

16

Intensidade da Luz vs Distância e Atenuação de Filtros

Jorge Rodrigues, PL1, Grupo 2
Departamento de Física e Astronomia da Universidade do Porto

Sumário

isto não é

Através do Osciloscópio, observou-se a Tensão detetada pelo sensor colocado numa linha reta com o filamento de uma lâmpada com um *chopper* em frente à mesma.

Numa primeira fase, foi-se alterando a distância entre o sensor e o filamento da lâmpada para verificar a linearidade do gráfico de $\text{Log}_{10}(V)$ em função de $\text{Log}_{10}(d)$. Observou-se uma reta de equação $\text{Log}_{10}(V) = -1,9904 \times \text{Log}_{10}(d) + 5,5256$

Numa segunda fase, a uma distância constante (25cm) foram-se colocando filtros em frente ao sensor e efetuou-se o cálculo do Coeficiente de Absorção (α) do material constituinte dos filtros (Acrílico) através da relação entre $\ln(V)$ e $x(\text{mm})$ em que x é a espessura total dos filtros.

Obtiveram-se valores de α de $[0,2022 \pm 0,0017] \text{mm}^{-1}$

Introdução

A luz é uma radiação eletromagnética. Esta tem um comprimento de onda ($\lambda = v/f$) associado à mesma. O olho humano apenas consegue detetar radiações na zona do visível. Na imagem seguinte podemos ver a gama de comprimentos de onda nessa zona. É curioso ver que essa gama é uma porção mínima em relação a todo o espectro eletromagnético:

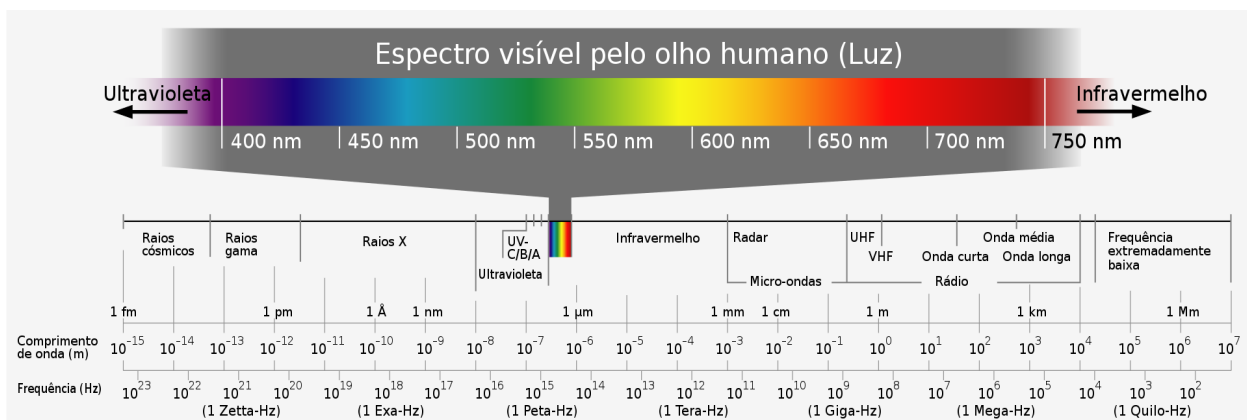


Figure 1: Espectro Eletromagnético

Uma fonte de luz tem vários parâmetros importantes a ela associados, entre eles a Energia radiante (Q , J) e o Fluxo ou Potência radiante (Φ_e , W). Estas duas grandezas relacionam-se através da seguinte equação, onde t é o tempo:

$$\Phi_e = \frac{dQ}{dt} \quad (1)$$

Ora daqui surge uma outra grandeza denominada de Intensidade Radiante (ou apenas Intensidade da Luz, I_e) que é o Fluxo radiante por unidade de ângulo sólido (W/sr):

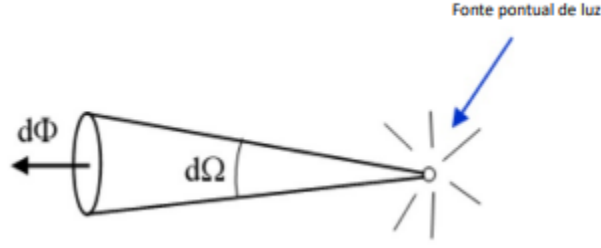


Figure 2: Fonte Pontual de Luz e o ângulo sólido associado

$$I_e = \frac{d\Phi_e}{d\Omega} \quad (2)$$

Onde $d\Omega$ é o ângulo sólido.

