

RELATÓRIO 2: RADIAÇÃO TÉRMICA

ANA CAROLINA
FERREIRA - N° 9708350

• INTRODUÇÃO

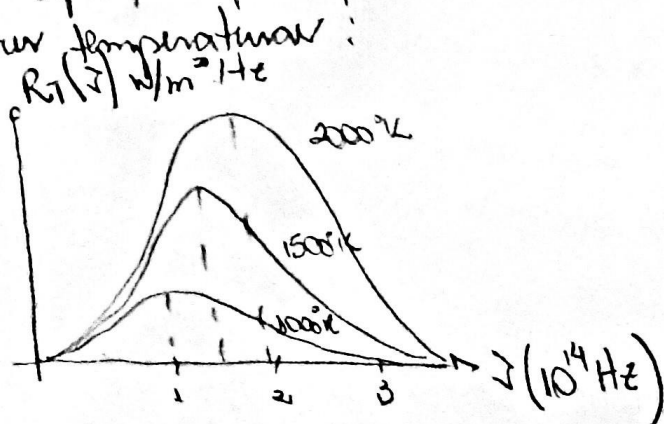
A radiação térmica é a radiação eletromagnética emitida por um corpo em equilíbrio causado pela temperatura deste corpo durante a transmissão dessa radiação. A radiação ocorre em comprimento de onda determinado e depende diretamente da sua temperatura assim como a frequência.

Ex: 0,1 a 0,38 μm (espectro ultravioleta); 0,38 a 0,76 μm (luz visível); 0,76 a 100 μm (infravermelho).

O espectro de radiação térmica depende da composição do corpo exposto à ele. Assim, chamamos de radiação espectral ($R_T(\lambda)$) que é a energia emitida por unidade de área a uma temperatura T . Em 1879 Stefan Boltzmann descobriu essa relação experimentalmente:

$$\text{eq (1)} \quad R_T = \sigma T^4 \quad \text{sendo } \sigma: 5,57 \times 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}^4}$$

A Lei do deslocamento de Wien veio para explicar esta relação, a qual diz que o comprimento de onda crucialmente proporcional à temperatura dele. A física quântica trouxe então a definição de que para cada temperatura do corpo, obtém-se um espectro de onda eletromagnética emitida específica que depende de cada corpo. Temas maiores frequências λ maiores temperaturas:



Lei do deslocamento de

Wien:

$$\lambda_{\text{máx}} \propto T$$

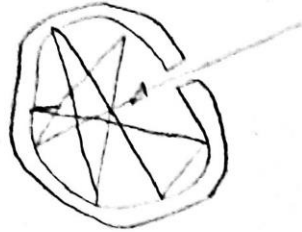
$$\lambda_{\text{máx}} T = C_{\text{Wien}}$$

$$C_{\text{Wien}} = 2,898 \times 10^{-3} \text{ m K}$$

O espectro do corpo quente depende do sua composição e quando ele absorve toda a radiação incidente sobre ele, é chamado de corpo negro, tido como ideal pois é um corpo que emite mais potência por unidade de área (mais W/m^2).

Qu seja, ele emite espectro de caráter universal, uma vez que toda a radiação incidente é absorvida, toda o corpo à mesma temperatura emitem radiação térmica no mesmo espectro.

Uma cavidade com o recinto fechada e a abertura por pequeno furo pode exemplificar este corpo



A densidade espectral de energia é a grandeza que quantifica a energia por volume na sua cavidade, associada à radiação incidente cuja a frequência esteja no intervalo limitado ν e $\nu + d\nu$ e $R_T(\nu)$

Neste experimento, utilizaremos geradores para observar as propriedades da radiação térmica, dentro dele, uma lâmpada que emite radiação térmica a partir do seu espectro de luz, é chamada de lâmpada de Stefan-Boltzmann que em altas temperaturas, se aproxima de uma fonte puntual. A temperatura do filamento pode ser obtido pelas relações:

$$eq. (2) \quad T = \frac{R - R_{ref}}{\Delta R_{ref}} - T_{ref} \left\{ \begin{array}{l} * R: \text{ resistência do filamento na temperatura } T \\ * R_{ref}: \text{ resistência em temperatura de referência (ambiente normalmente) } \\ * \Delta: \text{ constante no valo. de } 0,0045. \end{array} \right.$$

O fio de Tungstênio presente nas lâmpadas, no qual passam a corrente proveniente do fonte de tensão, aquece emitindo luz como forma de radiação eletromagnética através do efeito Joule.

