

17.5

Trabalho 3A - Intensidade da luz vs distância e atenuação de filtros

Sérgio Quelhas Ferreira de Sousa

Departamento de Física e Astronomia da Faculdade de Ciências da
Universidade do Porto

1 de Março de 2023

Resumo

Nesta experiência foi estudada a relação entre a distância de uma fonte luminosa e a potência luminosa por ela fornecida. Foi também determinado o coeficiente de absorção do acrílico, tendo obtido um valor experimental de $219,00 \text{ m}^{-1}$, que corresponde a um desvio relativo percentual de ~~7,80~~ 7,80% e a uma incerteza relativa percentual de 0,80%.

→ resultado ? ... → ?

1 Introdução

A teoria corpuscular e ondulatória da luz são duas teorias fundamentais para entender o comportamento da luz. A teoria corpuscular, proposta por Isaac Newton, postula que a luz é composta por partículas, conhecidas como corpúsculos ou fótons, que se movem em linha reta e interagem com a matéria de maneira similar a outras partículas. Por outro lado, a teoria ondulatória, proposta por Christiaan Huygens, postula que a luz é uma onda eletromagnética que se propaga através do espaço e pode ser descrita em termos de frequência, comprimento de onda e amplitude. Embora as duas teorias tenham sido propostas há séculos, o debate sobre qual teoria é mais precisa e adequada para descrever a luz continua até os dias de hoje. Nesta atividade iremos interpretar a luz, usando a teoria ondulatória proposta por Huygens.

Uma fonte de luz pontual tem uma energia radiante Q , medida em joules, e um fluxo radiante Φ_e , ou potência radiante, medida em watts, que é o fluxo (emitido, refletido, transmitido ou recebido) de energia radiante por unidade de tempo.

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

A intensidade radiante (I_e) ou intensidade de luz é o fluxo radiante por unidade de ângulo sólido numa dada direção, medida em watts por esterradiano.

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

A intensidade luminosa é dada em lúmens e corresponde à intensidade radiante num dado ângulo sólido. O ângulo sólido (Ω) associado a uma superfície (S) é definido como a área superficial de uma esfera unitária coberta pela projeção da superfície na esfera.

$$\Omega = \int \int_S \frac{\hat{n} \cdot dA}{r^2} = \frac{A}{r^2} \quad (3)$$

onde \hat{n} é um vetor unitário da origem, A é a área da superfície e r é a distância da origem ao diferencial. [1]

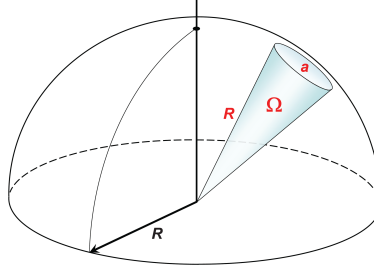


Figura 1: Ângulo Sólido.

. Considere-se agora que existe um detector sobre a superfície esférica, cuja área sensível é igual a S . A potência (P) medida pelo detector é dada por :

$$P = \int_S I_e dS = \frac{I_e A}{R^2} S = \frac{K}{R^2} \quad (4)$$

, podemos ver que $P \propto d^{-2}$ e a esta relação iremos chamar de lei do inverso do quadrado.

Se um meio absorvente é colocado entre a fonte pontual de luz e o detector, a potência transmitida, após ter atravessado uma fatia de espessura muito pequena dx desse meio, está relacionada com a potência incidente na fatia pela relação $P_{trans} = P_{in} - \alpha P_{in} dx$, onde $\alpha P_{in} dx$ é a potência absorvida e α é o coeficiente de absorção do meio. Assim :

$$dP = -\alpha P dx \quad (5)$$

Se integramos em ordem a x :

$$P(x) = P_0 e^{-\alpha x} \quad (6)$$

Podemos reescrever a expressão na seguinte forma.

$$\ln\left(\frac{P}{P_0}\right) = -\alpha x \quad (7)$$

[2]

2 Experiência

Esta atividade permite-nos verificar a relação proposta pela lei do inverso do quadrado (Equação 4), bem como usar a Equação 7 para calcular o coeficiente de absorção de um material (neste caso, o acrílico).

De forma a organizar melhor esta atividade, e tendo em conta os objetivos da mesma, podemos dividi-la em 2 partes :

- Estudo da relação entre o fluxo luminoso de uma fonte pontual e a distância a ela;
- Cálculo do coeficiente de absorção do acrílico.

2.1 Método experimental

Esta é a montagem experimental que iremos seguir nas 2 atividades, sendo que não iremos colocar nenhum filtro na primeira parte da mesma.

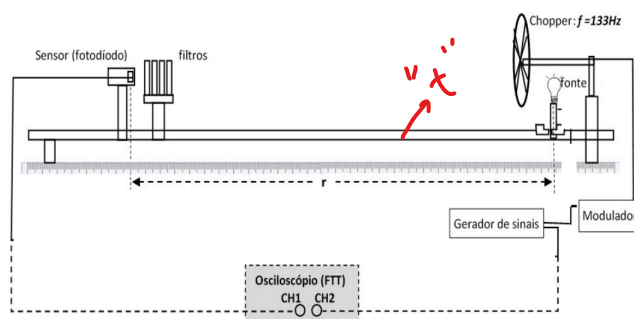


Figura 2: Montagem Experimental.

Antes de começarmos a execução experimental precisamos realizar alguns passos e ter alguns cuidados prévios:

- Selecionar uma frequência adequada para o modulador (100 - 200) Hz, isto é, a frequência do modulador deve ser alta o suficiente para que o detetor possa medir a média da luz modulada, mas baixa o suficiente para que o detector possa acompanhar a modulação;
- Realizar um varrimento inicial de distâncias modo a determinar a gama experimental mais adequada;
- Comparar os valores obtidos de entre corrente alternada e corrente contínua (AC e DC, respetivamente) para valores de distância aproximadamente igual a 20 cm.

2.1.1 Parte 1 : Estudo da relação entre o fluxo luminoso de uma fonte pontual e a distância a ela.

Execução experimental

1. Variar a distância do sensor à lâmpada de modo a que os valores obtidos se equidistam para obter um bom ajuste. A distância entre os pontos deve ter em conta a relação esperada e visualizada no varrimento inicial. Registrar os valores de tensão (V) obtidos;

Atenção

Não esquecer que é **crucial** ajustar a diferença de fase inicial para 0°

2. Com os valores obtidos, verificar se a lei do inverso do quadrado é válida (Equação 4).

2.1.2 Parte 2 : Cálculo do coeficiente de absorção do acrílico.

Execução experimental

1. Medir as espessuras dos filtros pois nem todos os filtros possuem a mesma espessura;
2. Colocar o suporte de filtros em frente ao sensor e escolher uma distância mínima para o qual se obtêm melhores valores de V;
3. Registrar os valores de V em função da espessura total de filtros correspondente;
4. Analisar a relação entre as espessuras dos filtros e a tensão (V) obtida e determinar o valor do coeficiente de absorção do acrílico.

2.2 Resultados Experimentais e Análise

Para começar a realizar a experiência, precisamos escolher uma frequência adequada para o *chopper*. Foi escolhida uma frequência de 133 Hz e colocada no modulador.

Foi efetuado um varrimento inicial de modo a testar quais seriam as condições ideais para realizar esta experiência. Foi usada uma gama bastante ampla $[(20,00 - 110,00) \pm 0,05]$ cm. Foram registados os valores em corrente alternada e corrente contínua, cujas tabelas podem ser consultadas no apêndice (Tabela 3 e Tabela 4) bem como os gráficos de $V(d)$, realizados para uma primeira análise (Gráfico 29 e Gráfico 30)

Foram então construídos os gráficos de $\text{Log}(V)[\text{Log}(d)]$ para confirmar a relação que queremos mostrar (Equação 4), porque :

$$\log(V) = -m \times \log(d) + \log(K') \quad (8)$$

X com m a ser o declive do gráfico $\text{Log}(V)[\text{Log}(d)]$

Corrente Alternada

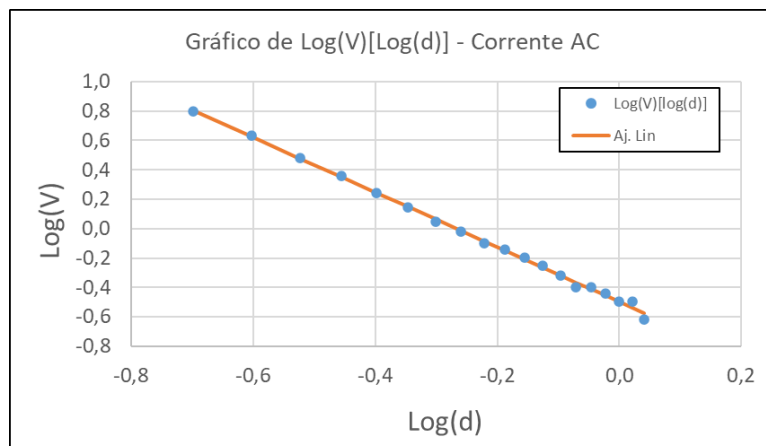


Gráfico 1: Gráfico de Log(V) em função de Log(d) para corrente alternada.

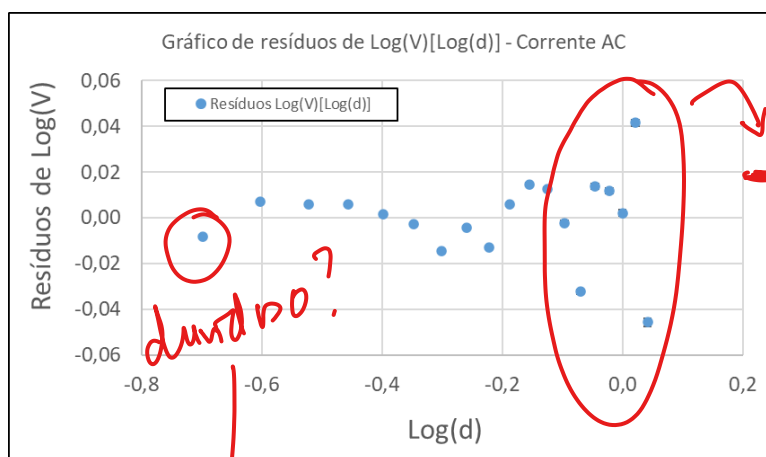


Gráfico 2: Gráfico de resíduos de Log(V) em função Log(d) para corrente alternada.