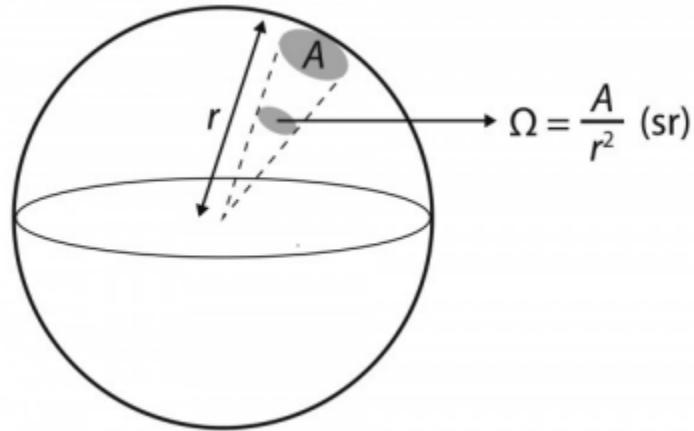


Figure 3: Ângulo Sólido

Neste trabalho usa-se um detetor. Ora considerando a sua área sensível igual a S obtemos, para a potência, a partir de agora denominada P :

$$P = \int_S I_e dS = \frac{I_e A}{R^2} S = \frac{K}{R^2} \quad (3)$$

Chamamos a isto a Lei do Quadrado da Distância.

Agora consideremos que é colocado perpendicularmente à direção de propagação da luz, um meio absorvente de espessura dx entre o sensor e a fonte pontual. Podemos estabelecer uma relação entre a Potência Incidente (P_{inc}) e a Potência Transmitida (P_{Trans}):

$$P_{trans} = P_{in} - \alpha P_{in} dx \quad (4)$$

Sendo $\alpha P_{in} dx$ a Potência absorvida e α o Coeficiente de Absorção do meio.

Conseguimos obter através da equação anterior que a variação de Potência ao atravessar o meio absorvente é dada por:

$$dP = P_{trans} - P_{in} = -\alpha P_{in} dx = -\alpha P dx$$

Integrando, iremos obter a seguinte equação:

$$P(x) = P_0 e^{-\alpha x}$$

$$V(x) = V_0 e^{-\alpha x}$$

$$\ln(V) = \ln(V_0) - \alpha x \quad (5)$$

Obtendo esta equação partindo da relação $P(x) \propto V(x)$

Método Experimental

Este trabalho divide-se em 2 partes:

1. Estudo da relação entre a potência luminosa de uma fonte pontual e a distância a esta;
2. Cálculo do Coeficiente de Absorção dum tipo de filtro (Acrílico)

Parte 1

- Primeiramente, montar o circuito.
- Depois de efetuar o varrimento em distâncias para determinar a gama a utilizar na primeira parte, efetuar uma primeira medição para $d=20\text{cm}$ em AC e em DC e registar as diferenças na visualização no osciloscópio.
- Dentro da gama, escolher um número de amostras a tirar.
- Como vamos fazer um gráfico de $\text{Log}_{10}(V)$ em função de $\text{Log}_{10}(d)$, definir o intervalo de distâncias como:
$$\frac{\log_{10}(d_{Máx}) - \log_{10}(d_{min})}{n^{\circ} \text{ de amostras}} \quad (6)$$
- Variar a distância nos intervalos calculados anteriormente e efetuar as medições de V consoante a distância ao sensor.
- Elaborar o gráfico de $\log_{10}(V)$ em função de $\log_{10}(d)$.

- Verificar a *Lei do Quadrado da Distância* (Equação 3).
- Avaliar a tendência observada.

indicar na fig e suprimir no texto

Ponto Importante! - Deve ser colocado um pano de cor escura (de preferência preto) para evitar a reflexão da luz nos tubos meálicos que servem de base na figura 1

Parte 2

- Colocar o suporte de filtros em frente ao sensor. Este não deve ser colocado em frente à lâmpada para evitar a dispersão dos raios de luz que saem da mesma.
- Escolher uma distância r que deverá permanecer fixa até ao fim da segunda parte do trabalho.
- Registrar V em função da espessura dos filtros(x).
- Traçar $\ln(V)$ em função de x .
- Calcular α através da Equação 5.

Nota - Usamos a soma das espessuras dos filtros e não o nº de filtros pois nem todos os filtros têm a mesma espessura.