• METODOLOGIA:

Utilizando-se do Sensor de radiação do tipo Termopilha TD-8553, Voltímetro acoplado à lâmpada e ao sensor de radiação; Cabo de radiação térmica TD-8554A, potenciômetro Variac, termopar digital, ventômetro de resfriamento, lâmpada de Stefan-Boltzmann: TD-8555, fonte de

* Ponto 2:

$$R = 1,149$$

-2 = 0 止

$$R/R_{300K} =$$

くら, 03 宿, い, 0000

$$0 \triangle 1 \text{ (一} \sim \text{ (603 弼の} < T < 00$$

$$R/R_{300} (5,747-5,48)$$

$$x = \lfloor \frac{92 \text{ い} = \text{ク}}{q55}$$

$$48,51 = \frac{12,48,54K}{}$$

丁=以升嶋

na tabela:

$$R = 1,018 \Omega$$

山 = 0 え + 一
300

$$R/R_{300K} = \text{日.0 第}$$

$$T = 1800 + 40 = 1840 K$$

* Ponto 4:

$$R = 2.314$$

$$R_{300K} = 0,2 \Omega$$

$$R/R_{300K} = 11,719$$

$11,24 < R/R_{300K} < 11,84$ $2200 < T < 2300$	Reloção de interpolação: $\Delta T (2300 - 2200) = \Delta R (11,84 - 11,24)$ $x = \Delta R (11,84 - 11,719)$
---	--

$$x = 20,16$$

$$T = 2200 + 20,16 = 2220,16 K$$

⋮

6、66 ム礼/

に

0 9 凸

[人日 00

Relocação de interpostos:

$$\Delta T(1900 - 1800) - \Delta R / R_{3000} (9,44 - 8,86)$$
$$x - \Delta R / R_{3000} (9,091 - 8,86)$$

= 0

alimentação, voltímetro e amperímetro para a fonte; tilho com escala milimetrada. O experimento é dividido nas seguintes partes:

Inicialmente verificamos a sensibilidade do sensor utilizado de forma a determinar a irradiância (Radiação) de um corpo através da utilização do voltímetro pelo seguinte processo:

PARTE 1: (Relação 1)

$$[V] (V) \text{ VOLTAGEM} \rightarrow \text{IRRADIÂNCIA (I)} [W/m^2]$$

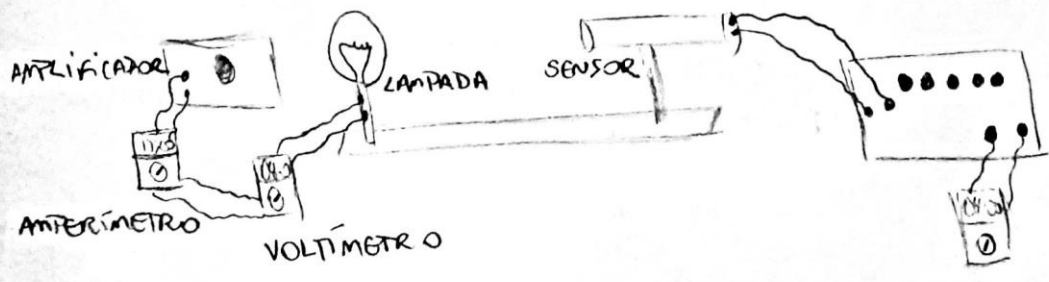
↳, mudas mW
 vamos a valores: $18,9 \pm 3,8 \frac{V}{W}$, então: $R = \frac{[V] [W]}{[18,9 V] [m^2]} = \left[\frac{W}{m^2} \right]$

A área do sensor, que recebe a radiação térmica é de $4mm^2$.

PARTE 2: LEI DO INVERSO DO QUADRADO DA DISTÂNCIA.

Para verificar a lei do inverso do quadrado, medimos a radiação emitida por um corpo ao ser exposto a emissão da luz do filamento de tungstênio pela lâmpada de Boltzman. Para isso, monta-se um aparato com uma lâmpada a uma distância determinada pela graduação do tilho, com o detector acoplado a um voltímetro.

Ao variar a distância entre sensor e fonte podemos verificar a dependência com o inverso do quadrado da distância.



PARTE 2: LEI DE STEFAN-BOLTZMANN PARA ALTAS TEMPERATURAS.