. Sensor demasiado próximo da fonte \Rightarrow fonte deixa de ser "pontual"

Corrente Contínua

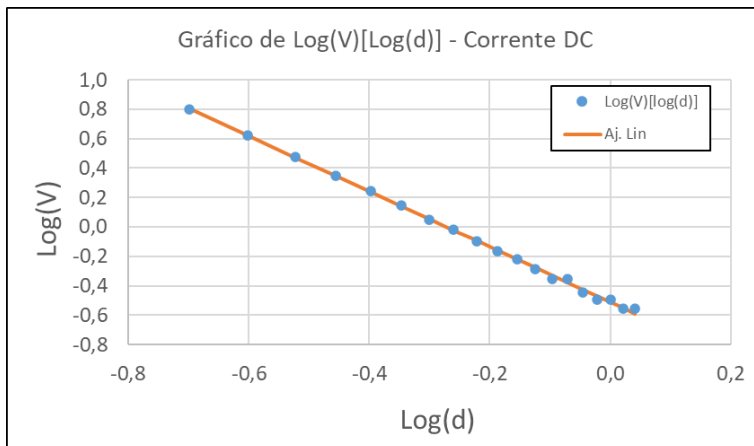
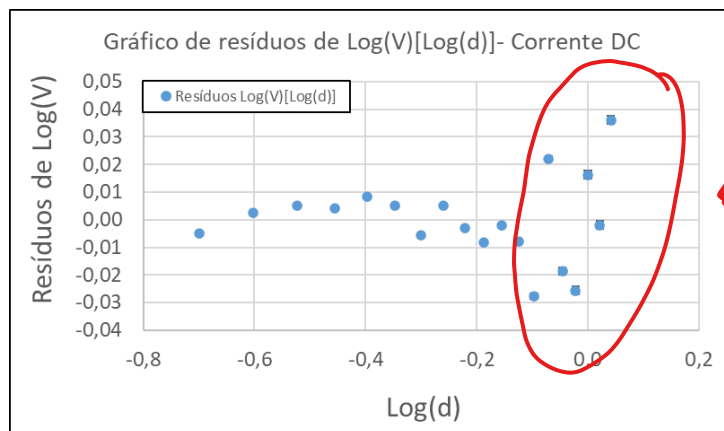


Gráfico 3: Gráfico de Log(V) em função de Log(d) para corrente contínua.



qualidade
 \Downarrow
retirar?

Gráfico 4: Gráfico de resíduos de Log(V) em função Log(d) para corrente contínua.

É de notar que foram colocadas as barras de incerteza nos gráficos de resíduos mas que as mesmas não são visíveis.

$$u(\text{Log}(V)) = \frac{1}{\text{Ln}(10)} \frac{u(V)}{V} \quad (9)$$

com $u(V)$ sendo a incerteza da medição da tensão no osciloscópio que é igual a $u(V) = 0.001V$

Através da análise dos gráficos podemos nos aperceber que não é possível observar uma diferença muito significativa entre corrente alternada e corrente contínua, pois ambas apresentam tendências semelhantes.

Os valores do ajuste linear de $\text{Log}(V)$ em função de $\text{Log}(d)$ devem corresponder ao simétrico do expoente da potência de d , que, segundo a lei do inverso do quadrado (Equação 4) é 2.

Assim, obtivemos os seguintes valores:

Para a corrente alternada

$$m = -1,86 \pm 0,02 \quad (10)$$

Para a corrente contínua

$$m = -1,88 \pm 0,02 \quad (11)$$

Estes valores foram obtidos através da Tabela 5 e da Tabela 6 e foi usado o valor proposto pela lei do inverso do quadrado (2) [Equação 4]

Decidimos analisar melhor a gama inicial de valores ([0-80] cm), para perceber se seria uma boa gama a analisar. Obtiveram-se os seguintes resultados:

Corrente Alternada

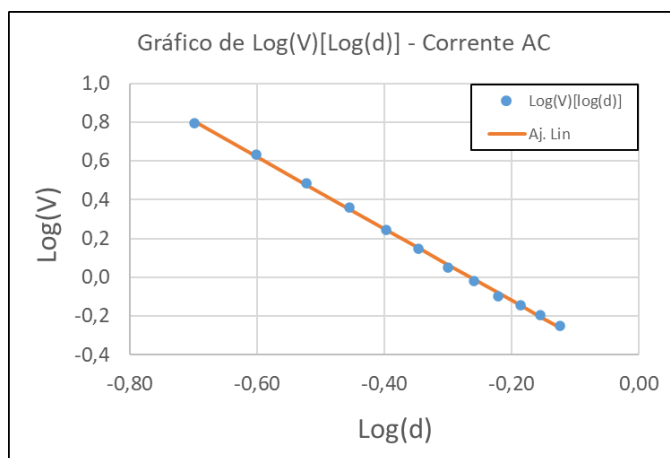


Gráfico 5: Gráfico de $\text{Log}(V)$ em função de $\text{Log}(d)$ para corrente alternada.

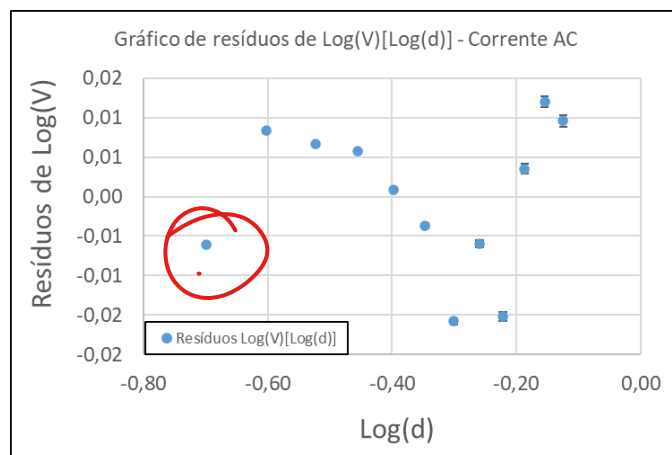


Gráfico 6: Gráfico de resíduos de $\text{Log}(V)$ em função de $\text{Log}(d)$ para corrente alternada.

Corrente Contínua

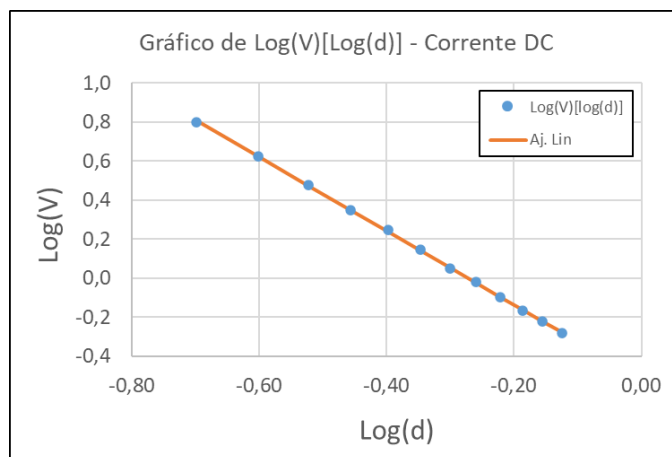


Gráfico 7: Gráfico de $\text{Log}(V)$ em função de $\text{Log}(d)$ para corrente contínua.

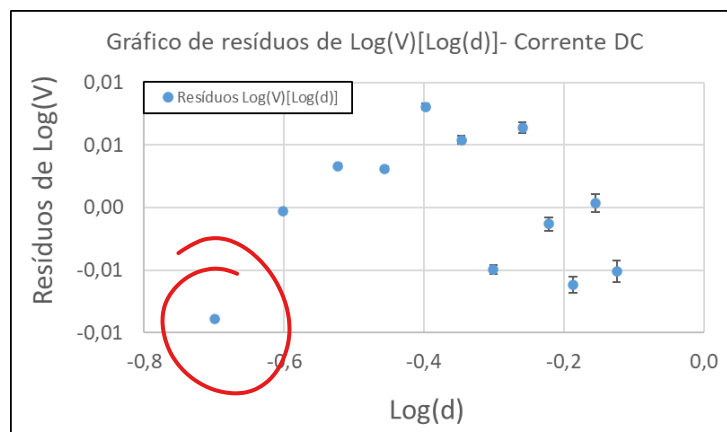


Gráfico 8: Gráfico de resíduos de $\text{Log}(V)$ em função $\text{Log}(d)$ para corrente contínua.

É de notar que foram colocadas as barras de incerteza nos gráficos de resíduos mas que as mesmas não são visíveis, sendo concordantes com a Equação 9

Decidimos sobrepor os dados obtidos de modo a comparar os resíduos obtidos.

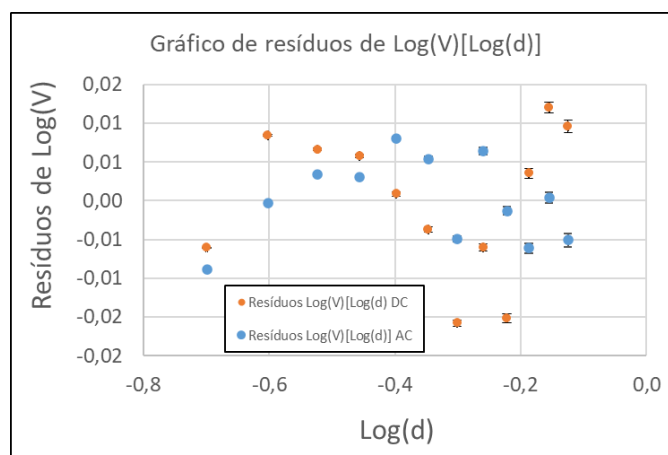


Gráfico 9: Gráfico de resíduos de $\text{Log}(V)$ em função $\text{Log}(d)$ sobrepostos.

Podemos nos aperceber que os resíduos de ambas as correntes aparentam comportamentos distintos.

Os valores do ajuste linear de $\text{Log}(V)$ em função de $\text{Log}(d)$ devem corresponder ao simétrico do expoente da potência de d , que, segundo a lei do inverso do quadrado (Equação 4) é 2.

NOTA: 0 1º ponto dá cabo do ajuste!

Sérgio Quelhas Ferreira de Sousa

Assim, obtivemos os seguintes valores:

Para a corrente alternada

$$m = -1,85 \pm 0,02 \quad (12)$$

Para a corrente contínua

$$m = -1,89 \pm 0,01 \quad (13)$$

Estes valores foram obtidos através da Tabela 7 e da Tabela 8 e foi usado o valor proposto pela lei do inverso do quadrado (2) [Equação 4]

Deste modo, decidimos que a gama que vamos utilizar para a próxima parte da experiência é $[(20,00 - 80,00) \pm 0,05 \text{ cm}]$ porque ao observarmos os gráficos realizados é possível reparar o que o ajuste se adequa para valores mais baixos de certo modo que a partir de 80 cm os valores não são relevantes e encontram-se bastante fora do ajuste e da tendência pretendida. Optamos também por utilizar corrente contínua. Isto deve-se pois obtivemos um menor erro para essa corrente, os valores dos resíduos são inferiores quando comparados com a corrente alternada e ajuste é melhor para a corrente contínua ($r_D^2 C > r_A^2 C$).

