

# T3A - Intensidade da luz vs distância e atenuação de filtros

Margarida Cruz Campelo - PL6, Grupo 1A

12

- Objetivos:
- Verificar experimentalmente a proporcionalidade inversa entre a potência luminosa de uma fonte e o quadrado da distância do detetor à fonte
  - Determinar o coeficiente de absorção de filtros
  - Interpretar gráficos de fiabilidade da lei em estudos vs gráfico experimental

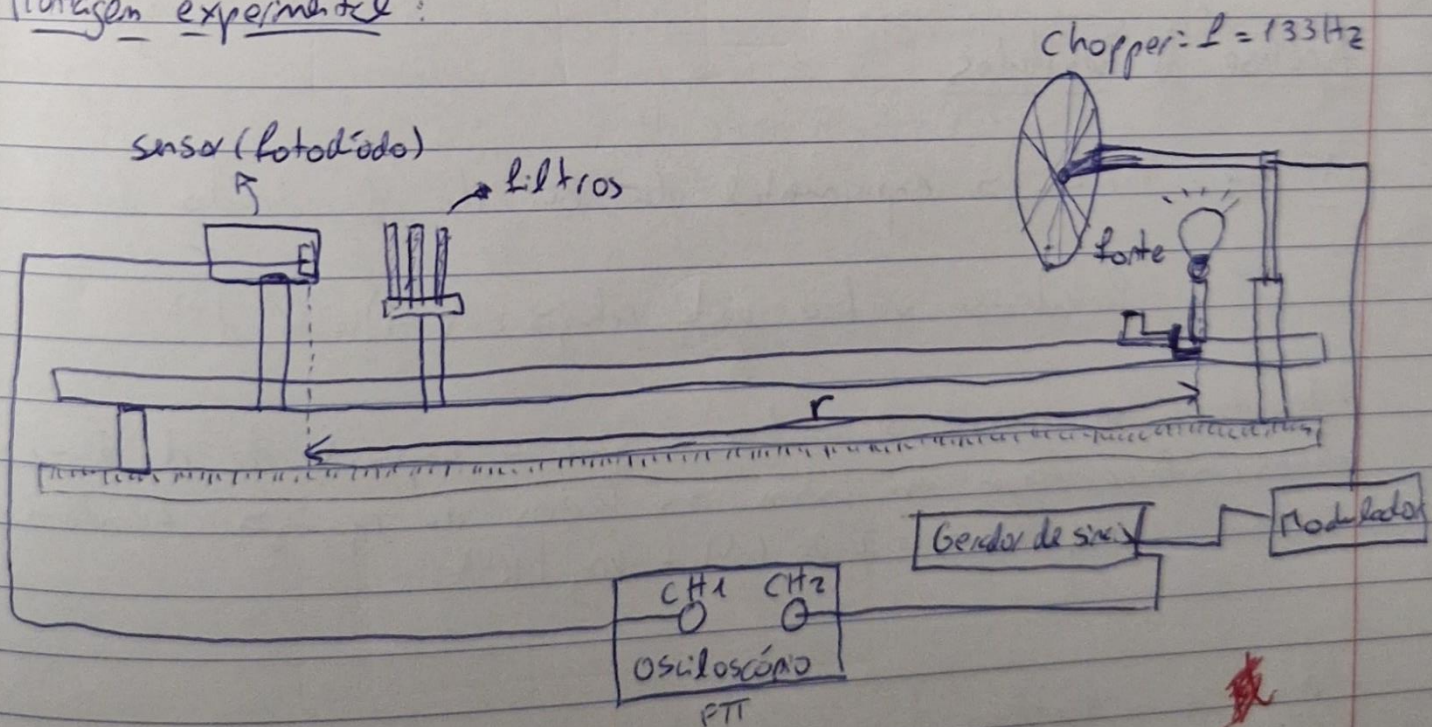
Equações:  $\Phi_e = \frac{dQ}{dt}$ ,  $t = \text{tempo}$  e  $\Phi_e = \text{fluxo para a carga}$

$I_e = \frac{d\Phi_e}{d\Omega}$ ,  $I_e = \text{intensidade luminosa}$  e  $d\Omega = \text{ângulo sólido}$

$$\Omega = \frac{A}{r^2} \quad P = \frac{1}{R^2} \quad (=) \quad V(d) = k'd^{-2}$$

$$P(x) = P_0 e^{-\alpha x}, \quad \alpha = \text{coeficiente de absorção do meio}$$

