

T3 Intensidade da luz vs distância e atenuação de filtros

Grupo 2 A - Gonso Couto, Jorge Rodrigues

05-05-2023

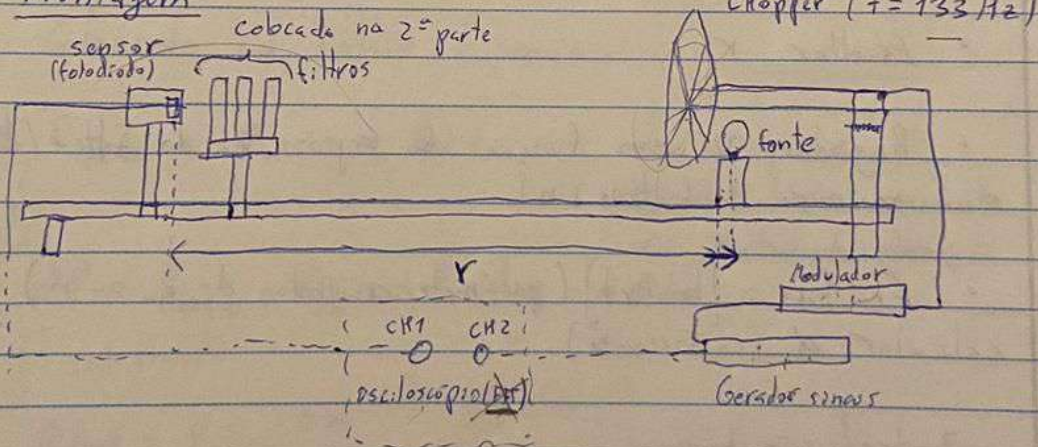
Objetivos

Verificar que a potência luminosa de uma fonte e o quadrado da distância do detector até a mesma são proporcionalmente inversos.

Determinar o coeficiente de absorção de filtros.

- Interpretar gamas de fiabilidade da Lei vs aparato experimental.

Montagem



Procedimento

1ª parte - Estudo para considerações experimentais

• Escolher f para o Modulador $[100; 200] \text{ Hz}$

• Realizar um varrimento em distâncias e determinar as distâncias que vão ser usadas na 2ª parte.

- Observar no osciloscópio o sinal obtido no detector, 1º em DC e depois em AC, com $r \approx 20$ cm. Gravar os resultados.

2ª parte - Estudo da relação entre a potência luminosa de uma fonte pontual e a distância a ela

- Variar r até ao máximo escolhido, registar tensão V e a diferença de fase entre os sinais medidos em função de r . Avaliar verificação da lei, $V(d) = K'd^{-2}$
- Avaliar tendência observada nos dados experimentais, tentar melhorar os resultados.

3ª parte - Cálculo do coeficiente de absorção de um filtro de acrílico.

- Colocar o suporte de filtros em frente ao detector
- Escolher r
- Registar V em função da espessura do filtro (d do filtro) ou número de filtros (n).
- Gráficos: $(\ln(V))$ (parâmetro escolhido, d filtro ou n), calcular α (coeficiente)

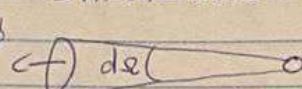
Introdução teórica

$$\lambda = v/f$$

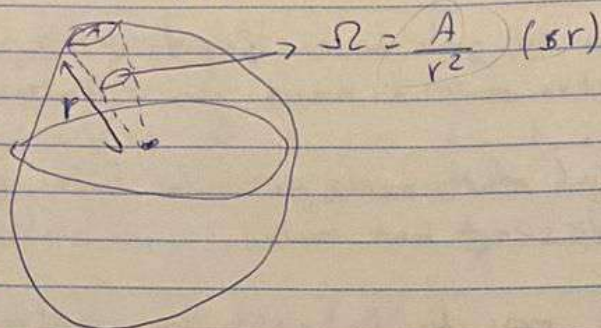
Gama perceptível pelo olho humano
 $\lambda \approx 380$ a ≈ 780 nm

Fonte de luz pontual $\rightarrow E_{\text{radiante}} (Q)$, J

\rightarrow Fluxo radiante (Φ_e), $\Phi_e = \frac{dQ}{dt}$, W

→ Intensidade radiante
 $d\phi$  Fonte pontual

$$I_e = \frac{d\phi_e}{d\Omega} \quad \text{W/sr, cd (Candela)}$$



Detector no \odot , área sensível S , Potência medida P :

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

Colocando um filtro a meio:

$$P_{trans} = P_{in} - \alpha P_{in} dx \quad \begin{array}{l} dx \rightarrow \text{espessura} \\ P_{in} \rightarrow \text{Potência incidente} \\ \alpha \rightarrow \text{coeficiente absorção} \end{array}$$

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

integrando

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

O filamento tem que estar perfeitamente alinhado com o fotodiodo

A barra tem que ser tapada com um metal preto para impedir que o seu reflexo influencie o resultado.