2.2.1 Parte 1 : Estudo da relação entre o fluxo luminoso de uma fonte pontual e a distância a ela.

Nesta parte da experiência, registamos os valores de tensão em função da distância ao sensor. Para obtermos um melhor ajuste, decidimos fazer com que os pontos fiquem homogêneos entre si.

Deste modo, para determinarmos as distâncias a que teríamos de retirar valores, usamos a seguinte lógica:

- Usando que, o intervalo entre um ponto à distância (d_n) do mínimo (d_{min}) é dada por:

$$\frac{d_n - d_{min}}{n} \quad (14)$$

, onde n é o índice do ponto que queremos calcular a distância

- Sabemos também que, o intervalo para cada ponto entre o d_{min} e d_{max} é dado por

$$\frac{d_{max} - d_{min}}{n_T - 1} \quad (15)$$

, onde n_T é o número de pontos que queremos e $n_T - 1$ é o número de intervalos.

Podemos nos aperceber que ambas as expressões significam o mesmo, representam a distância para cada ponto. Logo:

$$\frac{d_n - d_{min}}{n} = \frac{d_{max} - d_{min}}{n_T - 1} \quad (16)$$

Substituindo d_n por $\log(d_n)$, d_{min} por $\log(d_{min})$ e d_{max} por $\log(d_{max})$:

$$\frac{\log(d_n) - \log(d_{min})}{n} = \frac{\log(d_{max}) - \log(d_{min})}{n_T} \quad (17)$$

$$\log(d_n) = \log(d_{min}) + \frac{\log(d_{max}) - \log(d_{min})}{n_T - 1} n \quad (18)$$

$$d_n = 10^{\log(d_{min}) + \frac{\log(d_{max}) - \log(d_{min})}{n_T - 1} n} \quad (19)$$

Usando a Equação 19, determinamos as distâncias para os 20 pontos que retiramos valores e elaboramos a Tabela 11, o Gráfico 33 e os gráficos seguintes:

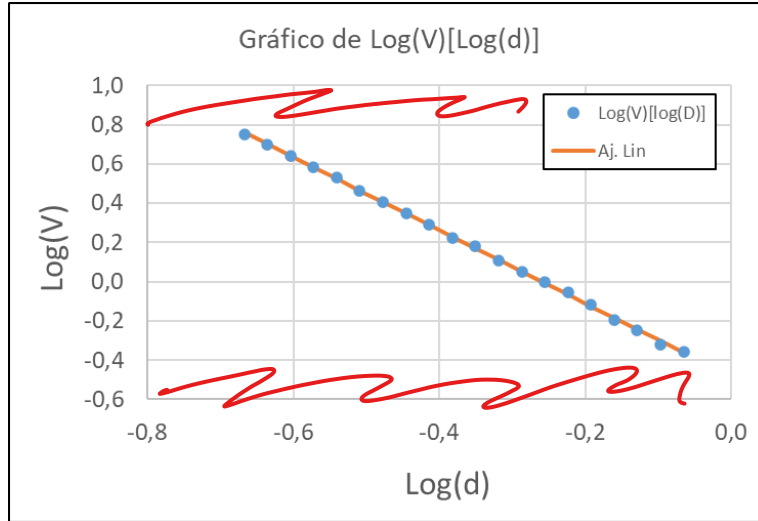


Gráfico 10: Gráfico de $\log(V)$ em função de $\log(d)$ para a primeira parte da atividade.

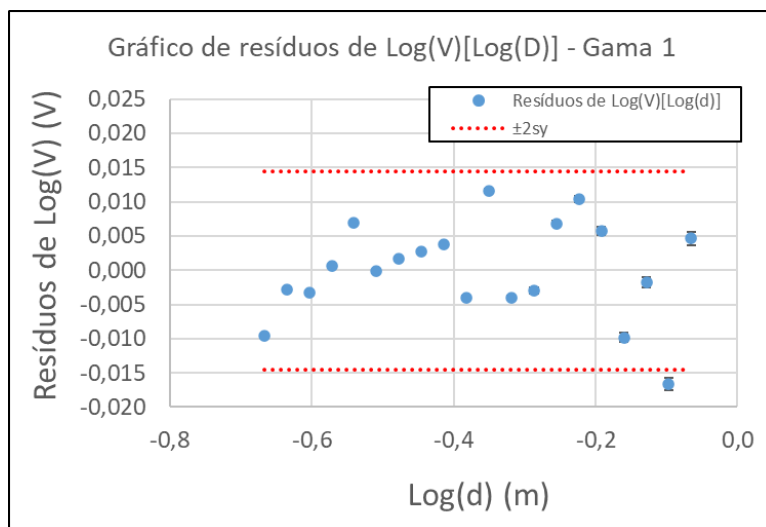


Gráfico 11: Gráfico de resíduos de Log(V) em função de Log(d) para a primeira parte da atividade.

Aj. Linear - Log(V)[Log(d)]			
m	-1,864	-0,483	b
s(m)	0,009	0,004	s(b)
r ²	0,9996	0,007	s(y)

Tabela 1: Tabela da regressão linear de Log(V) em função de Log(d) para a primeira parte da atividade

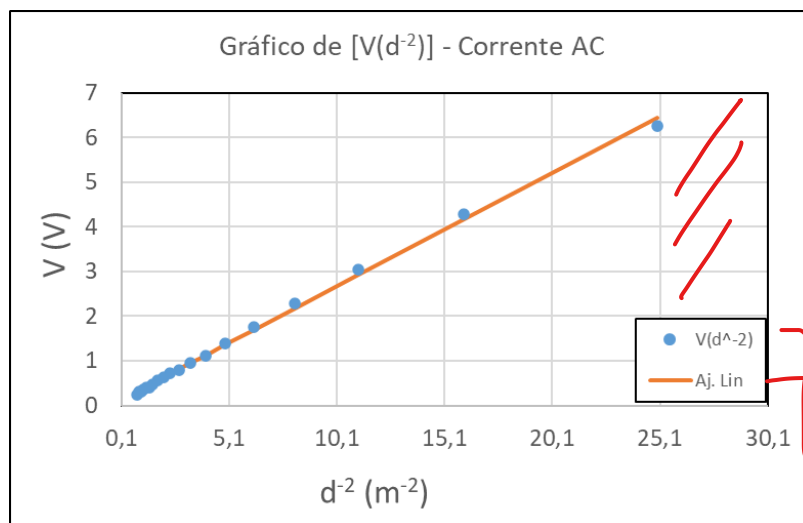
É de notar que para o Gráfico 11 foram colocadas barras de incerteza iguais às calculadas na Equação 9

No Gráfico 11 podemos observar um ponto fora dos limites de confiança $\pm 2sy$, no entanto ao remove-lo não obtemos um melhor ajuste nem um melhor valor de declive, apenas aumentamos a incerteza do mesmo, e por isso não foi removido.

Assim podemos calcular o erro à potência (2) esperada pela lei do inverso do quadrado (Equação 4) :

$$m = -1,864 \pm 0,009 \quad (20)$$

Para além desta análise, foi efetuado um gráfico de $V(d^{-2})$ para os 2 ensaios do varrimento inicial e para o ensaio realizado nesta parte da atividade. Assim, foi possível obter os seguintes gráficos:



≠ os GRÁFICOS:

→ + fim

→ + pequeno

Gráfico 12: Gráfico de V em função de d^{-2} para o varrimento inicial usando corrente alternada

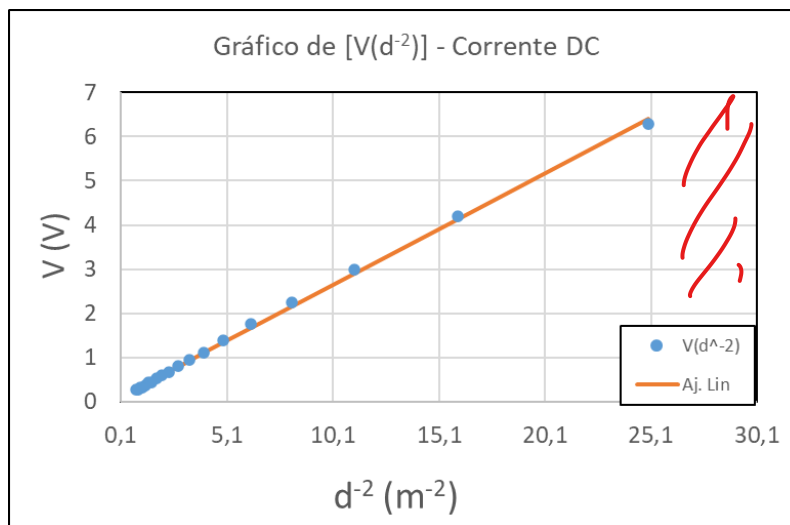


Gráfico 13: Gráfico de V em função de d^{-2} para o varrimento inicial usando corrente contínua

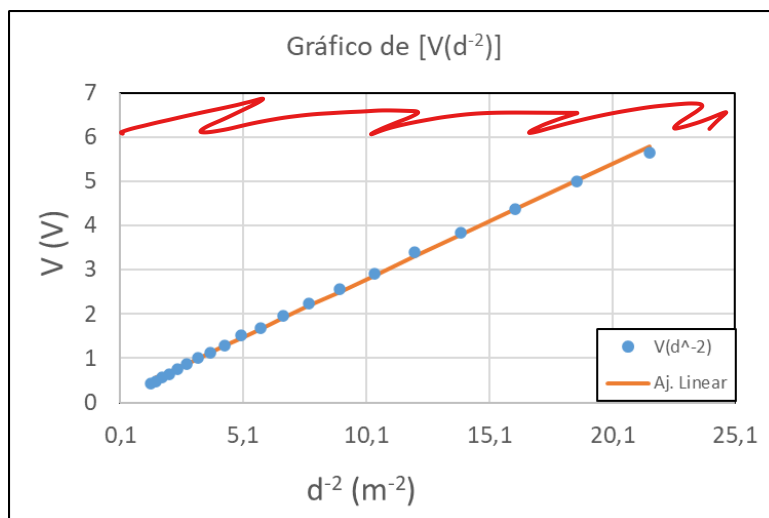


Gráfico 14: Gráfico de V em função de d^{-2} para a primeira parte

Os gráficos dos resíduos acima podem ser encontrados nos Anexos[Seção 5] (Gráfico 31, Gráfico 32 e Gráfico 34), bem como as tabelas com as regressões lineares obtidas (Tabela 9, Tabela 10 e Tabela 12).