Montagem experimental:





Execução experimental: Assegurar a implementação do esquema experimental

→ **incompleto**: Não tapou as calhas?

a) Estudo para considerações experimentais

1. Escolher uma frequência entre 100 e 200 Hz
2. Realizar um ~~varrer~~ varrimento em distâncias e determinar qual as distâncias de gama experimental a escolher para b)
3. Registrar e comentar o sinal obtido no osciloscópio no detector, 1º em DC e depois em AC para uma distância  $\sim 20\text{cm}$ .

b) Estudo da relação entre a potência luminosa de uma fonte pontual e a distância a esta.

1. Variar  $r$  até um valor máximo escolhido e ir registrando a tensão  $V$  e a diferença de fase entre os sinais obtidos em função de  $r$
2. Avaliar a verificação da lei  $V(d) = k d^{-2}$

c) Cálculo do coeficiente de absorção do acrílico

1. Colocar o suporte de filtros em frente do detector
2. Registrar  $V$  em função do parâmetro mais adequado (filtro ou  $n$ )
3. Através de um gráfico  $\ln(V)$  em função de filtro ou  $n$ , calcular o coeficiente de absorção do acrílico utilizado

## Análise de Resultados

1ª parte: Verificação experimental da lei do quadrado da distância

Pretende-se verificar esta relação:  $V(d) = k' d^{-2}$

Devido a ser necessário verificar-se que o expoente de  $d$  é  $-2$ , iremos aplicar logaritmo em ambos os lados da equação, ficando-se com:

$$\log(V) = -2 \log(d) + \log(k')$$

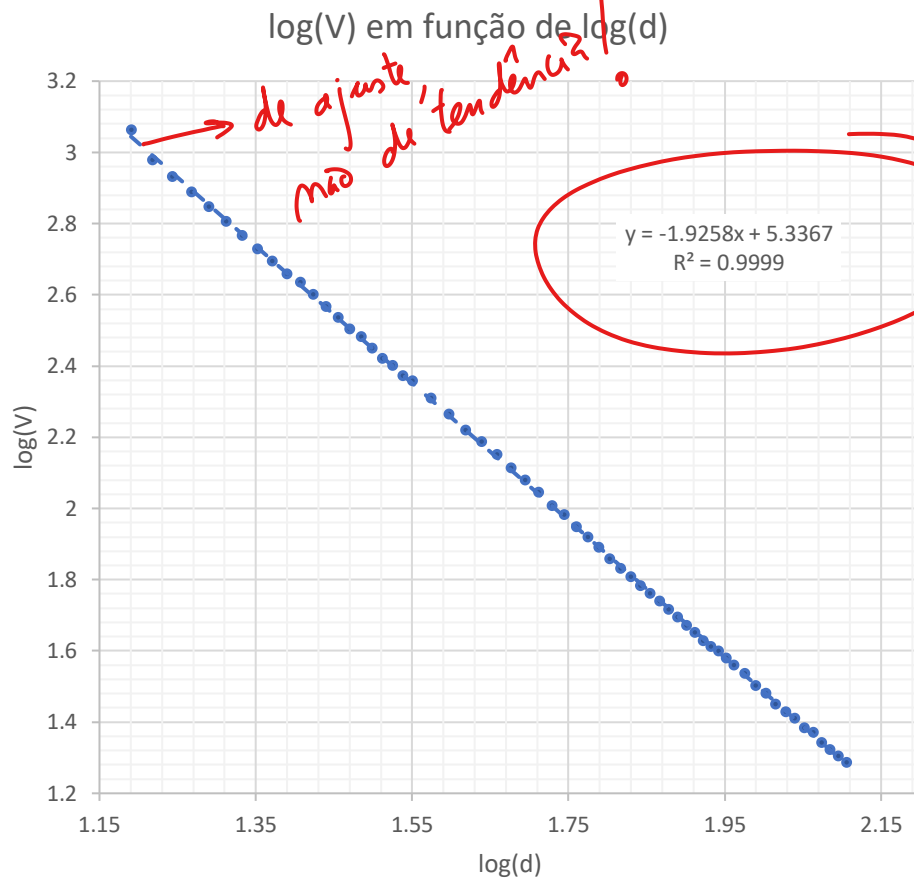
Variou-se a distância  $d$  a partir desde cerca de 25cm até 137cm e registou-se o valor de tensão  $V$ .