Esquema Experimental

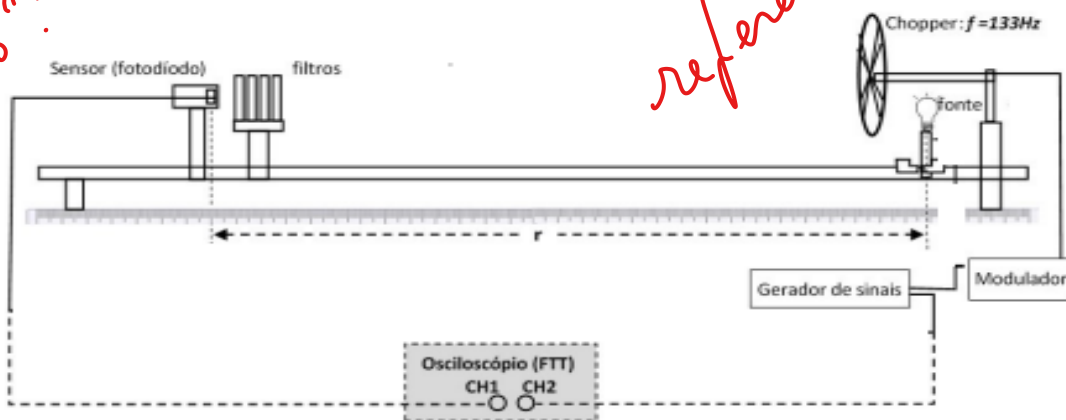


Figura 1: Esquema da montagem experimental. O suporte para os filtros apenas foi inserido para a 2ª parte do trabalho. O sensor deve estar alinhado com o filamento da lâmpada.

NOTA ; Este trabalho está redigido (componente método exp. & análise) como se fosse um logbook, e é um RELATÓRIO!

Análise de Dados

Para a primeira parte do trabalho fez-se o varrimento para determinar a gama em que se devia trabalhar. Escolhemos para a distância um intervalo de valores entre 20cm e 90cm e escolhemos fazer cerca de 50 medições. Logo o intervalo entre medições(a) foi determinado por:

$$a = \frac{\log_{10}(d_{\max}) - \log_{10}(d_{\min})}{n - 1} = \frac{\log_{10}(90) - \log_{10}(20)}{49} \quad (7)$$

Este intervalo não vai ser sempre o mesmo pois o mesmo não vai ser somado. O segundo valor, por exemplo, vai ser dado por $20 \times a$. O valor a vai ser multiplicado pelo valor anterior, de modo a obter 90 na 50ª medição.

Manteve-se a frequência a 135Hz e começou-se a observar.

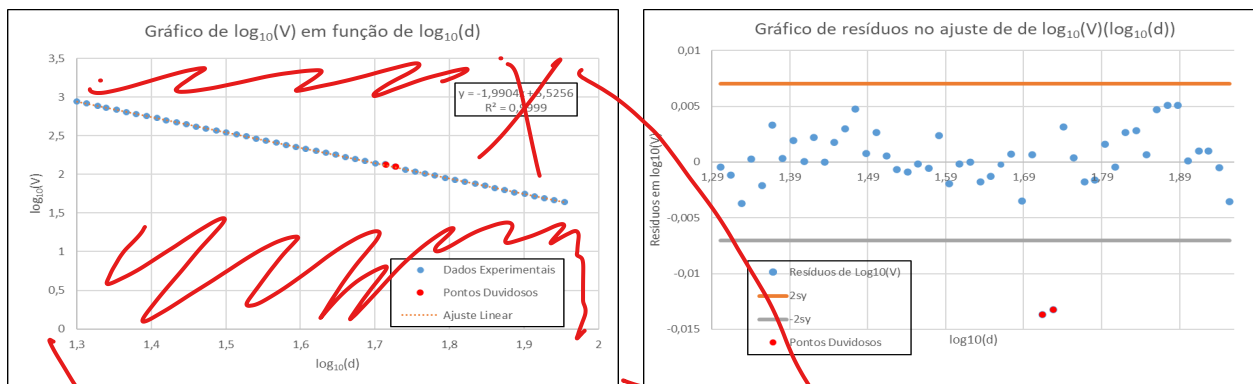


Figure 4: $\log_{10}(V)[\log_{10}(d)]$

m	-1,9904	5,5256	b
Δm	0,0025	0,0042	Δb
R^2	0,9999	0,0035	Δy

Table 1: Ajuste linear $\log_{10}(V)[\log_{10}(d)]$

Não se visualiza uma tendência no gráfico de resíduos. Porém, temos 2 pontos fora dos limites de $\pm 2\Delta y$. Após discutir com o meu colega, concluímos que por lapso nosso o pano não foi colocado por cima dos tubos metálicos, pelo que houve, com certeza, alguma reflexão nos mesmos. e esses pontos foram eliminados do aj.

Obteve-se:

$$m = -1,9904 \pm 0,0025$$

O que nos dá, assumindo um valor real de $m_{\text{real}} = -2$:

$$\text{Inc}(\%) = 0,13\%$$

$$\text{Erro relativo}(\%) = 0,48\% \approx 0.5\%$$

NOTA: a linha a apresentar nos gráficos é a de ajuste e não a de tendência!

De seguida, inseriu-se o suporte para os filtros e definiu-se uma distância fixa de 25cm entre o sensor e o filamento da lâmpada. *Por que? ... distância que garante a maximização do sinal e está ainda dentro do comportamento esperado (fig...)*

Foram-se colocando filtros e medindo V em função da espessura dos filtros: Comçando no primeiro ensaio, há alguns pontos duplos pois os valores no osciloscópio variavam bastante, pelo que assumimos dois valores como possíveis. Realizaram-se 5 ensaios. Apenas a partir do 3º ensaio é que se começaram a medir tanto em AC(Corrente ALternada) e em DC(Corrente Contínua).