É através dos declives dos gráficos apresentados que conseguimos determinar o valor de K , presente na Equação 4, que corresponde a $K = I_e AS$.

Assim, se considerarmos o valor de K como a média dos 3 valores obtidos obtemos:

$$K = 0,257 \pm 0,005 \quad (21)$$

2.2.2 Parte 2 : Cálculo do coeficiente de absorção do acrílico.

Nesta parte da atividade, devemos usar a Equação 7 para calcular o coeficiente de absorção do acrílico.

Foram realizados 5 ensaios, usando sempre uma sequência aleatória de 5 filtros com espessuras diferentes. Após a primeira medição é adicionado um segundo filtro, até um total de 5. A tabela com as medições das espessuras dos filtros de acrílico encontra-se a seguir:

Nº filtro (mm)	$(d_{\text{filtro}} \pm 0,001) \text{ mm}$			$(d_{\text{filtro}} \pm 0,00001) \text{ m}$			Média
1	4,290	4,328	4,297	0,00429	0,00433	0,00430	0,00431
2	4,723	4,670	4,609	0,00472	0,00467	0,00461	0,00467
3	3,990	3,920	4,100	0,00399	0,00392	0,00410	0,00400
4	4,490	4,570	4,410	0,00449	0,00457	0,00441	0,00449
5	4,125	4,158	4,100	0,00413	0,00416	0,00410	0,00413
6	4,255	4,136	4,370	0,00426	0,00414	0,00437	0,00425
7	4,240	4,165	4,285	0,00424	0,00417	0,00429	0,00423

Tabela 2: Tabela de medições das espessuras das placas de acrílico utilizadas

E em anexo podemos encontrar as tabelas com os valores de todos os ensaios. Para cada ensaio foi realizado um gráfico que nos mostra a relação de $\ln(V)$ em função da espessura dos filtros (d_{filtros}), bem como o gráfico de resíduos ($\ln(V) - \text{AjusteLinear}(\ln(V))$). É de notar que todos os gráficos de resíduos possuem barras de incerteza associada de :

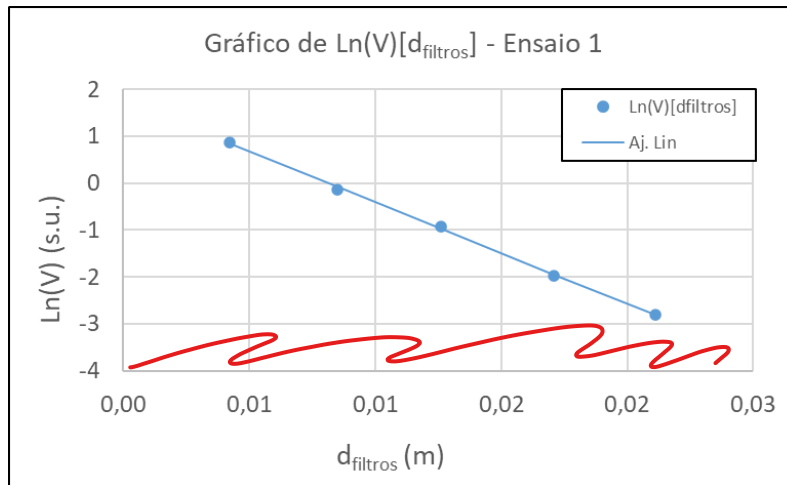
$$u(\ln(V)) = u(\ln(V) - \text{AjusteLinear}(\ln(V))) = \frac{1}{V} \times u(V) \quad (22)$$

com $u(V) = 0,001 V$

Iremos agora estudar em pormenor cada ensaio.

Ensaio 1

Neste ensaio, utilizamos a seguinte sequência de filtros : $7 > 6 > 5 > 4 > 3$. Com os dados obtidos realizamos os seguintes gráficos:

Gráfico 15: Gráfico de $\ln(V)$ em função de d_{filtros} para o primeiro ensaio

Remeter p/ apêndice o resto

No texto colocar
gráficos de
resíduos de
c/ todos os
ensaios
→ tabela-resumo
c/ m, b, ...
→ cálculo de
 $\bar{x} \pm u(\bar{x})$
% $u(\bar{x})$

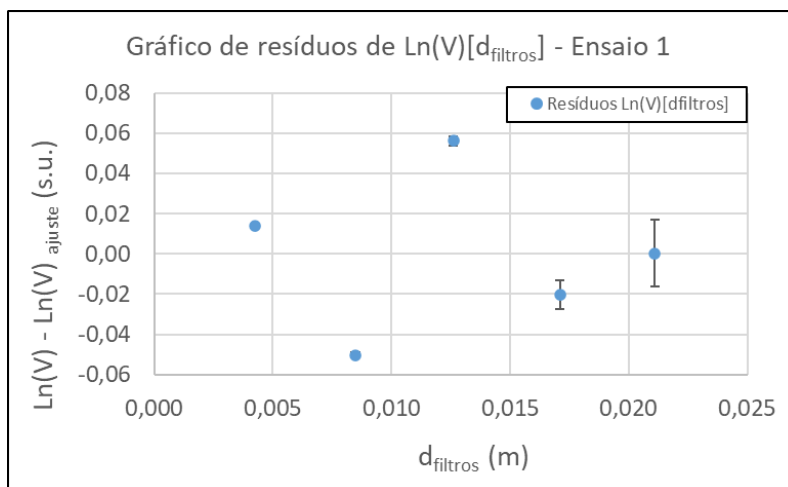


Gráfico 16: Gráfico de resíduos de $\text{Ln}(V)$ em função de d_{filtros} para o primeiro ensaio

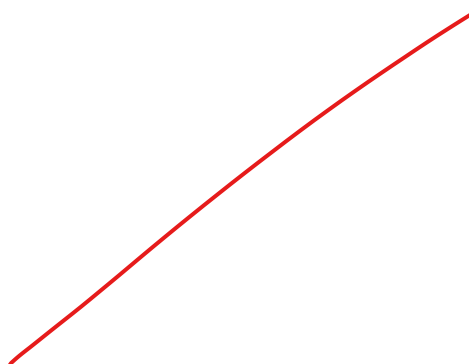
Obtivemos os seguintes valores:

$$\alpha = (-216,8 \pm 3,4)m^{-1} \quad (23)$$

, retirados da Tabela 18 dos Anexos.

Ensaio 2

Neste ensaio, utilizamos a seguinte sequência de filtros : $3 > 4 > 5 > 6 > 7$. Com os dados obtidos realizamos os seguintes gráficos:



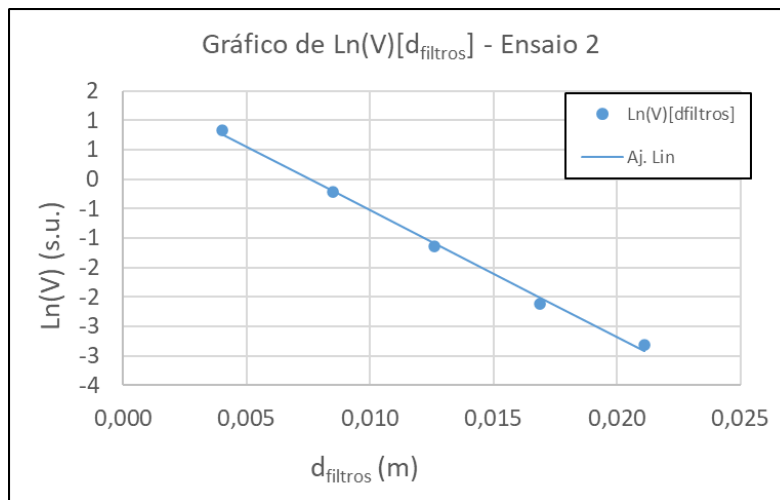


Gráfico 17: Gráfico de Ln(V) em função de $d_{filtros}$ para o segundo ensaio

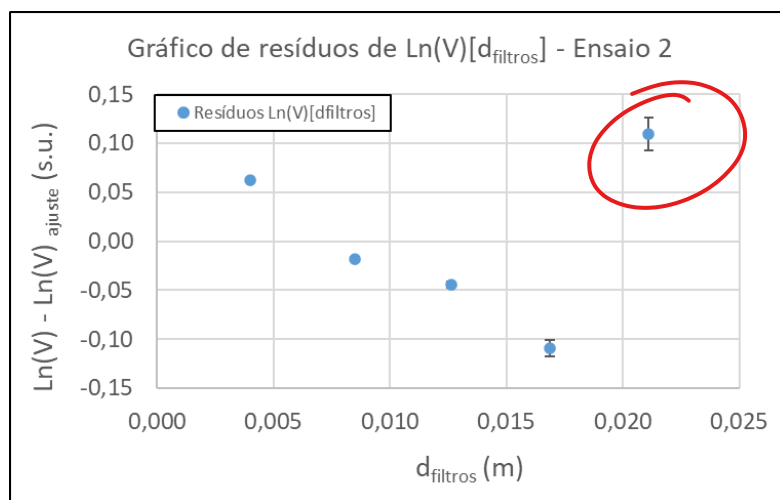


Gráfico 18: Gráfico de resíduos de Ln(V) em função de $d_{filtros}$ para o segundo ensaio

Obtivemos os seguintes valores :

$$\alpha = (-215,5 \pm 7,4)m^{-1} \quad (24)$$

, retirados da Tabela 19.