Os dados obtidos foram os seguintes



d±0,05cm	log(d-9,50)	mV	log(mV)	$\theta \pm 0,1$ (dif fases)	ajuste	Resíduos	
25.00	1.190331698	1160	3.06445799	15.8	3.0443159	-1.853984188	
26.00	1.217483944	952	2.97863695	16.3	2.9920255	-1.774541589	
27.00	1.243038049	856	2.93247376	16.7	2.9428129	-1.699774866	Resíduos 2
28.00	1.267171728	776	2.88986172	17.2	2.8963358	-1.629164051	-0.002829112
29.00	1.290034611	704	2.84757266	17.6	2.852306	-1.562271359	-0.001933765
30.00	1.311753861	640	2.80617997	17.8	2.8104786	-1.498724732	-0.001716419
31.00	1.33243846	584	2.76641285	18.0	2.7706438	-1.438205308	-0.001689308
32.00	1.352182518	536	2.72916479	18.5	2.7326203	-1.380437738	-0.001294179
33.00	1.371067862	496	2.69548168	18.9	2.6962505	-1.32518261	9.40877E-05
34.00	1.389166084	456	2.65896484	19.0	2.6613965	-1.27223046	-0.000776777
35.00	1.40654018	432	2.63548375	19.1	2.6279372	-1.221396974	0.004399796
36.00	1.423245874	400	2.60205999	19.6	2.595765	-1.172519113	0.003743138
37.00	1.439332694	369	2.56702637	19.7	2.5647847	-1.125451965	0.001631341
38.00	1.45484486	344	2.53655844	19.8	2.534911	-1.080066151	0.001816596
39.00	1.469822016	320	2.50514998	19.9	2.5060677	-1.036245681	-1.17331E-05
40.00	1.484299839	304	2.48287358	20.2	2.478186	-0.933886168	0.002884363
41.00	1.498310554	282	2.45024911	20.2	2.4512039	-0.951891332	-5.20792E-05
42.00	1.511883361	264	2.42160393	20.2	2.4250651	-0.913181734	-0.001359339
43.00	1.525044807	252	2.40140054	20.4	2.3997185	-0.874673705	0.001307228
44.00	1.537819095	236	2.372912	20.7	2.3751175	-0.837298431	-0.000717181
45.00	1.550228353	228	2.35793485	20.9	2.3517195	-0.800991169	0.003912029
47.00	1.574031268	204	2.30963017	20.8	2.3053794	-0.731348113	0.00262152
49.00	1.596597096	184	2.26481782	21.2	2.2619216	-0.665324551	0.001910064
51.00	1.618048097	166	2.22010809	21.3	2.2206109	-0.602562772	0.000136082
53.00	1.638489257	154	2.18752072	21.4	2.1812449	-0.542755608	0.003649362
55.00	1.658011397	142	2.15228834	21.5	2.1436487	-0.485637328	0.004869642
57.00	1.67669361	130	2.11394335	21.9	2.1076701	-0.430976526	0.003633111
59.00	1.694605199	120	2.07918125	21.7	2.0731756	-0.378570431	0.003487127
61.00	1.711807229	111	2.04532298	21.8	2.0400476	-0.328240378	0.003101093
63.00	1.728353782	102	2.00860017	21.8	2.0081819	-0.279828134	0.000571565
65.00	1.744292983	96.0	1.98227123	22.0	1.9774859	-0.233192892	0.002833898
67.00	1.759667845	88.8	1.94841297	22.0	1.9478767	-0.188208807	0.000620696
69.00	1.774516966	83.2	1.92012333	22.2	1.9192799	-0.144762944	0.00077444
71.00	1.788875116	78.0	1.8920946	22.4	1.8916287	-0.102753574	0.00057275
73.00	1.802773725	72.4	1.85973857	22.3	1.8648625	-0.062088737	-0.002336353
75.00	1.8162413	68.0	1.83250891	22.3	1.8389263	-0.02268503	-0.003013533
77.00	1.829303773	64.4	1.80888587	22.4	1.8137704	0.015533421	-0.002222321
79.00	1.841984805	60.8	1.78390358	22.7	1.789349	0.052635844	-0.002518624
81.00	1.854306042	57.8	1.76192784	22.6	1.7656205	0.088685573	-0.001612937
83.00	1.866187339	55.0	1.74036269	22.8	1.7425466	0.123740698	-0.000833902
85.00	1.877946852	52.0	1.71600334	22.8	1.7200923	0.157854632	-0.00182803
87.00	1.889301703	49.6	1.69548168	23.0	1.6982251	0.191076595	-0.001133494
89.00	1.900367129	47.0	1.67209786	22.9	1.6769151	0.223452046	-0.002215059
91.00	1.911157609	44.8	1.65127801	22.9	1.6561346	0.255023054	-0.002239685
93.00	1.921686475	42.6	1.6294096	23.2	1.6358578	0.285828628	-0.003070616
95.00	1.931966115	41.0	1.61278386	23.4	1.6160611	0.315905008	-0.001427408
97.00	1.942008053	39.8	1.59988307	23.3	1.5967221	0.345285917	
99.00	1.951823035	38.0	1.5797836	23.1	1.5778202	0.374002794	
101.00	1.961421094	36.4	1.56110138	23.3	1.5593361	0.402084991	
104.00	1.975431809	34.4	1.53655844	23.3	1.532354	0.443077827	
107.00	1.989004616	31.8	1.50242712	23.4	1.5062152	0.482789424	
110.00	2.002166062	30.3	1.48144263	23.5	1.4808686	0.521297453	
113.00	2.01494035	28.2	1.45024911	23.7	1.4562676	0.558672728	
116.00	2.027349608	26.9	1.42975228	23.8	1.4323696	0.594979989	
119.00	2.039414119	25.8	1.41161971	23.8	1.4091355	0.630278584	
122.00	2.051152522	24.2	1.38381537	23.9	1.3865295	0.664623045	
125.00	2.062581984	23.5	1.37106786	24.1	1.3645184	0.698063599	
128.00	2.07371835	22.0	1.34242268	24.0	1.3430717	0.730646608	
131.00	2.084576278	21.0	1.32221929	24.0	1.3221613	0.762414955	
134.00	2.095169351	20.2	1.30535137	24.3	1.301761	0.793408387	
137.00	2.105510185	19.4	1.28780173	24.4	1.2818464	0.823663809	

