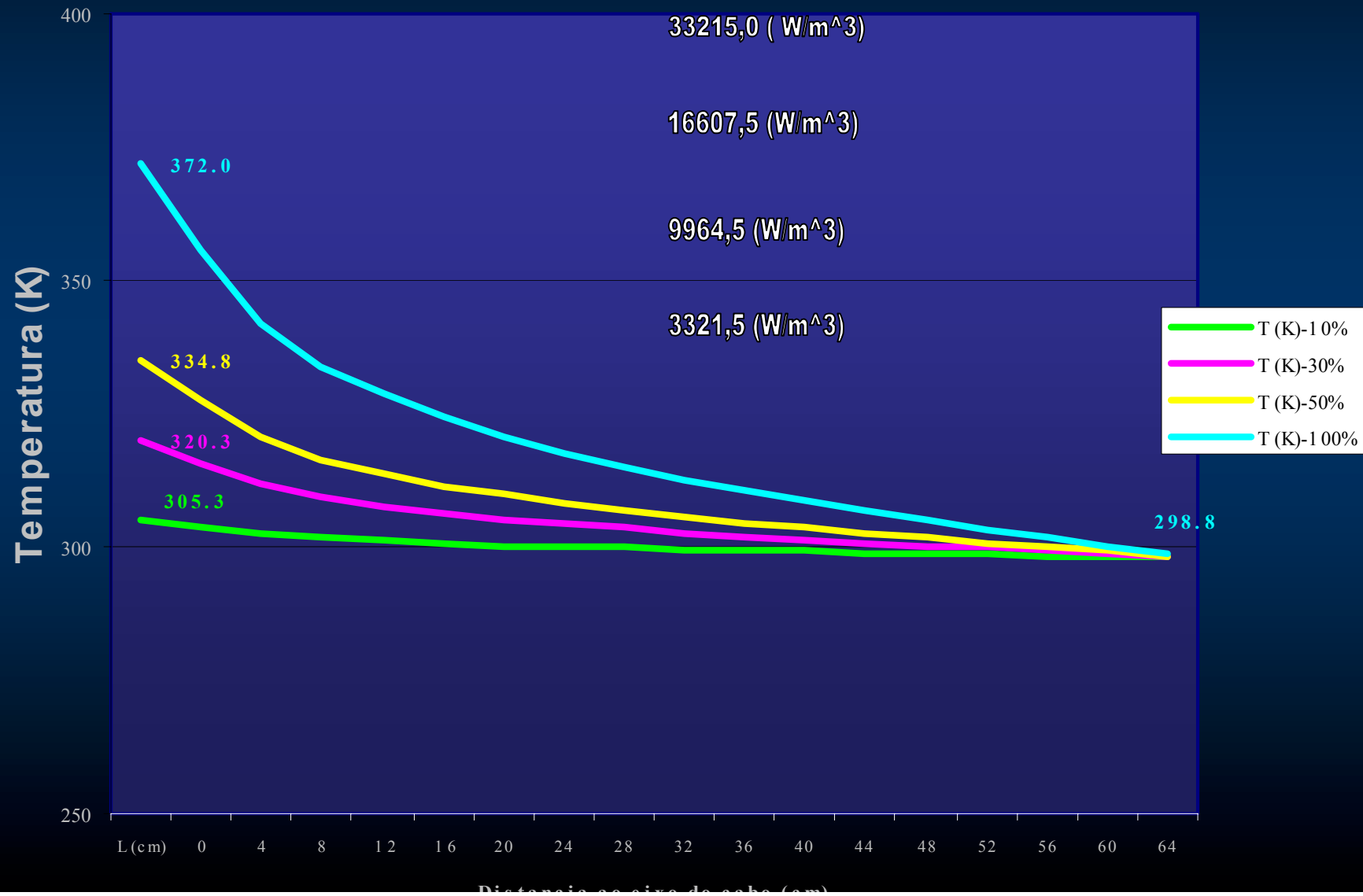
Largura(vala)= 140 cm

Profundidade(vala) = 140 cm

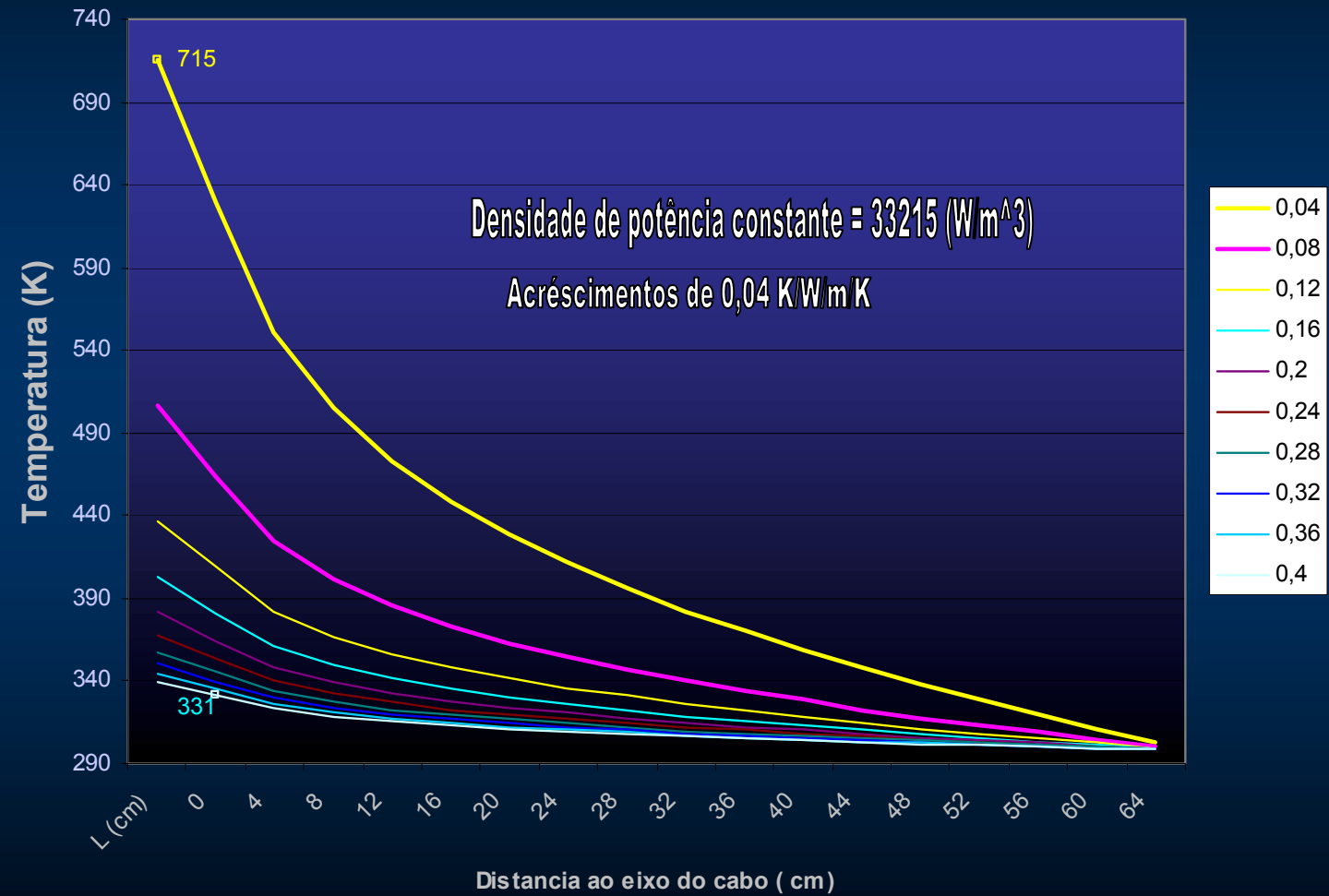
Temperatura (cabo) = 372 K



Temperaturas para diferentes densidades de potência