A obtenção dos valores de tensão pico-a-pico no oscóscopo

podem ser obtidas com o cursor (manualmente) ou pelo measure (valorização)

Usar trigger para evitar flutuações.

Os feixes não devem ser encostados à lâmpada pois apenas interessam os feixes divergindo inicialmente para o fotodiodo

O fotodiodo não pode estar muito perto da fonte, pois assim não seria considerada uma fonte puntual

A sala não é a mais adequada visto que existem muitos reflexos, i.e. a parede.

MLST
- in gráfico
MB

Análise

1ª parte

A frequência f escolhida para o modulador foi aproximadamente 135 Hz.

Em relação à distância mínima e máxima escolhidas para a recolha de dados, a mínima foi 20 cm e a máxima foi 90 cm, visto que, se fosse mais distante o sinal detetado seria fraco. Abaixo de 20 cm, a fonte deixaria de ser uma fonte luminosa puntual, critério fundamental para que a teoria seja válida.

Escolhemos 50 pontos para verificar a lei em questão e como vamos usar um gráfico log-log a escala dos pontos teve de ser feita assim:

$$x = \frac{\log(90) - \log(20)}{50} \approx 0,0133$$

Depois, para cada ponto:

$$d_{\text{desajuste}} = 10^{\frac{1}{2}} \cdot d_{\text{desajuste}}$$

Então, d' é a perda seguinte

Na prática, os desajustes estarão com a curva desviada e a fila metélica tem a possibilidade de ser com desajuste, pelo que, para obter valores, considerando os desajustes foram arredondados, i.e. $\approx 22,63$ ou $22,6$ cm

Então, se desajuste: 2° passo

$$V = A \cdot d^{-2}$$

log-log

$$\log(V) = \log(A) + p \cdot \log(d)$$

em que p é o declive da recta, com valor -2 .

Tabela de dados

$d_{\text{desajuste}}$ (cm)	d (cm)	d^2 (cm ²)	V (mm)	$\log_{10}(d)$	$\Delta \log_{10}(d)$	$\log_{10}(V)$	$\Delta \log_{10}(V)$	$\log_{10}(V)$ ajuste	Residual $\log_{10}(V)$
20,00	20,00	0,0025	864	1,301030006	1,50E-04	2,936513742	0,0012	2,936059802	-0,000453941
20,62	20,6	0,00235649	816	1,31386722	1,43E-04	2,911690159	0,0012	2,910508811	-0,001181347
21,37	21,3	0,002274148	768	1,328379689	1,35E-04	2,88536122	0,0013	2,881623614	-0,003737606
21,93	21,9	0,00241681	720	1,34044115	1,28E-04	2,857332496	0,0014	2,857610519	0,000278123
22,61	22,6	0,00250756	680	1,354108439	1,21E-04	2,832508913	0,0015	2,830413384	-0,002095529
23,32	23,3	0,00243689	632	1,367853821	1,15E-04	2,800717078	0,0016	2,804045824	0,003328746
24,04	24	0,00256000	600	1,380211242	1,08E-04	2,77815125	0,0017	2,778458816	0,000307566
24,79	24,8	0,00248064	560	1,394451681	1,02E-04	2,748188027	0,0018	2,750114492	0,001926465
25,57	25,6	0,00259136	528	1,408339965	1,95E-04	2,722633923	0,0019	2,722670928	3,70056E-05
26,36	26,35	0,00249225	496	1,42178062	1,90E-04	2,695481676	0,0020	2,697710226	0,00222855
64,21	64,2	0,00246164	84,8	1,807535028	7,79E-05	1,928395852	0,0012	1,927920924	-0,000474928
66,21	66,2	0,00231864	79,2	1,820857989	7,55E-05	1,898725182	0,0013	1,901408132	0,00267795
68,28	68,3	0,00238329	74,4	1,834420704	7,32E-05	1,871572936	0,0013	1,87440814	0,002835204
70,40	70,4	0,00251616	70,4	1,847572659	7,10E-05	1,847572659	0,0014	1,848230714	0,000658055
72,60	72,6	0,00268176	65,6	1,860936621	6,89E-05	1,816903839	0,0015	1,821631316	0,004727476
74,86	74,9	0,00255481	61,6	1,874481818	6,68E-05	1,789580712	0,0016	1,794671189	0,005090477
77,19	77,2	0,00297284	58	1,8876173	6,48E-05	1,763427994	0,0017	1,768526551	0,005098558
79,60	79,6	0,00256816	55,2	1,900913068	6,28E-05	1,741939078	0,0018	1,742062885	0,000123808
82,08	82,1	0,00257161	51,8	1,914343157	6,09E-05	1,71432976	0,0019	1,715331867	0,001002107
84,64	84,6	0,00278516	48,8	1,927370363	5,91E-05	1,688419822	0,0020	1,689402741	0,000982919
87,28	87,3	0,00262129	46	1,941014244	5,73E-05	1,662757832	0,0022	1,662246197	-0,000511635
90,00	90	0,00270000	43,6	1,954242509	5,56E-05	1,639486489	0,0023	1,639591685	-0,000605195