Com estes dados elaborou-se o seguinte gráfico de  $\log(V)$  em função de  $\log(d)$



alg? signif.?  
errados!

A matriz de ajuste obtida:

m	-1.926	5.34	b
u(m)	0.003	0.00	u(b)
r <sup>2</sup>	0.99989	0.01	u(y)

Elaborou-se um gráfico de resíduos.

Resíduos de log(V) em função de log(d)



mal formatado

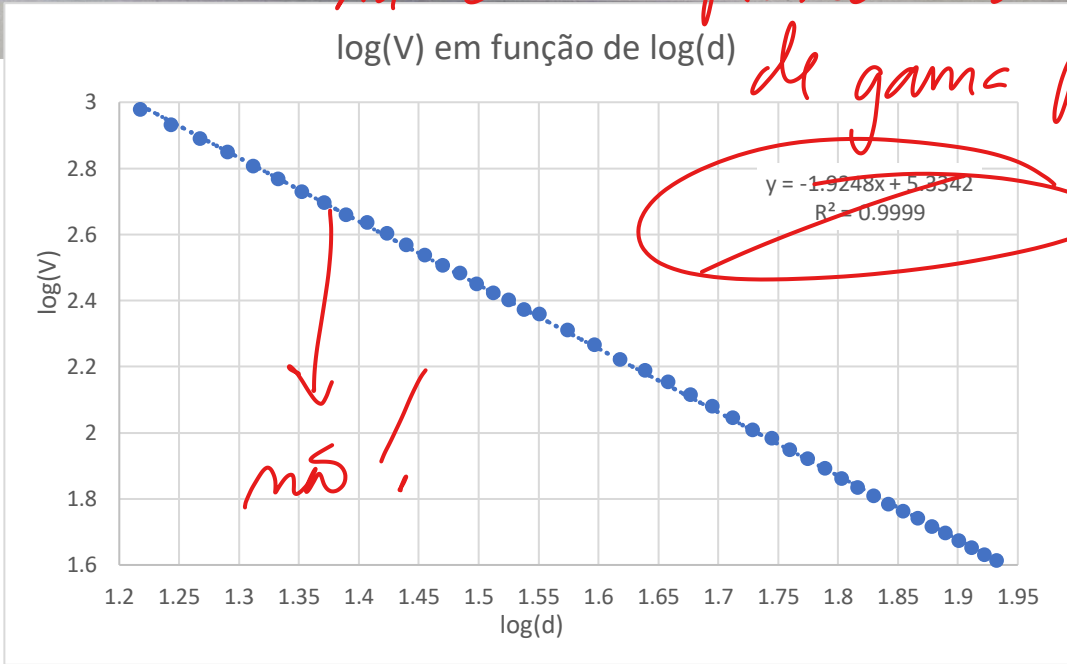
Os resíduos apresentam uma clara tendência linear e não uma aleatoriedade dos dados, sendo necessária proceder a escolher outra gama de dados experimentais (de 28 cm a 95 cm).