Para verificar esta lei em altas temperaturas, variamos a intensidade da lâmpada ao variarmos a tensão na fonte acoplada à ela, detectando pelo sensor. A partir disso, plotamos um gráfico em função da irradiância do filamento, calculado pela tensão mensurada no detector pela temperatura do filamento. Colocamos um amperímetro e um voltímetro numa lâmpada, para que a partir da lei de Ohm calculamos a sua resistência.

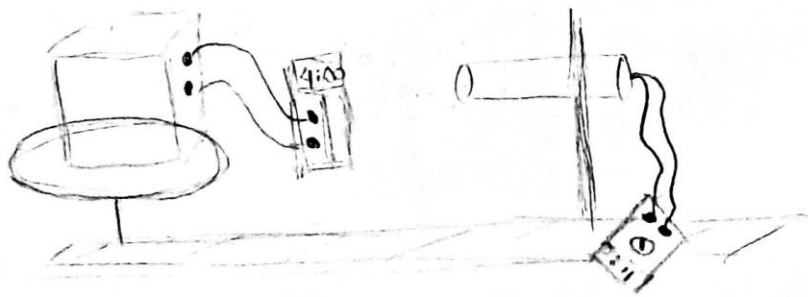
Assim, correlacionamos a temperatura com a radiação. Os valores tabelados do fabricante da lâmpada nos fornece a relação da temperatura e resistividade.

O detector eletrônico existe uma conversão de foton em corrente (elétrons) ou diferença de potencial, que é este o caso, obtido por efeito fotoelétrico ou efeito termiônico no seu interior. Por isso, temos o voltímetro acoplado à este sensor também. Após encontra a Radiação, indicada na relação (1), interpolamos o resultado com a radiação fornecido pelo fabricante do lâmpada, indicado na relação (2)

PARTE 4: ANÁLISE QUANTITATIVA DA RADIAÇÃO TÉRMICA.

Nesta etapa medimos a radiação pelo cubo, que possui 4 faces de comprimento diferente: branca, cinza, preta, prata. Ele é aquecido pela lâmpada incandescente colocada no seu interior. Variamos 5 potenciais na lâmpada medindo a radiação e temperatura pelo tempo acoplado nos faces através da porcentagem do potenciômetro pelo tempo decorrido ao ligar o aquecimento no cubo.

É feito com isso, um gráfico da radiação das 4 faces do cubo em função da temperatura (que são iguais para as 4 faces).



PARTE 5: RADIAÇÃO DE UMA FONTE NÃO PONTUAL:

Colocando agora a potência no potenciômetro de 100%, ou seja, o cubo aquecido em sua máxima potência, obteremos a radiação de uma das faces do cubo ao se distâncias em passos de 5 em 5 cm e depois de 1 em 1 cm até não se observar mais valores do detector.

Construa um gráfico da radiação em função da distância para verificar o fenômeno.

PARTE 6: LEI DE STEFAN-BOLTZMAN PARA BAIXAS TEMPERATURAS:

Posicione o sensor em uma das faces do cubo ligando um ventilador para resfriar o sistema e desligando a lâmpada, monitorar a radiação em função do esfriamento do cubo, obtendo a tensão no sensor e a temperatura gradualmente até atingir 35°C .

PARTE 7: RADIAÇÃO DO CORPO HUMANO:

Apesar, encostado o mesmo sensor ao corpo podemos registrar em determinadas regiões a temperatura da pele. Através da relação de potência emitida pela área de pele humana da literatura no valor de 90W em uma área de $1,2\text{m}^2$ comparemos o valor à potência irradiada pelos dados coletados.

• RESULTADOS E DISCUSSÕES:

Inicialmente, normalizamos o valor de radiação no sensor pela sua potência e área, explicados na metodologia.