Ensaio 3

Neste ensaio, utilizamos a seguinte sequência de filtros : $6 > 5 > 4 > 3 > 7$.
Com os dados obtidos realizamos os seguintes gráficos:

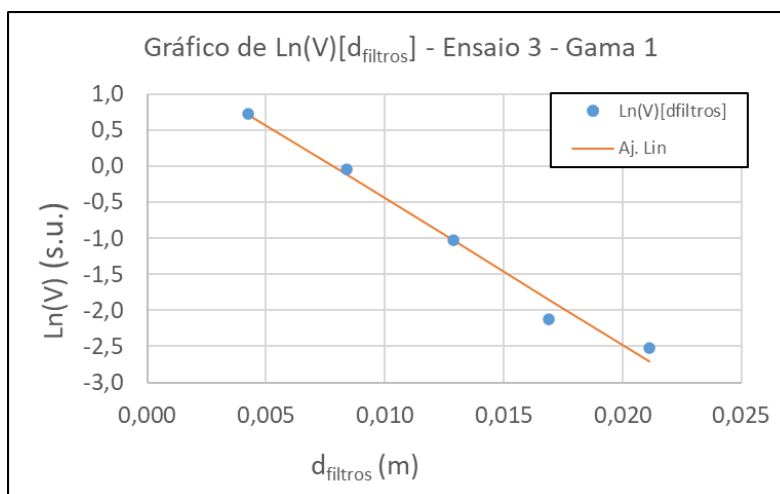


Gráfico 19: Gráfico de $\text{Ln}(V)$ em função de d_{filtros} para o terceiro ensaio, primeira gama

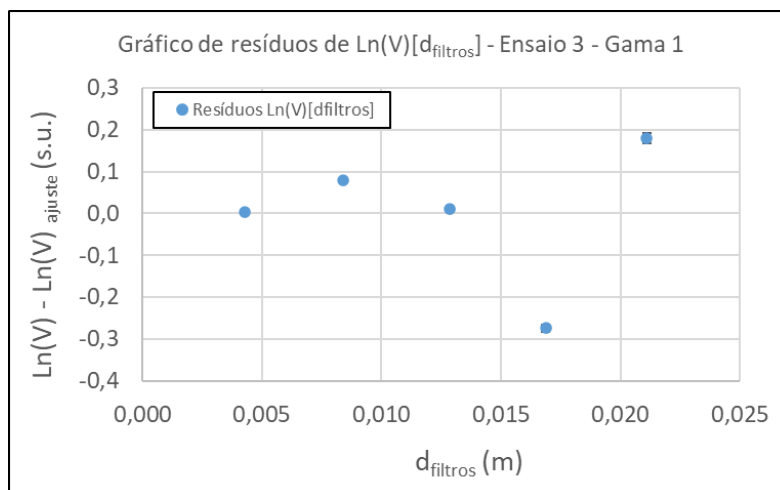


Gráfico 20: Gráfico de resíduos de $\text{Ln}(V)$ em função de d_{filtros} para o terceiro ensaio, primeira gama

Ao analisar o Gráfico 19 e o Gráfico 20 conseguimos observar que o último ponto se encontra desviado do ajuste. Deste modo decidimos analisar outra gama, retirando o último valor.

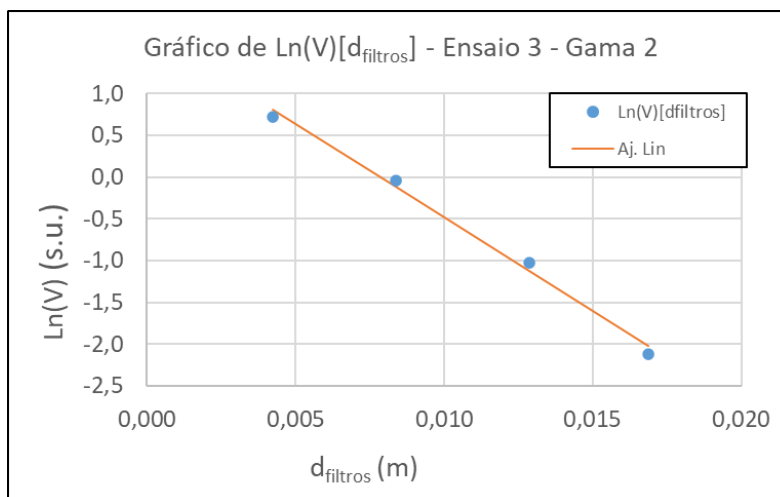


Gráfico 21: Gráfico de $\text{Ln}(V)$ em função de d_{filtros} para para o terceiro ensaio, segunda gama

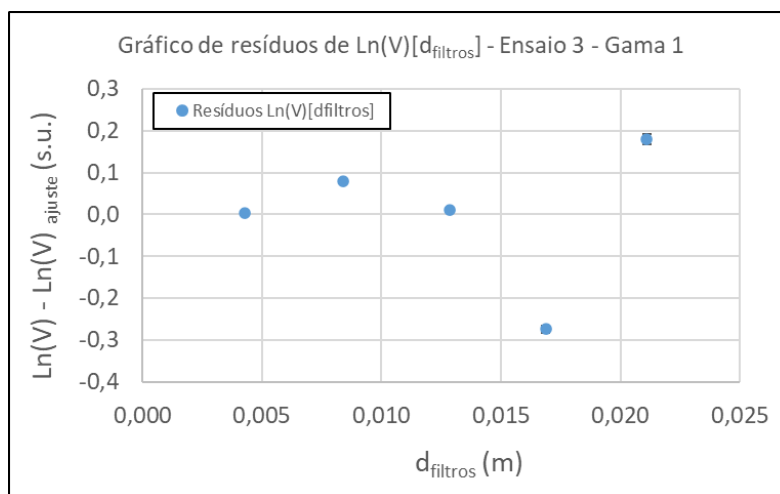


Gráfico 22: Gráfico de resíduos de $\text{Ln}(V)$ em função de d_{filtros} para o terceiro ensaio, segunda gama

Obtivemos os seguintes valores :

$$\alpha = (-203,3 \pm 14,6)m^{-1} \quad (25)$$

, para a primeira gama, retirados da Tabela 20.

$$\alpha = (-224,4 \pm 13,6)m^{-1} \quad (26)$$

, para a segunda gama, retirados da Tabela 21.

Ensaio 4

Neste ensaio, utilizamos a seguinte sequência de filtros : $1 > 2 > 3 > 6 > 7$. Com os dados obtidos realizamos os seguintes gráficos:

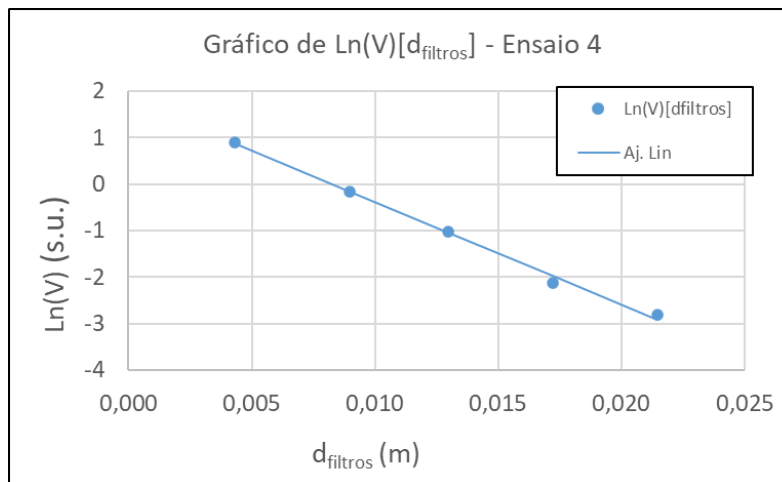


Gráfico 23: Gráfico de $\text{Ln}(V)$ em função de d_{filtros} para o quarto ensaio

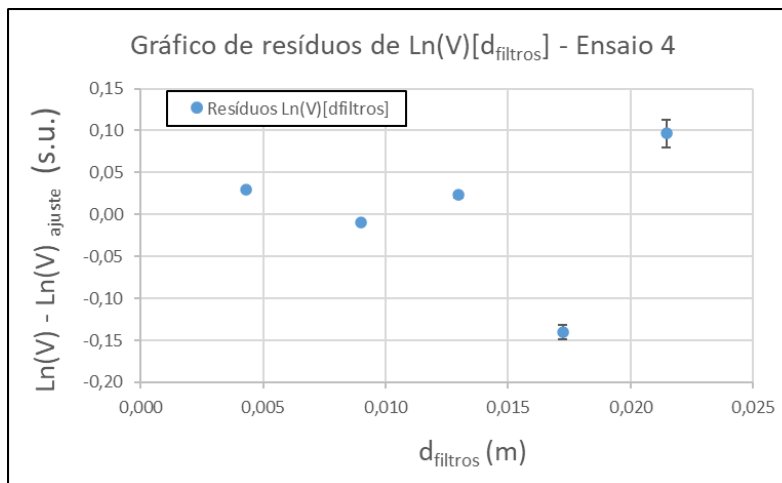


Gráfico 24: Gráfico de resíduos de $\text{Ln}(V)$ em função de d_{filtros} para o quarto ensaio

Obtivemos os seguintes valores usando os dados da Tabela 16 :

$$\alpha = (-219,9 \pm 7,5)m^{-1} \quad (27)$$

, retirados da Tabela 22.

Ensaio 5

Neste ensaio, utilizamos a seguinte sequência de filtros : $1 > 3 > 5 > 7 > 2$.
Com os dados obtidos realizamos os seguintes gráficos:

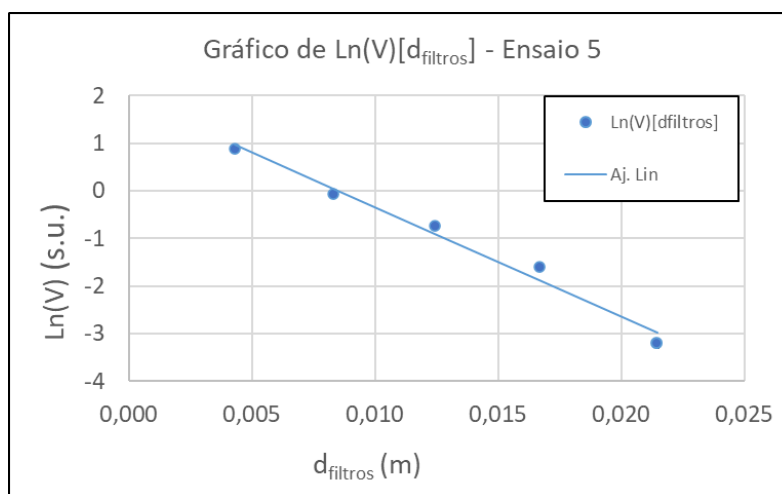


Gráfico 25: Gráfico de $\text{Ln}(V)$ em função de d_{filtros} para o quinto ensaio

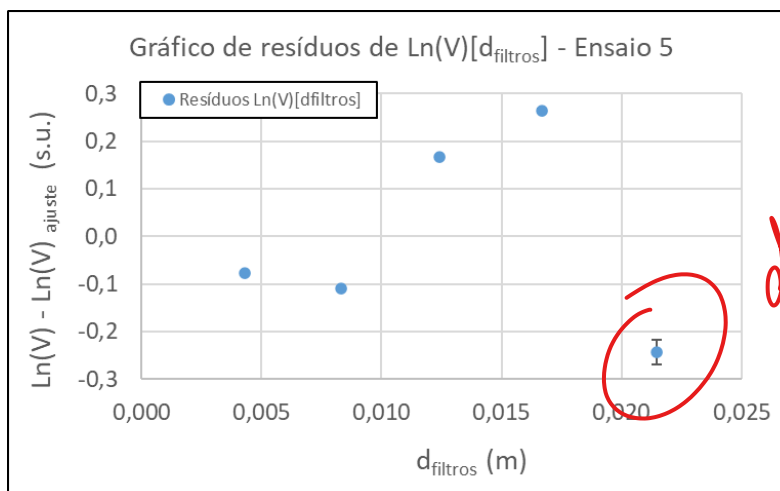


Gráfico 26: Gráfico de resíduos de $\text{Ln}(V)$ em função de d_{filtros} para o quinto ensaio

Obtivemos os seguintes valores usando os dados da Tabela 13 :

$$\alpha = (-229,9 \pm 17,9)m^{-1} \quad (28)$$

, retirados da Tabela 23.