esta resulta de análise errada!

Assim o gráfico obtido de  $\log(V)$  em função de  $\log(d)$  é o seguinte:

Não é um problema de escolha de gama para ajuste!

$\log(V)$  em função de  $\log(d)$



$y = -1.9248x + 5.3342$   
 $R^2 = 0.9999$

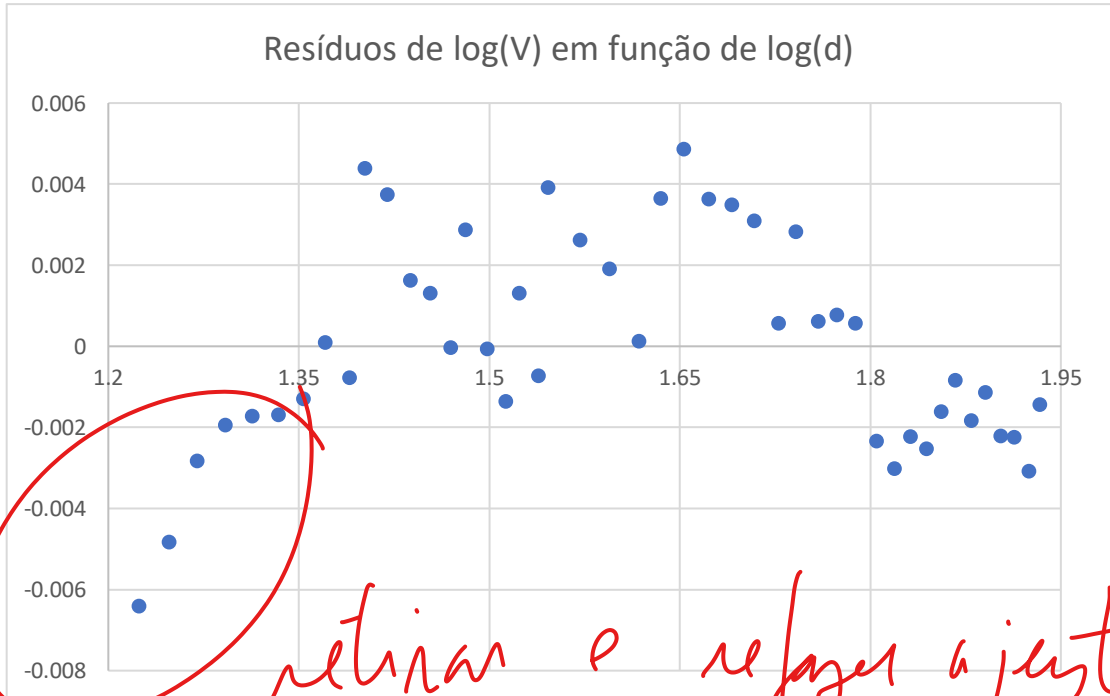
não!

E a sua matriz de ajuste obtida:

m	-1.925	5.33	b
u(m)	0.004	0.01	u(b)
$r^2$	0.99985	0.01	u(y)

Seu o seu respectivo gráfico de resíduos:

mal formatado



Resíduos de  $\log(V)$  em função de  $\log(d)$

retirar e refazer ajuste!



Agora, os resíduos apresentam uma distribuição aleatória ~~como previsto e desejado~~ como previsto e desejado. ↘ não!

Sabendo que  $\underbrace{\log(V)}_y = \underbrace{-2}_m \underbrace{\log(d)}_x + \underbrace{\log(K')}_b$ , pode-se analisar

a matriz de ajuste e concluir que  $m = (-1,925 \pm 0,004)$ .