→ PARTE 2:

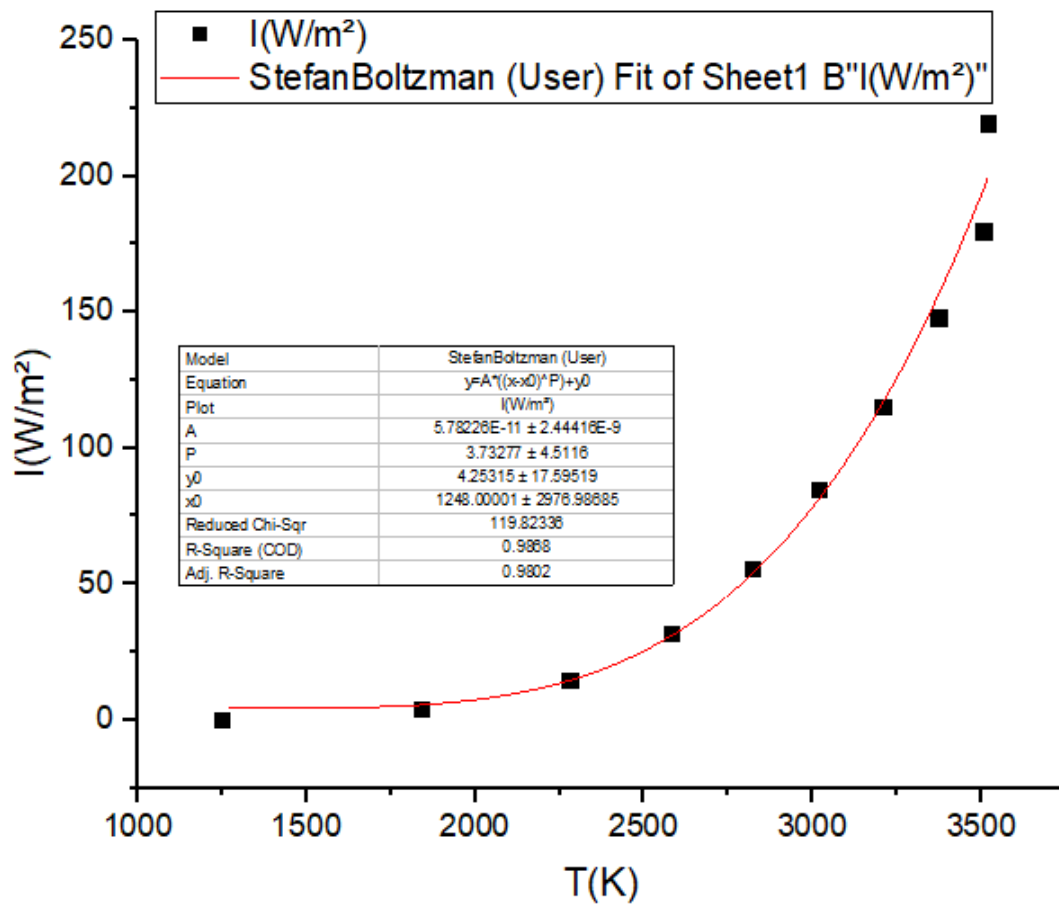
A partir da equação (2) podemos calcular a temperatura T do filamento uma vez que pela Lei de Ohm obtemos o valor da resistência R e pelo temperatura ambiente $T_{\text{ref}} = 27^{\circ}\text{C} = 300\text{K}$ sabemos que o valor da resistência do filamento é $R_{\text{ref}} = 0,2\ \Omega$ fornecido pelo fabricante → TABELA 1

O gráfico a seguir nos mostra a relação entre a radiação e a temperatura diretamente à quarta potência, observado pelo ajuste à curva pelo equação 1 da Lei de Stefan-Boltzmann.

Temperatura para potência $P = 3,73 \pm 4,5$ e $A = 5,78 \times 10^{-11} \pm 2,4 \times 10^{-9}$ sendo a constante de Boltzmann.

Temperatura e considerações para este ajuste:

Tensao Lâmpada (V)	Tensão Sensor (mV)	Corrente Lâmpada (A)	R (ohms)	R/ R300K	T (K)	I (W/m ²)	T(K) interpolação
1.0	0.0	0.87	1.149	5.747	754.92	0.00	1248
2.0	0.3	1.1	1.818	9.091	1497.98	3.97	1839
3.0	1.1	1.28	2.344	11.719	2081.94	14.55	2279
4.0	2.4	1.47	2.721	13.605	2501.21	31.75	2582
5.0	4.2	1.66	3.012	15.060	2824.50	55.56	2821
6.0	6.4	1.83	3.279	16.393	3120.77	84.66	3016
7.0	8.7	1.98	3.535	17.677	3405.95	115.08	3207
8.0	11.2	2.13	3.756	18.779	3650.97	148.15	3372
9.0	13.6	2.24	4.018	20.089	3942.06	179.89	3506
10.0	16.6	2.38	4.202	21.008	4146.31	219.58	3520



0) as primeiras partes estão muito distantes do sistema em
 vista, podendo ser melhor avaliada neste intervalo de dependência
 para o ajuste na função, por isso, grande importância para o estudo.