Ensaio 1

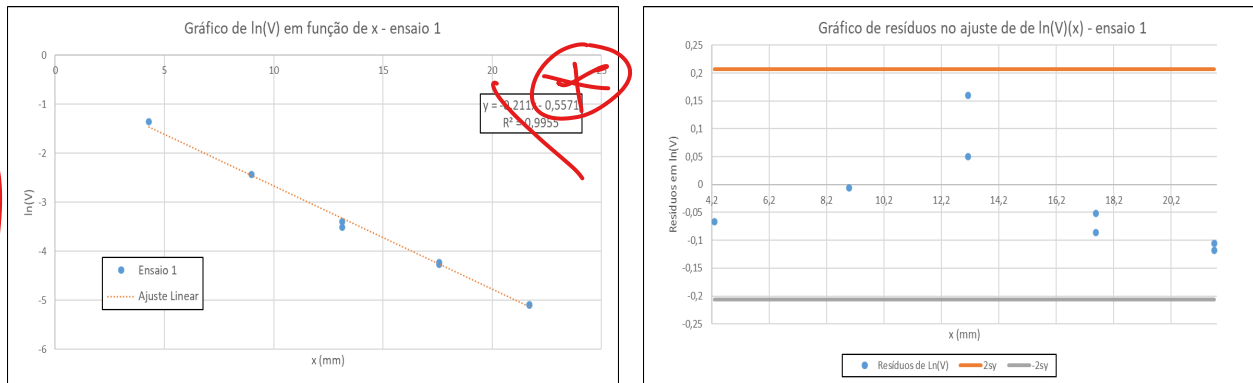


Figure 5: Ensaio 1

m	-0,211	-0,557	b
Δm	0,006	0,092	Δb
R^2	0,996	0,093	Δy

Table 2: Ajuste linear $\ln(V)(x)$ - Ensaio 1

Conseguimos observar uma certa tendência. Dividiremos em duas gamas: Uma nos primeiros 3 valores de espessura(1) e outra nos últimos 2(2). Para a Gama 1, temos:

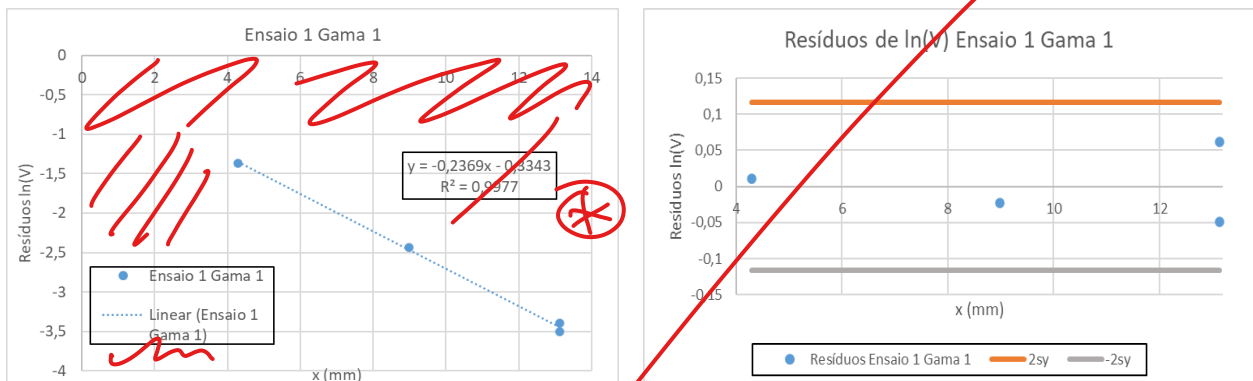


Figure 6: Ensaio 1 - Gama 1

m	-0,2369	-0,3343	b
Δm	0,0080	0,0841	Δb
R^2	0,9977	0,0582	Δy

Table 3: Ajuste linear Ensaio 1 - Gama 1

Para a Gama 2, temos:

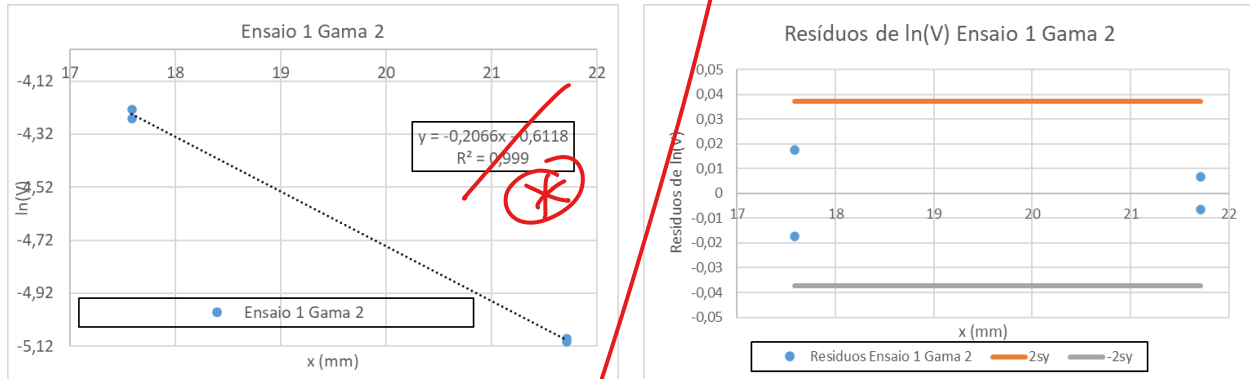


Figure 7: Ensaio 1 - Gama 2

m	-0,2066	-0,6118	b
Δm	0,0045	0,0891	Δb
R^2	0,9990	0,0186	Δy

Table 4: Ajuste Linear Ensaio 1 - Gama 2

Temos então, usando como valor teórico $\alpha = 0,210mm^{-1}$, para a Gama 1:

$$\alpha_1 = [0,2369 \pm 0,0080]mm^{-1}$$

$$Inc(\%) = 3,3711\%$$

$$E_r(\%) = 18,4729\%$$

E para a Gama 2:

$$\alpha_2 = [0,2066 \pm 0,0045]mm^{-1}$$

$$Inc(\%) = 2,1840\%$$

$$E_r(\%) = 1,6384\%$$

NOTA: Faltam as barras de inc, exp³ em todos os gráficos de resíduos!

NOTA: Num relatório, 1º vem a "apresentação" do gráfico em texto (n.º pag), só depois aparece o gráfico!

Ensaio 2

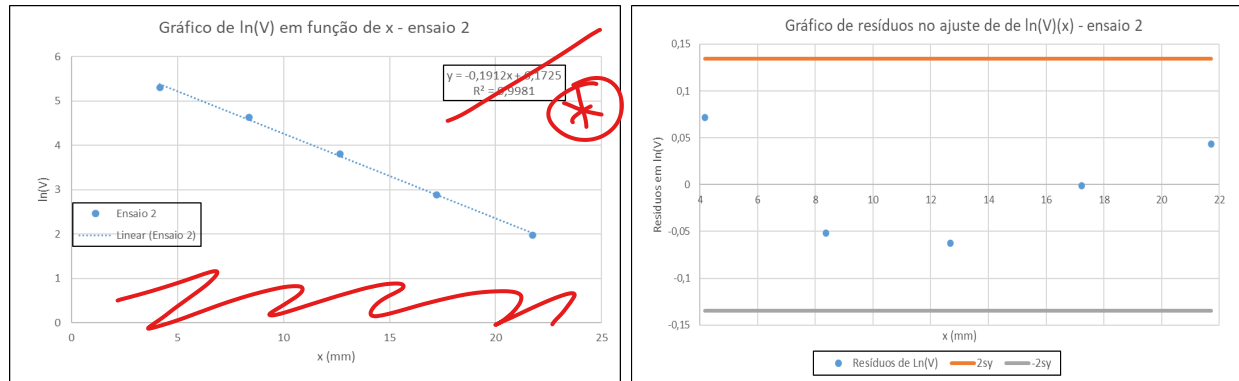


Figure 8: Ensaio 2

m	-0,1912	6,1725	b
Δm	0,0048	0,0689	Δb
R^2	0,9981	0,0673	Δy

Table 5: Ajuste linear $\ln(V)(x)$ - Ensaio 2

Obtiveram-se os seguintes valores:

$$\alpha = [0,1912 \pm 0,0048] mm^{-1}$$

$$Inc(\%) = 2,5282\%$$

$$E_r(\%) = 4,4000\%$$

Ensaio 3

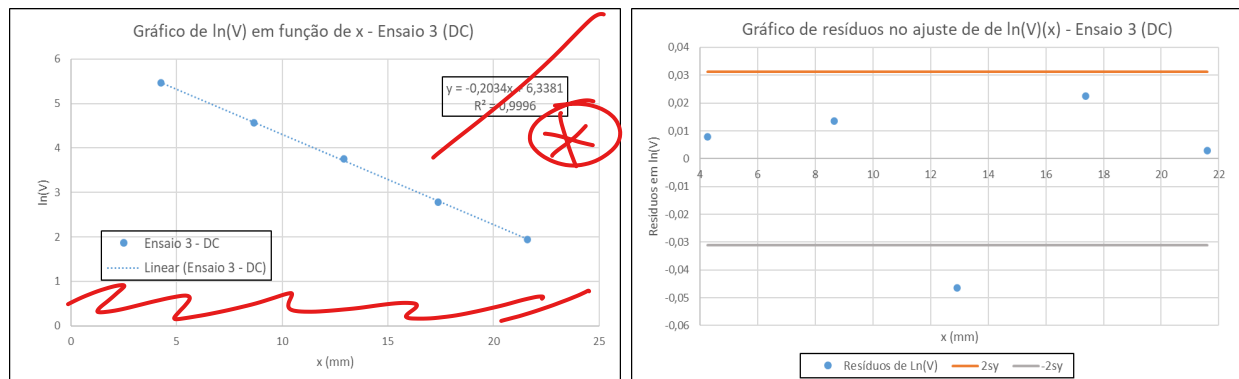


Figure 9: Ensaio 3 em DC

m	-0,2034	6,3381	b
Δm	0,0023	0,0325	Δb
R^2	0,9996	0,0312	Δy

Table 6: Ajuste linear $\ln(V)(x)$ - ensaio 3 (DC)