Como o valor teórico de  $m$  é  $-2$ , calculou-se o erro relativo e a incerteza relativa:

$$E\% = \frac{|\text{valor obtido} - \text{valor teórico}|}{\text{valor teórico}} \times 100 = \frac{|-1,925 - 2|}{2} \times 100 = 3,75\% \approx 3,8\%$$

$$\text{inc}\% = \left| \frac{0,004 \times 100}{-1,925} \right| = 0,2\%$$

ou  $\approx 4\%$

2ª parte: Cálculo do coeficiente de absorção de filtros de ~~an~~ <sup>serião</sup>

Nesta parte do trabalho fixou-se uma distância  $d = (0,350 \pm 0,0005)\text{m}$  e registou-se  $V$  em função da espessura do filtro total por nos permitir um maior número de combinações possíveis, ~~como previsto e desejado~~ (esta foi medida com um micrometro) ~~por coincidência~~ ~~que os resultados dos filtros nas seguintes registaram~~

Os dados obtidos foram os seguintes:

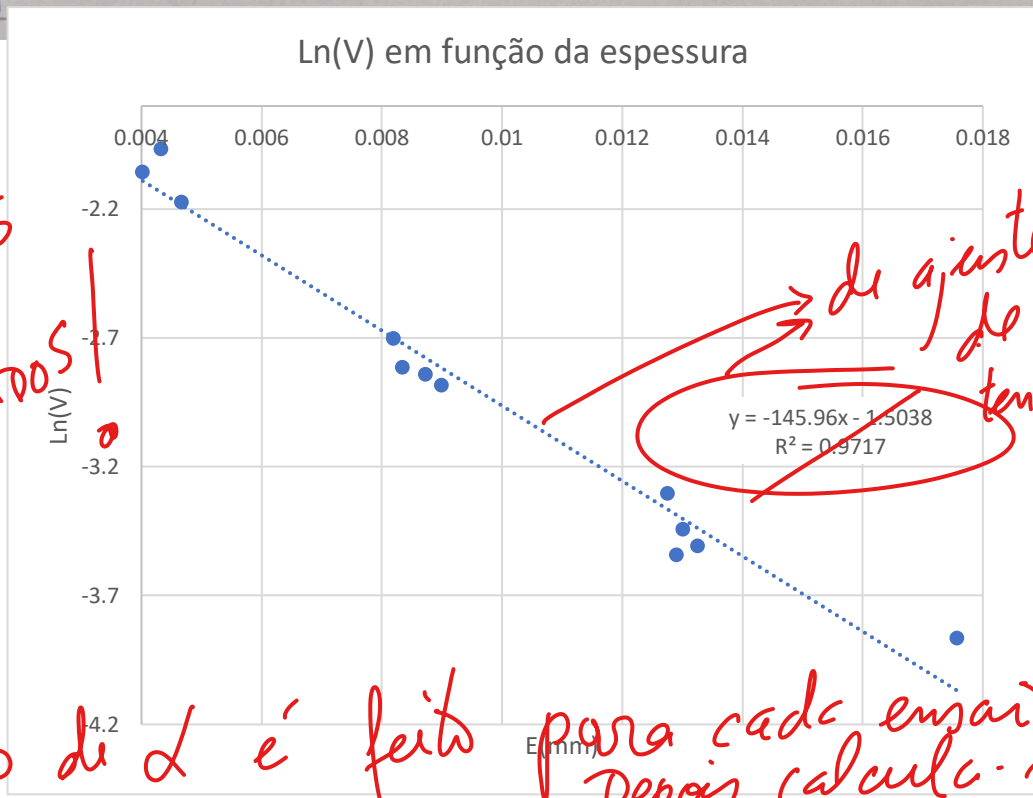
U (V)	Espessura (m)	Ln (U)	filtro(s)	Resíduos
0.14	0.00432	-1.96611286	1	0.1681807
0.056	0.00899	-2.88240359	1;2	-0.06648182
0.032	0.01301	-3.44201938	1;2;3	-0.03934269
0.021	0.01757	-3.86323284	1;2;3;4	0.20501658
0.06	0.00834	-2.81341072	1;3	-0.09236225
0.029	0.0129	-3.54045945	1;3;4	-0.15383825
0.03	0.01325	-3.5065579	2;3;4	-0.06885107
0.0672	0.00819	-2.70008203	3;5	-0.00092741
0.0584	0.00873	-2.84043939	4;5	-0.06246694
0.0368	0.01275	-3.30225743	3;4;5	0.06246993
0.114	0.00467	-2.17155683	2	0.01382235
0.128	0.00402	-2.05572502	3	0.03478086

A expressão que nos permite obter o coeficiente de absorção dos filtros é:  $P(u) = P_0 e^{-\alpha u}$ , que linearizado fica

$$\underbrace{\ln(V)}_Y = \underbrace{-\alpha u}_m + \underbrace{\ln\left(\frac{P_0}{I}\right)}_b$$

Desta forma, elaborou-se o gráfico de  $\ln(V)$  em função da espessura dos filtros ( $E$ ).