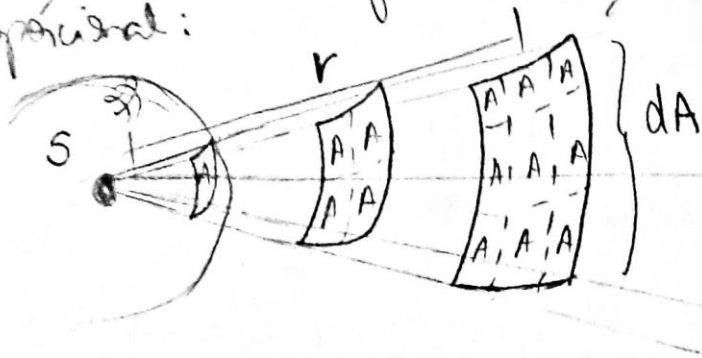
e) Temos um estudo de calor teórico para P e A, potência e constante.

de Boltzman:	TEORICO	EXPERIMENTAL	erro
P	4	3,75	7%
A	$5,67 \times 10^8$	$1,38 \times 10^{23}$	—

O calor se mediam muito distante e incerto, entretanto, o perfil
 do curva se aproxima do equação dada pela Lei de Stefan Boltzman. A
 ordem de grandeza do potência em proporção $R \times T$ se aproxima do esperado.

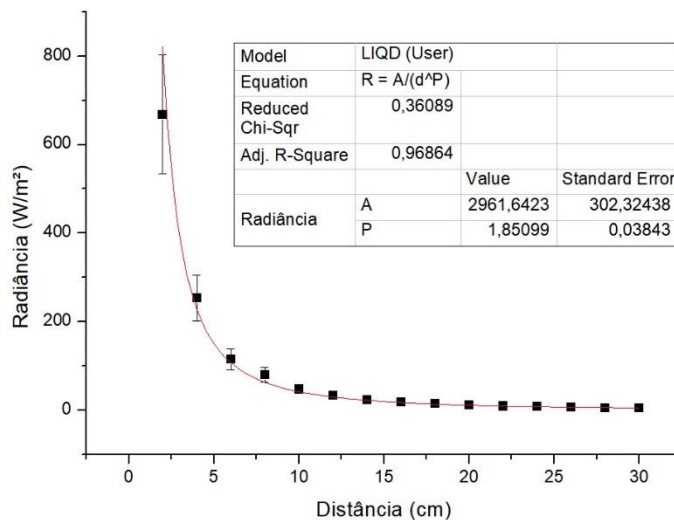
→ PARTE 3:

Construindo um gráfico com os valores de Radiação x Distância
 podemos observar que conforme a distância aumenta, a radiação diminui
 muito. É possível notar que para pequenas distâncias, uma pequena
 variação resulta em grande variação da radiação, tornando inversamente
 proporcional:



$$A = 4\pi r^2$$

$$S = \frac{dP}{dA} = \frac{P}{4\pi r^2} \text{ (Potência)}$$



Para definir o caráter do inverso da distância, ajustamos as dados à equação: $R = \frac{A}{D^2}$. No ajuste obtemos $\tau(\text{potência}) = 1,85 \pm 0,04$, sendo o esperado para o número de potência, sendo portanto satisfatório à teoria apresentada com um erro de 8% aproximadamente.