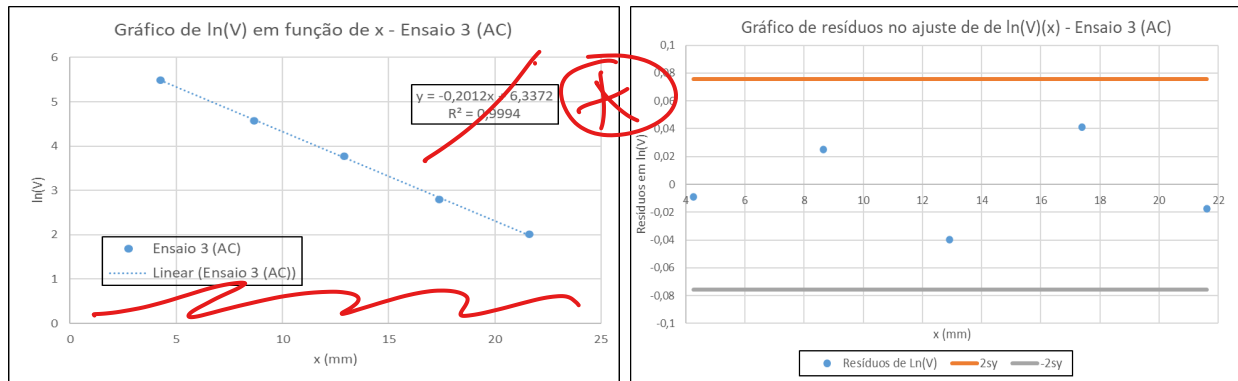


Figure 10: Ensaio 3 em AC

m	-0,2012	6,3372	b
Δm	0,0028	0,0395	Δb
R^2	0,9994	0,0379	Δy

Table 7: Ajuste linear $\ln(V)(x)$ - ensaio 3 (AC)

Em D.C:

$$\alpha = [0,2034 \pm 0,0023]mm^{-1}$$

$$Inc(\%) = 1,1151\%$$

$$E_r(\%) = 1,6910\%$$

Em A.C:

$$\alpha = [0,2012 \pm 0,0028]mm^{-1}$$

$$Inc(\%) = 1,3702\%$$

$$E_r(\%) = 0,5998\%$$

Ensaio 4

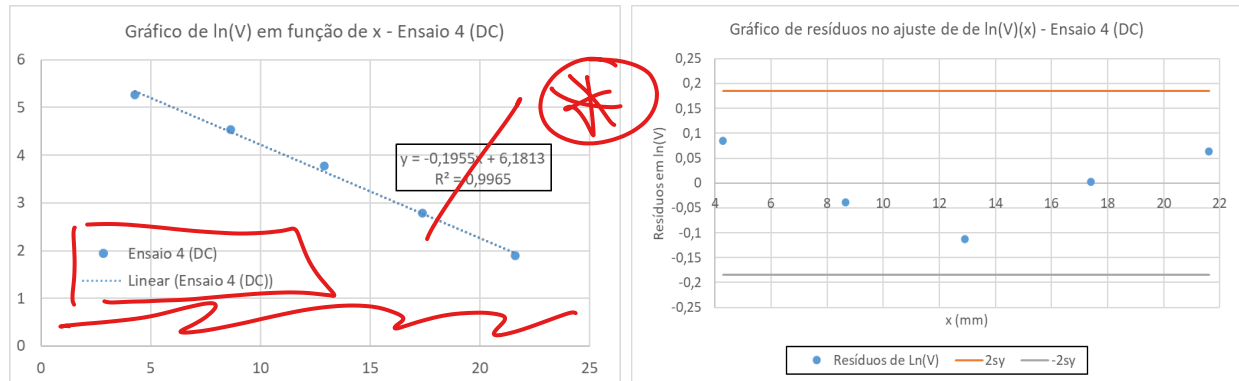


Figure 11: Ensaio 4 em DC

m	-0,1955	6,1813	b
Δm	0,0067	0,0966	Δb
R^2	0,9965	0,0924	Δy

Table 8: Ajuste linear $\ln(V)(x)$ - ensaio 4 (DC)