OS GRÁFICOS  
estão todos  
MAL FORMATADOS!



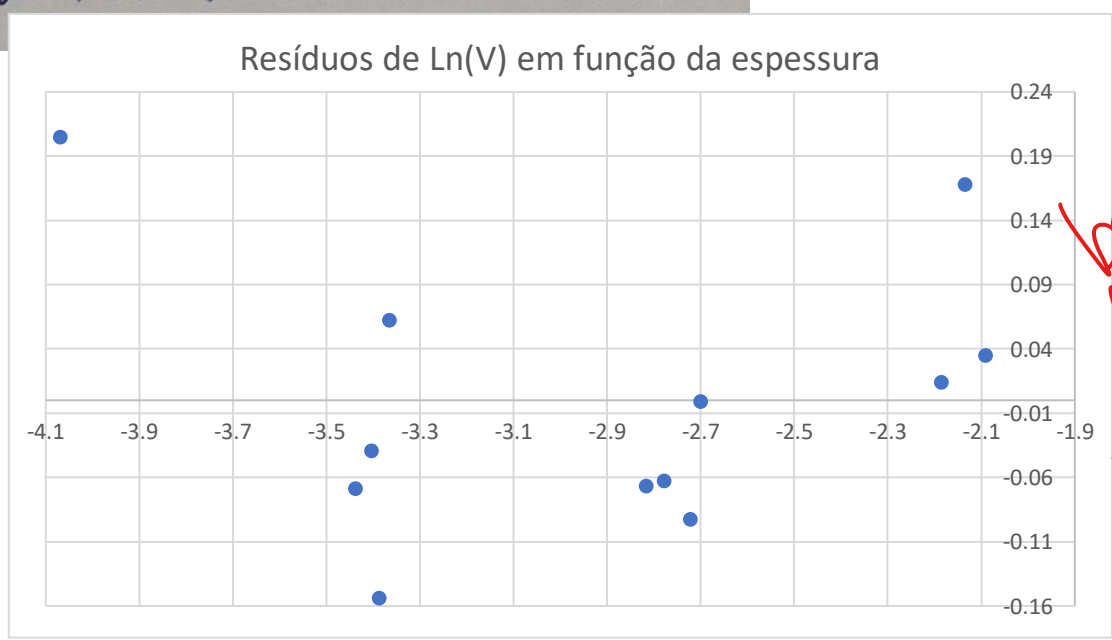
O cálculo de  $\alpha$  é feito para cada ensaio!  
Depois calcula-se a média!

Sendo esta a matriz de ajuste obtida:

m	-146	-1.50	b
$\Delta m$	8	0.08	$\Delta b$
$r^2$	0.97167	0.11	sy

O gráfico de resíduos resultante foi o seguinte:

~~~~~



bom  
de  
imp.?  
exp?



Como pode ser observado, os resíduos estão distribuídos aleatoriamente e nenhum ponto foi considerado duvidoso.

Assim, tem-se que:  $\alpha = (146 \pm 8) \text{ m}^{-1}$

$$E: \text{inc\%} = \left| \frac{8 \times 100}{146} \right| = 5,5\%$$

Identificação do Resultado Final?

### Discussão e conclusões

A verificação da lei do quadrado da distância foi bem sucedida, obtendo-se  $m = (-1,925 \pm 0,004)$  com um erro relativo de 3,75% e uma incerteza relativa de 0,2%, ambos considerados baixos.

Na segunda parte da experiência, o valor obtido para o coeficiente de absorção do acrílico foi  $\alpha = (146 \pm 8) \text{ m}^{-1}$  com uma incerteza relativa associada de 5,5%, significando que provavelmente ocorreram erros na execução do trabalho, já sendo previsível pela observação do gráfico de  $\ln(I)$  em função da espessura em que alguns dados não se encontram dispostos linearmente.