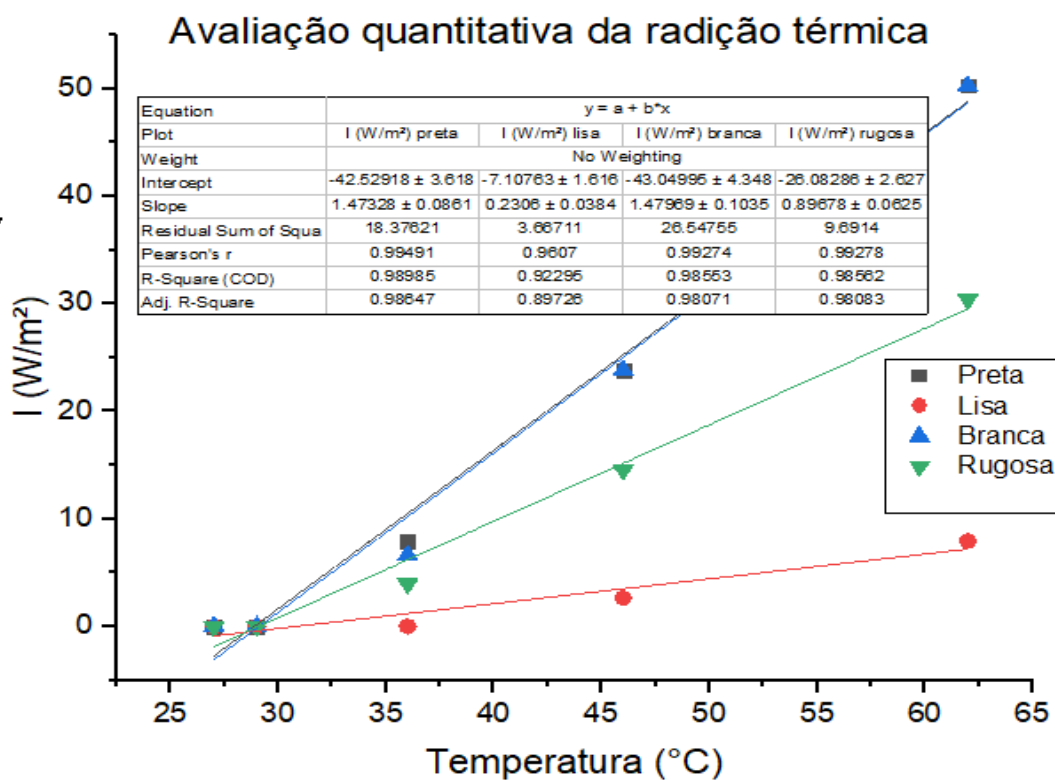
→ PARTE 4:

Com a porcentagem de radiação em cada face para iguais temperaturas, construímos os gráficos desta relação.

Notamos que a radiação térmica é diferente para cada face do cubo, mesmo que sua temperatura seja a mesma dependendo da dependência entre a natureza da superfície incidente e radiação.

No ajuste, os maiores coeficientes angulares foram para as faces preta e branca, mostrando maiores valores de radiação e também caráter de comportamento de "corpo negro" enquanto que as faces lisa e rugosa apresentam baixas potências de radiação.

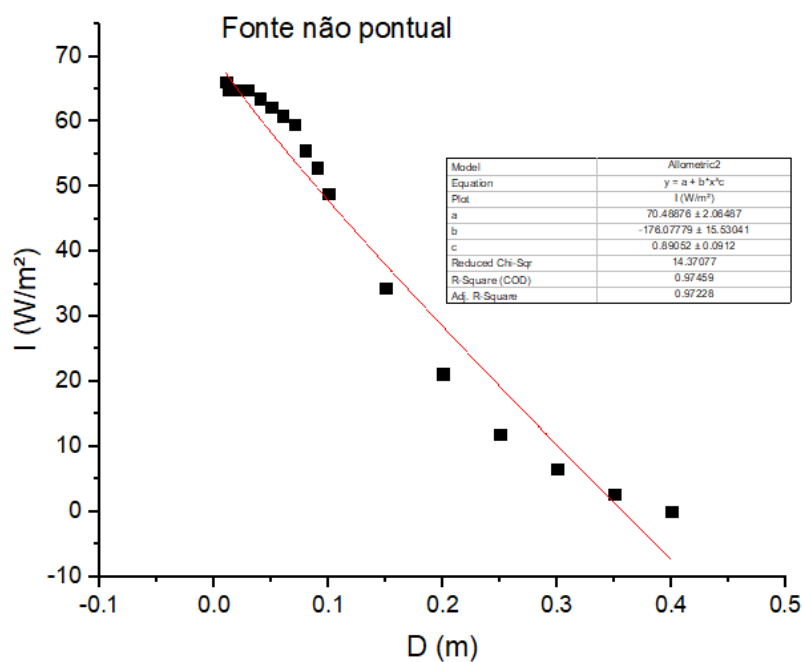
Os altos coeficientes angulares do face branco e preto nos mostram uma alta radiação e alta absorção da radiação incidente conferindo-lhe caráter de corpo negro. Enquanto que a irregularidade da face rugosa provoca grande dispersão das raia luminosa e a face lisa alta reflexão sem absorção dos mesmos.