Gráficos de $V(d)$, $\log V(\log d)$, resíduos

Gráfico de V em função de d^2

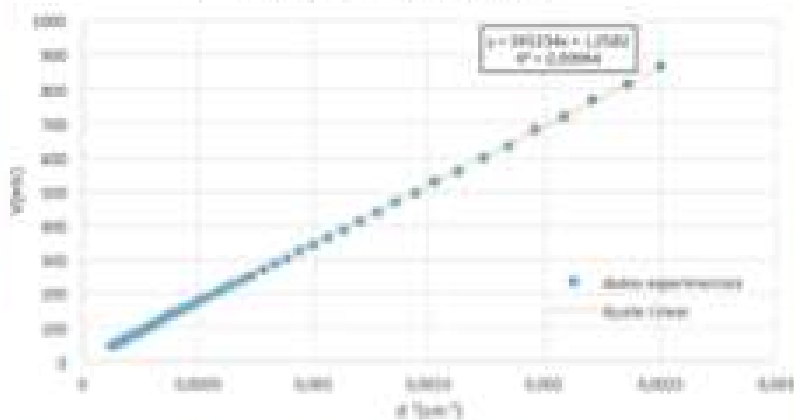
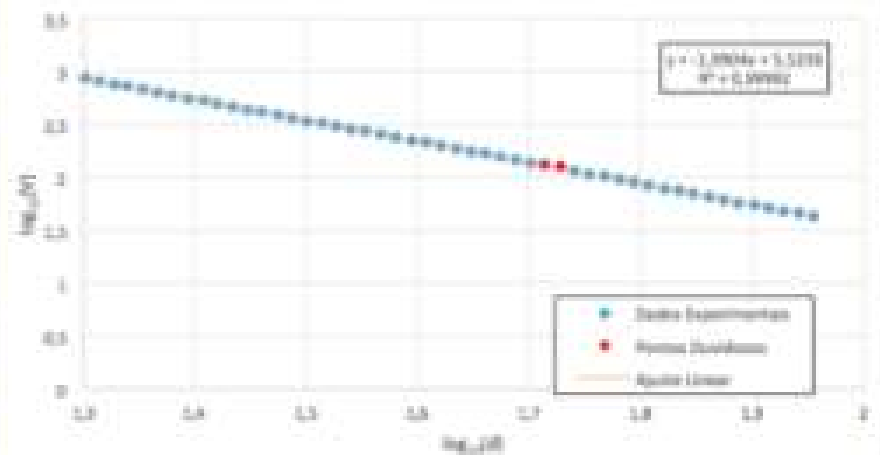


Gráfico de $\log_{10}(V)$ em função de $\log_{10}(d)$



Ajuste linear $\ln(V)/\ln(d)$

m	-1,99038	5,52561	b
Δm	0,00259	0,00425	Δb
R^2	0,99992	0,00353	sy

Gráfico de resíduos no ajuste de $\log_{10}(V)/\log_{10}(d)$



Após estes resultados,

$$\log(V) = 5,5256 - 1,9909 \log(d)$$

$$\text{Logo, } p = -1,9909 \approx \underline{-1,99}$$

$$E_r(\%) = \frac{|p_{\text{teórico}} - p_{\text{exp}}|}{p_{\text{teórico}}} \times 100\%$$

$$= \underline{0,5\%}$$

$$p = -1,990 \pm 0,003$$

O valor teórico -2 está fora do intervalo

Os pontos duvidosos presentes, foram dois pontos, em que, propositalmente se deixou uma parte da barra que suportava as matrizes "destapada". Como se vê no gráfico de resíduos, a mesma parte é mesmo fundamental, pois sem ela o reflexo da barra arruinaria a experiência.