Para uma melhor análise visual dos valores obtidos em todos os ensaios, decidimos sobrepor os valores de todos os ensaios, resultando nos gráficos seguintes.

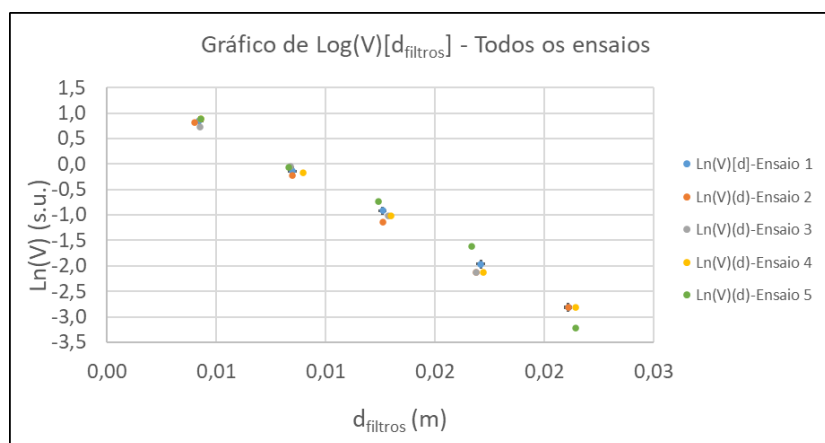


Gráfico 27: Gráfico de $\text{Ln}(V)$ em função da d_{filtros} para todos os ensaios sobrepostos

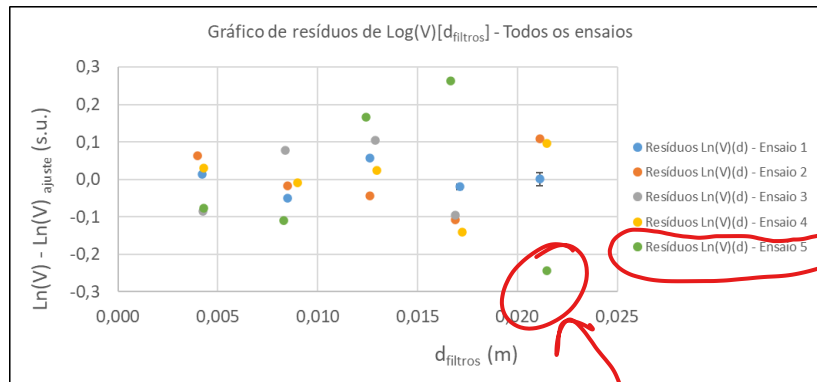


Gráfico 28: Gráfico de resíduos de $\text{Ln}(V)$ em função da d_{filtros} para todos os ensaios sobrepostos

Analisando os gráficos e os valores obtidos pelo ensaio 5, tendo especial atenção aos gráficos de resíduos que demonstram uma clara tendência, decidimos descartar este ensaio no cálculo do coeficiente de absorção final.

Para além disso, através destes gráficos podemos ver que os valores estão muito concordantes entre si e por isso podemos utilizar a média para calcular o valor final.

Seguindo esta lógica, realizamos a média dos valores finais dos coeficientes de absorção obtidos em todos os ensaios com exceção do último, o que nos levou aos seguintes valores:

$$\bar{\alpha} = (219,2 \pm 1,7)m^{-1} \quad (29)$$

usando que :

$$u(\bar{\alpha}) = \sqrt{\alpha_1^2 + \alpha_2^2 + \alpha_3^2} \quad (30)$$

pelo método de propagação de incertezas

3 Discussão e Conclusão

Durante o varrimento inicial não foi possível observar diferenças entre as correntes AC e DC do osciloscópio. No entanto, era de esperar que, para as correntes AC houvesse uma variação das amplitudes das ondas, visto que a corrente elétrica inverte a sua polaridade várias vezes por segundo. Na corrente contínua (DC), a corrente elétrica flui sempre em uma única direção, sem mudanças de polaridade e por isso não visualizamos essa variação da amplitude.

é o pior de todos (descartar?) ou pelo menos recalcular (c/) duvidoso

Temos que ter em conta que para o cálculo do coeficiente de absorção dos filtros de acrílico foi utilizado a espessura total de filtros e não o número de filtros visto que os filtros possuem espessuras diferentes.

ss Ao confirmar a relação da lei do inverso do quadrado obtivemos um erro relativo percentual de ~~6,8~~% e uma incerteza relativa percentual de 0,482%.

Já para o cálculo do coeficiente de absorção dos filtros de acrílico obtivemos uma incerteza relativa percentual de 0,8%. Decidimos comparar o valor obtido com outro grupo que realizou a experiência em condições semelhantes, obtendo um desvio de cerca de 7%. Isto pode dever-se a diferentes gamas utilizadas e à distância utilizada não ser igual.

$\approx 0,5\%$
ou $\alpha \neq \text{exatidão}$
exatidão.

4 Referências

Referências

- [1] Eric W Weisstein. Solid angle, Consultado a 09/03/2023.
- [2] Docentes da unidade curricular FIS1005 FCUP. Trabalho 3a - intensidade da luz vs distância e atenuação de filtros, 2023.

5 Anexos

5.1 Varrimento Inicial

AC											
(d ± 0,05) cm	(d ± 0,0005) m	(V ± 1) mV	(V ± 0,001) V	(V2 ± 0,001) V	(Fase ± 0,1) °C	Log (d)	u(Log(d))	Log(V)	u(Log(V))	Aj. Linear	Resíduos
20,00	0,2000	6260	6,260	54,800	24,2	-0,699	0,001	0,7966	0,0001	0,8048	-0,0082
25,00	0,2500	4280	4,280	54,800	25,4	-0,6021	0,0009	0,6314	0,0001	0,6243	0,0072
30,00	0,3000	3040	3,040	54,800	26,5	-0,5229	0,0007	0,4829	0,0001	0,4768	0,0061
35,00	0,3500	2280	2,280	54,800	26,5	-0,4559	0,0006	0,3579	0,0002	0,3521	0,0058
40,00	0,4000	1760	1,760	54,800	27,5	-0,3979	0,0005	0,2455	0,0002	0,2441	0,0014
45,00	0,4500	1400	1,400	54,800	27,4	-0,3468	0,0005	0,1461	0,0003	0,1489	-0,0027
50,00	0,5000	1120	1,120	54,800	27,3	-0,3010	0,0004	0,0492	0,0004	0,0636	-0,0144
55,00	0,5500	960	0,960	54,800	27,8	-0,2596	0,0004	-0,0177	0,0005	-0,0135	-0,0043
60,00	0,6000	800	0,800	54,800	27,9	-0,2218	0,0004	-0,0969	0,0005	-0,0838	-0,0131
65,00	0,6500	720	0,720	54,800	28,1	-0,1871	0,0003	-0,1427	0,0006	-0,1486	0,0059
70,00	0,7000	640	0,640	54,800	28,5	-0,1549	0,0003	-0,1938	0,0007	-0,2085	0,0147
75,00	0,7500	560	0,560	54,800	29,1	-0,1249	0,0003	-0,2518	0,0008	-0,2643	0,0125
80,00	0,8000	480	0,480	54,800	29,1	-0,0969	0,0003	-0,3188	0,0009	-0,3165	-0,0022
85,00	0,8500	400	0,400	54,800	29,0	-0,0706	0,0003	-0,398	0,001	-0,3656	-0,0324
90,00	0,9000	400	0,400	54,800	29,5	-0,0458	0,0002	-0,398	0,001	-0,4118	0,0139
95,00	0,9500	360	0,360	54,800	29,6	-0,0223	0,0002	-0,444	0,001	-0,4555	0,0118
100,00	1,0000	320	0,320	54,800	61,4	0,0000	0,0002	-0,495	0,001	-0,4970	0,0022
105,00	1,0500	320	0,320	54,800	60,0	0,0212	0,0002	-0,495	0,001	-0,5365	0,0416
110,00	1,1000	240	0,240	54,800	60,5	0,0414	0,0002	-0,620	0,002	-0,5741	-0,0457

Tabela 3: Tabela de registo dos valores do varrimento inicial, para corrente alternada

DC											
(d ± 0,05) cm	(d ± 0,0005) m	(V1 ± 1) mV	(V ± 0,001) V	(V2 ± 0,001) V	(Fase ± 0,1) °C	Log (d)	u(Log(d))	Log(V)	u(Log(V))	Aj. Linear	Resíduos
20,00	0,2000	6280	6,280	50,800	24,2	-0,699	0,001	0,7980	0,0001	0,8030	-0,0050
25,00	0,2500	4200	4,200	50,800	24,7	-0,6021	0,0009	0,6232	0,0001	0,6208	0,0024
30,00	0,3000	3000	3,000	50,800	25,4	-0,5229	0,0007	0,4771	0,0001	0,4719	0,0052
35,00	0,3500	2240	2,240	50,800	26,9	-0,4559	0,0006	0,3502	0,0002	0,3461	0,0042
40,00	0,4000	1760	1,760	50,800	26,7	-0,3979	0,0005	0,2455	0,0002	0,2370	0,0085
45,00	0,4500	1400	1,400	50,800	27,2	-0,3468	0,0005	0,1461	0,0003	0,1409	0,0053
50,00	0,5000	1120	1,120	50,800	26,9	-0,3010	0,0004	0,0492	0,0004	0,0548	-0,0056
55,00	0,5500	960	0,960	50,800	28,2	-0,2596	0,0004	-0,0177	0,0005	-0,0230	0,0053
60,00	0,6000	800	0,800	50,800	28,2	-0,2218	0,0004	-0,0969	0,0005	-0,0940	-0,0029
65,00	0,6500	680	0,680	50,800	28,2	-0,1871	0,0003	-0,1675	0,0006	-0,1594	-0,0081
70,00	0,7000	600	0,600	50,800	28,5	-0,1549	0,0003	-0,2218	0,0007	-0,2199	-0,0020
75,00	0,7500	520	0,520	50,800	28,0	-0,1249	0,0003	-0,2840	0,0008	-0,2762	-0,0078
80,00	0,8000	440	0,440	50,800	28,0	-0,0969	0,0003	-0,357	0,001	-0,3289	-0,0276
85,00	0,8500	440	0,440	50,800	27,8	-0,0706	0,0003	-0,357	0,001	-0,3784	0,0219
90,00	0,9000	360	0,360	50,800	27,5	-0,0458	0,0002	-0,444	0,001	-0,4251	-0,0186
95,00	0,9500	320	0,320	50,800	28,5	-0,0223	0,0002	-0,495	0,001	-0,4692	-0,0256
100,00	1,0000	320	0,320	50,800	28,2	0,0000	0,0002	-0,495	0,001	-0,5111	0,0163
105,00	1,0500	280	0,280	50,800	29,7	0,0212	0,0002	-0,553	0,002	-0,5510	-0,0019
110,00	1,1000	280	0,280	50,8000	30,6	0,0414	0,0002	-0,553	0,002	-0,5889	0,0361