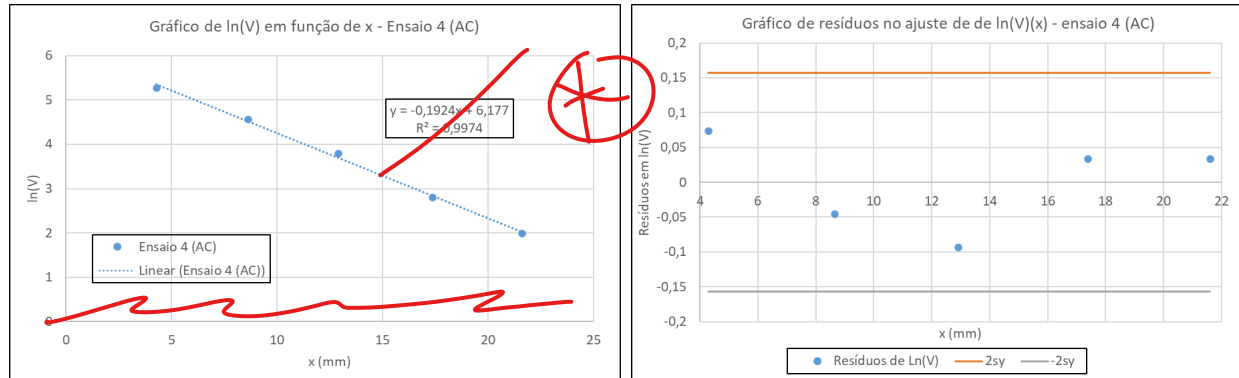


Figure 12: Ensaio 4 em AC

m	-0,1924	6,1770	b
Δm	0,0057	0,0821	Δb
R^2	0,9974	0,0785	Δy

Table 9: Ajuste linear $\ln(V)(x)$ - ensaio 4 (AC)

Em D.C

$$\alpha = [0,1955 \pm 0,0067]mm^{-1}$$

$$Inc(\%) = 3,4440\%$$

$$E_r(\%) = 2,2572\%$$

Em A.C

$$\alpha = [0,1924 \pm 0,0057]mm^{-1}$$

$$Inc(\%) = 2,9728\%$$

$$E_r(\%) = 3,7787\%$$

Ensaio 5

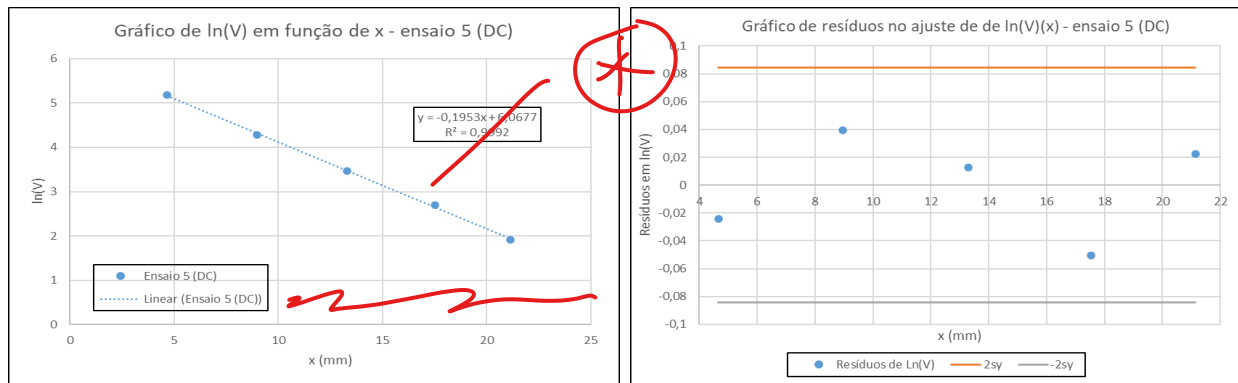


Figure 13: Ensaio 5 em DC

m	-0,1953	6,0677	b
Δm	0,0032	0,0461	Δb
R^2	0,9992	0,0421	Δy

Table 10: Ajuste linear $\ln(V)(x)$ - ensaio 5 (DC)