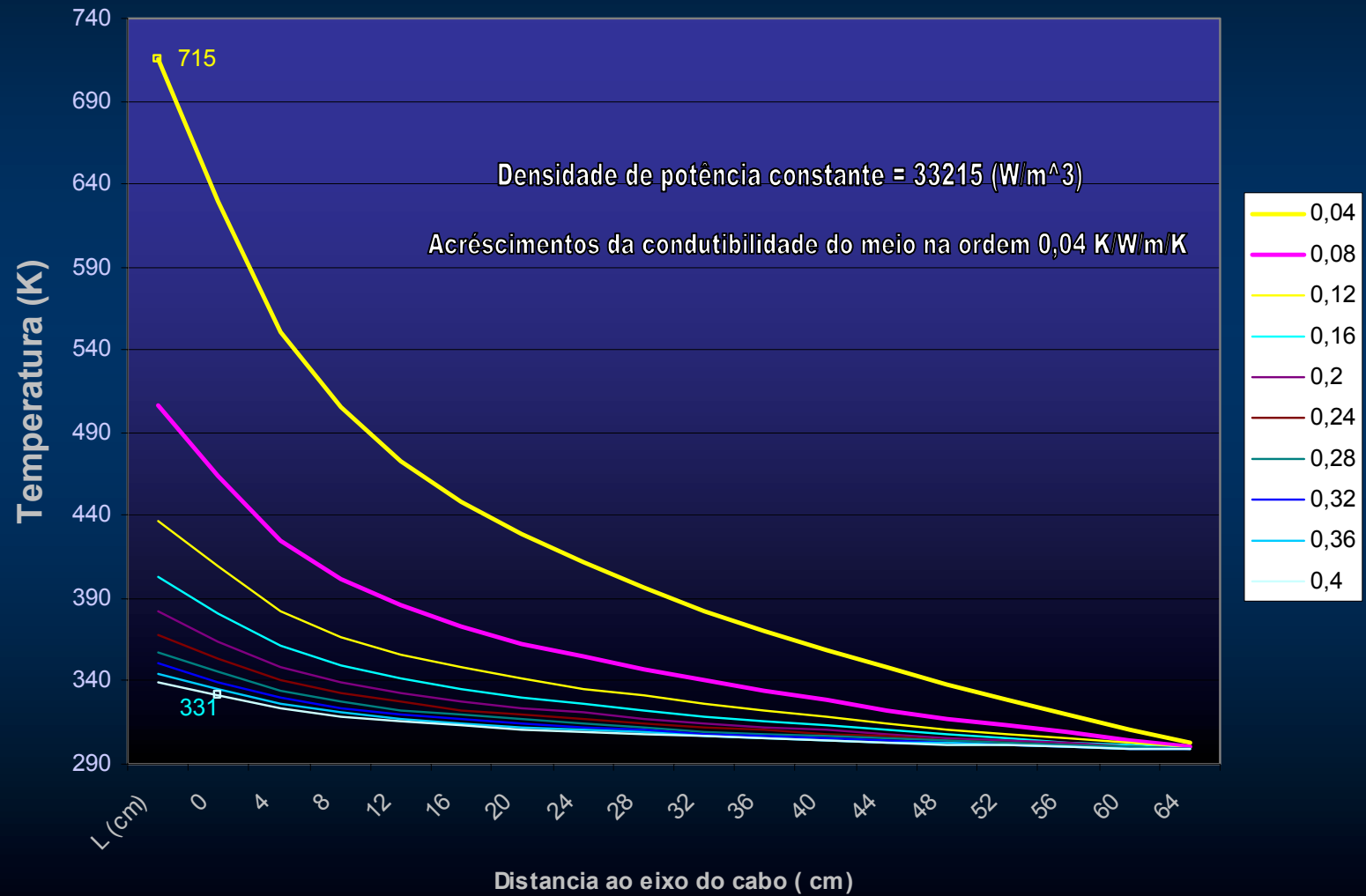


Influencia da condutibilidade térmica do meio



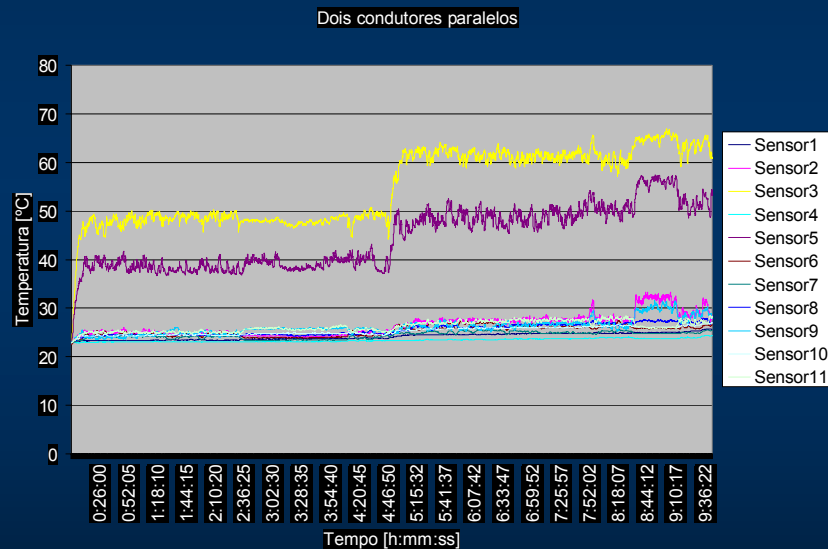
Influencia da condutibilidade do meio na temperatura do cabo

$K = [0,04 \text{ e } 0,4]$



Cabos aéreos

O resultado obtido não foi o desejado



Causas prováveis

- Flutuações na tensão da rede
- Condições laboratoriais pouco favoráveis