Tabela 4: Tabela de registo dos valores do varrimento inicial, para corrente contínua

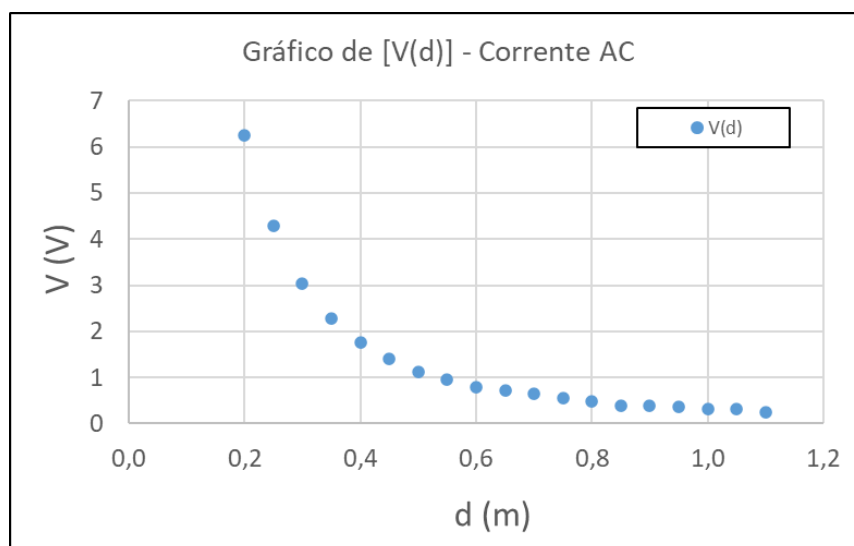


Gráfico 29: Gráfico de $V(d)$, registado para a corrente alternada

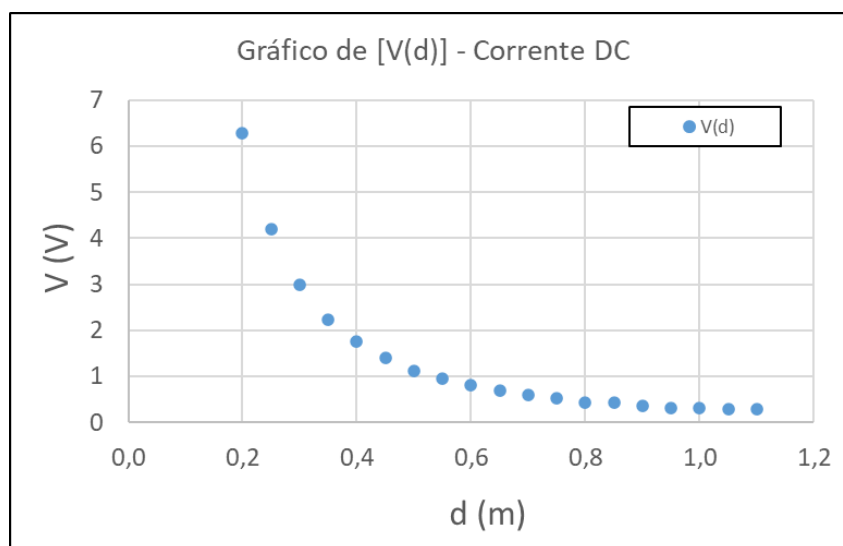


Gráfico 30: Gráfico de $V(d)$, registado para a corrente contínua

Aj. Linear - Log(V)[Log(d)] Corrente AC			
m	-1,86	-0,497	b
s(m)	0,02	0,006	s(b)
r ²	0,998	0,02	s(y)

Tabela 5: Tabela da regressão linear de Log(V) em função de Log(d) para corrente alternada

Aj. Linear - Log(V)[Log(d)] - Corrente DC			
m	-1,88	-0,511	b
s(m)	0,02	0,005	s(b)
r ²	0,9986	0,02	s(y)

Tabela 6: Tabela da regressão linear de Log(V) em função de Log(d) para corrente contínua

Aj. Linear 2 - Log(V)[Log(d)] - AC			
m	-1,85	-0,493	b
s(m)	0,02	0,006	s(b)
r ²	0,9992	0,01	s(y)

Tabela 7: Tabela da regressão linear de Log(V) em função de Log(d) para corrente alternada

Aj. Linear 2 - Log(V)[Log(d)] - DC			
m	-1,89	-0,515	b
s(m)	0,01	0,004	s(b)
r ²	0,9998	0,01	s(y)

Tabela 8: Tabela da regressão linear de Log(V) em função de Log(d) para corrente contínua

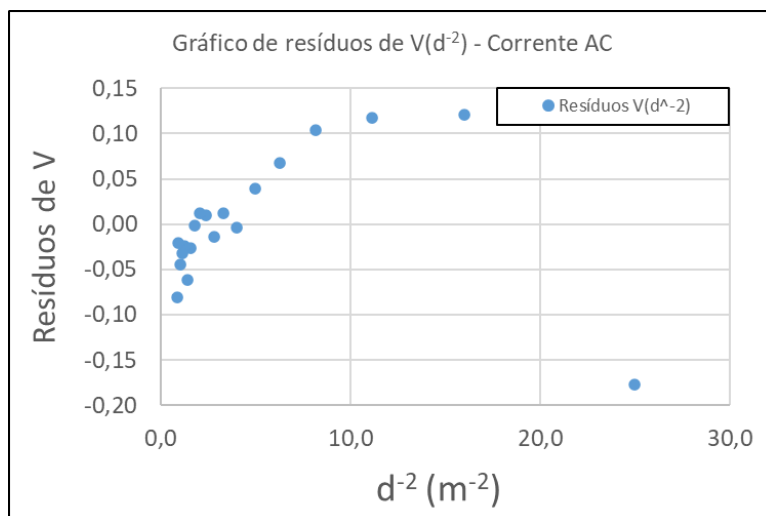


Gráfico 31: Gráfico de resíduos de V em função de d^{-2} para o ensaio de corrente alternada do varrimento inicial

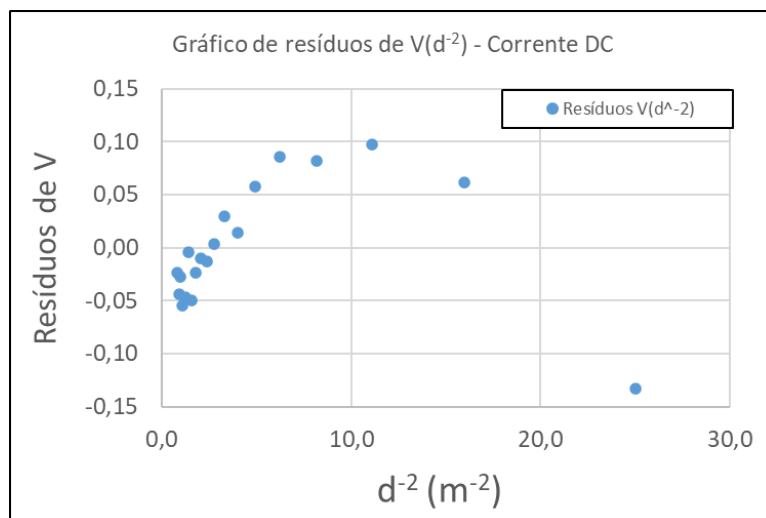


Gráfico 32: Gráfico de resíduos de V em função de d^{-2} para o ensaio de corrente contínua do varrimento inicial

Aj. Linear - $V(d^{-2})$ Corrente AC			
m	0,253	0,11	b
s(m)	0,003	0,02	s(b)
r^2	0,998	0,07	s(y)

Tabela 9: Tabela de gressão linear de V em função de d^{-2} para o ensaio de corrente alternada do varrimento inicial

Aj. Linear - $V(d^{-2})$ Corrente DC			
m	0,253	0,09	b
s(m)	0,002	0,02	s(b)
r^2	0,9987	0,06	s(y)

Tabela 10: Tabela de gressão linear de V em função de d^{-2} para o ensaio de corrente contínua do varrimento inicial

5.2 Estudo da relação entre o fluxo luminoso de uma fonte pontual e a distância a ela.

$(d \pm 0,05)$ cm	$(d \pm 0,0005)$ m	$(V \pm 1)$ mV	$(V \pm 0,001)$ V	$(Fase \pm 0,1)$ °C	Log(d)	u(Log(d))	Log(V)	u(Log(V))	Aj. Linear	Resíduos
21,51	0,2151	5640	5,640	24,6	-0,667	0,001	0,7513	0,0001	0,7608	-0,0095
23,14	0,2314	5000	5,000	24,5	-0,6356	0,0009	0,6990	0,0001	0,7018	-0,0028
24,89	0,2489	4360	4,360	24,7	-0,6039	0,0009	0,6395	0,0001	0,6427	-0,0032
26,78	0,2678	3840	3,840	24,8	-0,5722	0,0008	0,5843	0,0001	0,5837	0,0007
28,80	0,2880	3400	3,400	25,0	-0,5405	0,0008	0,5315	0,0001	0,5246	0,0069
30,99	0,3099	2920	2,920	25,5	-0,5088	0,0007	0,4654	0,0001	0,4656	-0,0002
33,33	0,3333	2560	2,560	25,8	-0,4772	0,0007	0,4082	0,0002	0,4065	0,0017
35,85	0,3585	2240	2,240	25,7	-0,4455	0,0006	0,3502	0,0002	0,3475	0,0028
38,57	0,3857	1960	1,960	26,4	-0,4138	0,0006	0,2923	0,0002	0,2884	0,0039
41,49	0,4149	1680	1,680	26,5	-0,3821	0,0005	0,2253	0,0003	0,2294	-0,0040
44,63	0,4463	1520	1,520	27,2	-0,3504	0,0005	0,1818	0,0003	0,1703	0,0115
48,00	0,4800	1280	1,280	26,9	-0,3187	0,0005	0,1072	0,0003	0,1112	-0,0040
51,64	0,5164	1120	1,120	26,8	-0,2870	0,0004	0,0492	0,0004	0,0522	-0,0030
55,55	0,5555	1000	1,000	27,5	-0,2553	0,0004	0,0000	0,0004	-0,0069	0,0069
59,75	0,5975	880	0,880	28,3	-0,2237	0,0004	-0,0555	0,0005	-0,0659	0,0104
64,27	0,6427	760	0,760	28,5	-0,1920	0,0003	-0,1192	0,0006	-0,1250	0,0058
69,14	0,6914	640	0,640	27,9	-0,1603	0,0003	-0,1938	0,0007	-0,1840	-0,0098
74,37	0,7437	569	0,569	28,5	-0,1286	0,0003	-0,2449	0,0008	-0,2431	-0,0018
80,00	0,8000	480	0,480	27,2	-0,0969	0,0003	-0,3188	0,0009	-0,3021	-0,0166
86,06	0,8606	440	0,440	57,3	-0,0652	0,0003	-0,357	0,001	-0,361	0,005