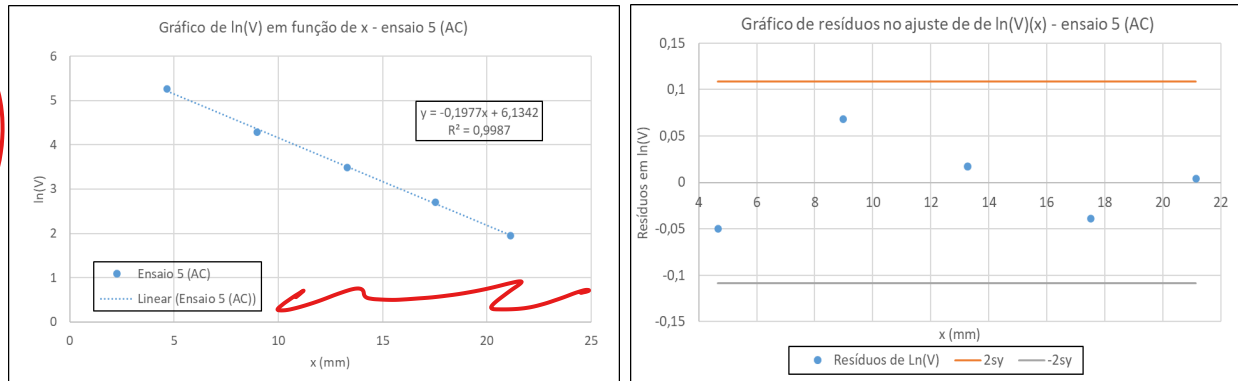


Figure 14: Ensaio 5 em AC

m	-0,1977	6,1342	b
Δm	0,0041	0,0596	Δb
R^2	0,9987	0,0544	Δy

Table 11: Ajuste linear $\ln(V)(x)$ - ensaio 5 (AC)

Em D.C

$$\alpha = [0,1953 \pm 0,0032]mm^{-1}$$

$$Inc(\%) = 1,6422\%$$

$$E_r(\%) = 2,3536\%$$

Em A.C

$$\alpha = [0,1977 \pm 0,0041]mm^{-1}$$

$$Inc(\%) = 2,0963\%$$

$$E_r(\%) = 1,1656\%$$

eq. 3 e contar simples em anexo!

Determinação do Coeficiente de Absorção

Usaremos a média de todos os valores de α para apresentar o valor final obtido. Temos então:

$$\alpha = \frac{0,2369 + 0,2066 + 0,1912 + 0,2034 + 0,2012 + 0,1955 + 0,1924 + 0,1953 + 0,1977}{9}$$
$$\alpha = 0,2022 \pm 0,0017 \text{ mm}^{-1}$$

O que nos dá:

$$E_r(\%) = 1,1222\% \quad (8)$$

$$Inc(\%) = 0,7970\% \quad (9)$$

Recolhi alguns dados de outros grupos e obtive o seguinte:

$$\alpha = 0.18 \pm 0.01 \text{ mm}^{-1}$$

$$\alpha = 0,2192 \pm 0,0017 \text{ mm}^{-1}$$

O que mostra que os valores, apesar de rondarem sempre os $0,20 \text{ mm}^{-1}$, nunca se aproximam tanto como o nosso.

Conclusões

A linearidade prevista na primeira parte do trabalho verificou-se, pois obtive uma linearidade clara no gráfico de $\log_{10}(V)$ em função de $\log_{10}(d)$. Obtivemos 2 pontos suspeitos que foram provocados devido ao esquecimento de colocar o pano preto a tapar os tubos metálicos, o que levou a alguma reflexão e prejudicou muito ligeiramente os dados.

Quanto à segunda parte:

Em termos de erro, a determinação do coeficiente de absorção é fiável, devido ao erro ser 1,1222% e a incerteza ser 0.7970%. Fizemos um bom estudo com 5 ensaios e todos eles com bons resultados, sendo o pior provavelmente o primeiro, mas não sei revelar o motivo.

Um estudo mais afincado pedia uma melhor sala, de preferência com paredes escuras para evitar a reflexão da luz. Porém, o local de trabalho que tivemos permitiu-nos determinar valores com baixas % de erro e com % de incertezas ainda mais baixas, pelo que todos os valores determinados foram próximos dos teóricos. Algo que também pode ter afetado o trabalho foi o facto de os filtros serem constituídos por placas distintas. Isto pode ter causado fendas de ar entre placas que provocam reflexões sucessivas. Apresentando os valores finais:

Para a Primeira parte:

$$m = -1,9904 \pm 0,0025$$

$$Inc(\%) = 0,13\%$$

$$E_r(\%) = 0,48\%$$

Para a Segunda parte:

$$\alpha = 0,2022 \pm 0,0017 \text{ mm}^{-1}$$

$$Inc(\%) = 0,7970\%$$

$$E_r(\%) = 1,1222\%$$

Referências

→ *incompletas*

[1] **Protocolo do Trabalho 3A:** Intensidade da luz vs distância e atenuação de filtros
– *Laboratório de Física II - 2022/2023*

Anexo

- Incertezas associadas aos logarítmos:

$$Inc(\ln(Y)) = \frac{Inc(Y)}{Y}$$

$$Inc(\log_{10}(Y)) = \frac{1}{\ln(10)} Inc(\ln(Y))$$

- Incerteza relativa:

$$Inc(x)\% = \frac{Inc(x)}{x} \times 100$$

- Erro relativo:

$$\text{erro}(\%) = \frac{|\text{valor exp.} - \text{valor ref.}|}{\text{valor ref.}} \times 100$$

- Incerteza da média:

$$u(\text{média}) = \frac{\sigma_{\text{mediação}}}{\sqrt{\# \text{medições}}}$$