→ PARTE 5:

Tomando os valores da radiação e da distância construímos o gráfico mostrado.

Observamos o comportamento do decaimento da radiação ao distanciar a fonte do detector, entretanto, ao tentarmos ajustar a curva à função de decaimento com o inverso do quadrado da distância, não obtemos um resultado satisfatório. Isso comprova que para validar tal teoria, devemos considerá-la para fontes pontuais.



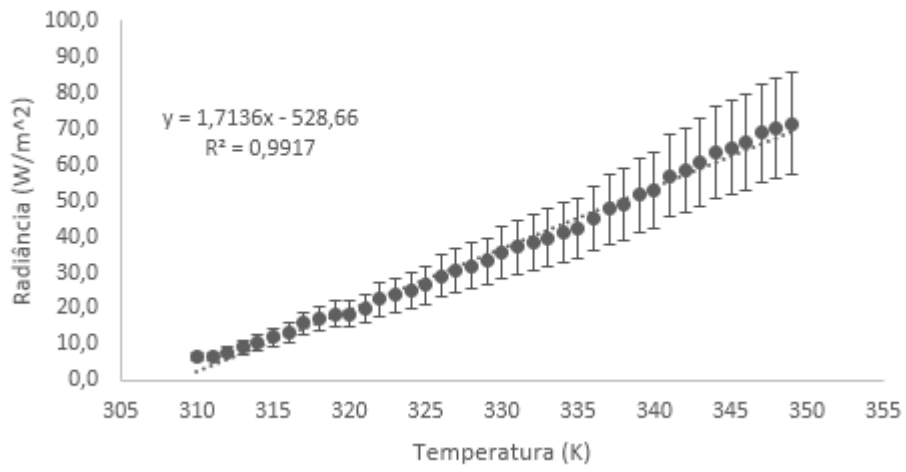
→ PARTE 6

nesta etapa, verificamos a lei de Stefan-Boltzmann em baixas temperaturas ao respirar o lado preto da caixa

Observamos nos dados plotados do gráfico que a intensidade de radiação decai ao aumentar a distância do cubo ao detector, assim como no gráfico verificamos do quadrado da distância

Porém, não é observado uma curva que se adequa à lei de Stefan-Boltzmann, isso porque o sensor utilizado no experimento não responde bem às pequenas variações de temperatura e pequenas intensidades da radiação.

Experimental



PARTE 7:

As medições a radiação do corpo, observamos da mesma forma pequenos valores de intensidade tornando os dados obtidos muito variáveis as teóricas.

O valor teórico da radiação do corpo humano é de 75 W/m^2 , uma vez que a potência de radiação emitida pela pele do nosso corpo é de 90 W em uma área de $1,2 \text{ m}^2$.

Observamos pela tabela construída a partir dos valores coletados pelo sensor em contato com a pele, que os valores da radiação não são uniformes.

Isso ocorre além do sensor não ser muito adequado para baixas temperaturas, mas variações de emissões de Radiação diferentes para cada região do corpo (osso, gordura, músculo, etc).

Pessoa	A	B	C
Antebraço	5,3	4	2,6
Pescoço	6,6	5,3	5,3
Palma	5,3	5,3	1,3

Área total = $1,2 \text{ m}^2$	Fração de área	Área (m^2)
Antebraço	0,030	0,036
Pescoço	0,020	0,024
Palma	0,012	0,014
Soma	0,062	0,074

	Potência do membro (W)		
Pessoa	A	B	C
Antebraço	0,19	0,14	0,10
Pescoço	0,16	0,13	0,13
Palma	0,08	0,08	0,02
Soma	0,43	0,35	0,24

• Conclusão:

Com o sensor foi possível estudar a Lei de Stefan - Boltzmann. Quando as incertezas, a radiação varia com T^4 . Verificou-se também o decréscimo da radiação com o quadrado da distância. Um corpo extenso irradia como um corpo pontual a grandes distâncias. Para se estudar a radiação de um corpo a baixas temperaturas (temperatura ambiente) é necessário tomar cuidado com a temperatura do sensor e sua proximidade com o corpo no qual está se fazendo a medição.

• **OROLOGRAFIA:**

- *Actas experimentales;*
- *Lopez, Wilson "Constatación de Boltzmann". Universidad, Querétaro, 2010.*