Tabela 11: Tabela de registo para os valores de V em função de d , para a primeira parte da atividade

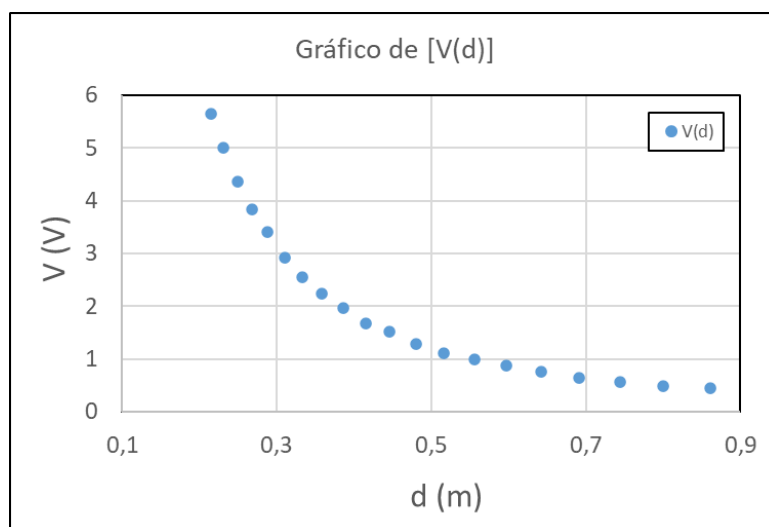


Gráfico 33: Gráfico de V em função de d para a primeira parte da atividade

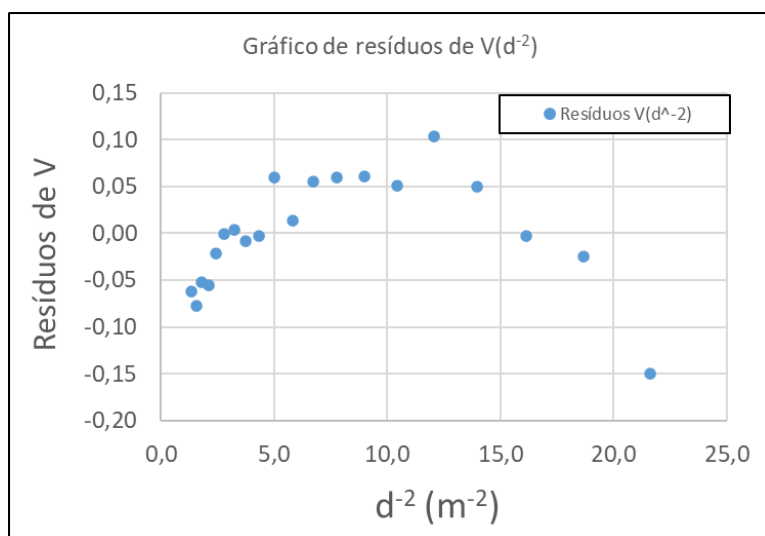


Gráfico 34: Gráfico de resíduos de V em função de d^{-2} para o ensaio da primeira parte

Aj. Linear - $V(d^{-2})$			
m	0,261	0,15	b
s(m)	0,002	0,02	s(b)
r^2	0,9986	0,06	s(y)

Tabela 12: Tabela de gressão linear de V em função de d^{-2} para o ensaio da primeira parte

5.3 Cálculo do coeficiente de absorção do acrílico.

Nº Filtros	$(d_{\text{filtro}} \pm 0,00001) \text{ m}$	$(V \pm 1) \text{ mV}$	$(V \pm 0,001) \text{ V}$	$\ln(V)$	$u(\ln(V))$	Aj. Linear	Resíduos
7	0,00423	2360	2,360	0,8587	0,0004	0,8445	0,0141
7+6	0,00848	880	0,880	-0,128	0,001	-0,078	-0,050
7+6+5	0,01261	400	0,400	-0,916	0,003	-0,972	0,056
7+6+5+4	0,01710	140	0,140	-1,966	0,007	-1,946	-0,020
7+6+5+4+3	0,02110	60	0,060	-2,81	0,02	-2,81	0,00

Tabela 13: Tabela de registo do primeiro ensaio para calcular a coeficiente de absorção

Nº Filtros	$(d_{\text{filtro}} \pm 0,00001) \text{ m}$	$(V \pm 1) \text{ mV}$	$(V \pm 0,001) \text{ V}$	$\ln(V)$	$u(\ln(V))$	Aj. Linear	Resíduos
3	0,00400	2280	2,28	0,8242	0,0004	0,7620	0,0622
3+4	0,00849	800	0,80	-0,223	0,001	-0,205	-0,018
3+4+5	0,01262	320	0,32	-1,139	0,003	-1,095	-0,045
3+4+5+6	0,01687	120	0,12	-2,12	0,01	-2,01	-0,11
3+4+5+6+7	0,02110	60	0,06	-2,81	0,02	-2,92	0,11

Tabela 14: Tabela de registo do segundo ensaio para calcular a coeficiente de absorção

Nº Filtros	$(d_{\text{filtro}} \pm 0,00001) \text{ m}$	$(V \pm 1) \text{ mV}$	$(V \pm 0,001) \text{ V}$	$\ln(V)$	$u(\ln(V))$	Aj. Linear - 1	Resíduos - 1	Aj. Linear - 2	Resíduos - 2
6	0,00425	2060	2,06	0,7227	0,0005	0,7190	0,0037	0,8078	-0,0851
6+5	0,00838	960	0,96	-0,041	0,001	-0,120	0,079	-0,1183	0,0775
6+5+4	0,01287	360	0,36	-1,022	0,003	-1,033	0,011	-1,1257	0,1040
6+5+4+3	0,01687	120	0,12	-2,12	0,01	-1,85	-0,27	-2,0239	-0,0964
6+5+4+3+7	0,02110	80	0,08	-2,53	0,01	-2,71	0,18		

Tabela 15: Tabela de registo do terceiro ensaio para calcular a coeficiente de absorção

Nº Filtros	$(d_{\text{filtro}} \pm 0,00001) \text{ m}$	$(V \pm 1) \text{ mV}$	$(V \pm 0,001) \text{ V}$	$\ln(V)$	$u(\ln(V))$	Aj. Linear	Resíduos
1	0,00431	2440	2,44	0,8920	0,0004	0,8617	0,0303
1+2	0,00897	840	0,84	-0,174	0,001	-0,165	-0,010
1+2+3	0,01298	360	0,36	-1,022	0,003	-1,045	0,023
1+2+3+6	0,01723	120	0,12	-2,12	0,01	-1,98	-0,14
1+2+3+6+7	0,02146	60	0,06	-2,81	0,02	-2,91	0,10

Tabela 16: Tabela de registo do quarto ensaio para calcular a coeficiente de absorção

Nº Filtros	$(d_{filtros} \pm 0,00001) \text{ m}$	$(V \pm 1) \text{ mV}$	$(V \pm 0,001) \text{ V}$	$\ln(V)$	$u(\ln(V))$	Aj. Linear	Resíduos
1	0,00431	2440	2,44	0,8920	0,0004	0,9689	-0,0769
1+3	0,00831	940	0,94	-0,062	0,001	0,048	-0,110
1+3+5	0,01244	480	0,48	-0,734	0,002	-0,901	0,167
1+3+5+7	0,01667	200	0,2	-1,61	0,01	-1,87	0,26
1+3+5+7+2	0,02146	40	0,04	-3,22	0,03	-2,98	-0,24

Tabela 17: Tabela de registo do quinto ensaio para calcular a coeficiente de absorção

Aj. Linear 1º ensaio			
m	-216,8	1,76	b
s(m)	3,4	0,05	s(b)
r^2	0,9993	0,05	s(y)

Tabela 18: Tabela da regressão linear de $\ln(V)$ em função da espessura de filtros ($d_{filtros}$) para o primeiro ensaio

Aj. Linear 2º Ensaio			
m	-215,5	1,6	b
s(m)	7,4	0,1	s(b)
r^2	0,996	0,1	s(y)

Tabela 19: Tabela da regressão linear de $\ln(V)$ em função da espessura de filtros ($d_{filtros}$) para o segundo ensaio

Aj. Linear 3º Ensaio - Gama 1			
m	-203,3	1,6	b
s(m)	14,6	0,2	s(b)
r^2	0,98	0,2	s(y)

Tabela 20: Tabela da regressão linear de $\ln(V)$ em função da espessura de filtros ($d_{filtros}$) para o terceiro ensaio, gama 1

Aj. Linear 3º Ensaio - Gama 2			
m	-224,4	1,8	b
s(m)	13,6	0,2	s(b)
r^2	0,993	0,1	s(y)

Tabela 21: Tabela da regressão linear de $\ln(V)$ em função da espessura de filtros ($d_{filtros}$) para o terceiro ensaio, gama 2

Aj. Linear 4º Ensaio			
m	-219,9	1,8	b
s(m)	7,5	0,1	s(b)
r^2	0,997	0,1	s(y)

Tabela 22: Tabela da regressão linear de $\ln(V)$ em função da espessura de filtros ($d_{filtros}$) para o quarto ensaio

Aj. Linear 5º Ensaio			
m	-229,9	2,0	b
s(m)	17,9	0,3	s(b)
r^2	0,98	0,2	s(y)

Tabela 23: Tabela da regressão linear de $\ln(V)$ em função da espessura de filtros ($d_{filtros}$) para o quinto ensaio