3ª parte

$$V = C \cdot e^{-\alpha d}$$

d = espessura total filtro
 α = coeficiente de absorção

$$\ln(V) = \ln(C) + (-\alpha) d$$

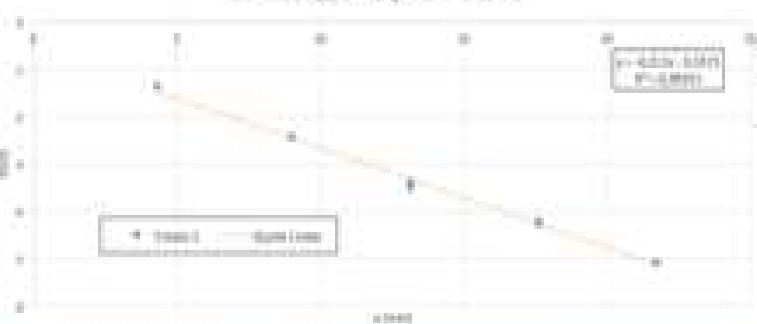
↓
Pelo que $-\alpha$ é o declive.

Foram feitos vários ensaios, com diferentes combinações de filtros, para chegarmos a vários valores de coeficientes de absorção.

Ensaio 1

ordem dos fôrros	a (mm)	V (mV)	ln(V)	ln(a)	ln(V) ajuste	Resíduo ln(V)	u(V)
1	4,285	294	-1,842171805	0,9039	-1,429278646	-0,096006812	1
1,2	8,58	87,2	-2,439102848	0,9123	-2,442708605	-0,006157753	1
1,2,3	13,17	36	-3,006707507	0,9073	-3,346291818	0,340584311	0,1
	15,12	36,5	-3,00006844	0,9095	-3,346291818	0,346094182	0,1
1,2,3,4	17,585	34,5	-3,351180981	0,9071	-4,312966245	-0,961785264	0,1
	17,585	34,5	-3,351719175	0,9068	-4,312966245	-0,962323465	0,1
1,2,3,4,5	21,75	6,58	-5,032700589	0,9004	-5,358078084	-0,325377501	0,01
	21,75	6,58	-5,039970501	0,9008	-5,358078084	-0,318108583	0,01

Gráfico de ln(V) em função de a - ensaio 1



Ajuste linear ln(V)(x) - Ensaio 1

m	-0,217	-0,497	b
Δm	0,009	0,120	Δb
R^2	0,9932	0,103	sy

Gráfico de resíduos no ajuste de ln(V)(x) - ensaio 1



Ensaio 2

ordem dos fôrros	a (mm)	V (mV)	ln(V)	ln(a)	ln(V) ajuste	Resíduo ln(V)	u(V)
2	4,171	301	5,508304808	0,804071124	5,374964844	0,071805436	1
2+3	8,362	303	5,624572813	0,809626812	5,373356797	-0,051416037	1
2+3+4	12,678	45,2	3,811897087	0,902117389	3,748629056	-0,06326803	0,1
2+3+4+5	17,339	17,8	2,878186417	0,905417938	2,877899478	-0,00118698	0,1
2+3+4+5+6	21,729	7,2	1,974211104	0,90188889	1,977504819	0,043293719	0,01

Gráfico de ln(V) em função de a - ensaio 2

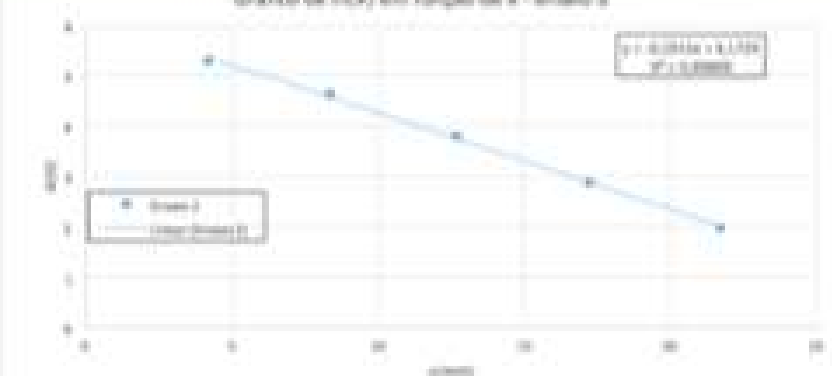


Gráfico de resíduos no ajuste de ln(V)(x) - ensaio 2



Ajuste linear ln(V)(x) - ensaio 2

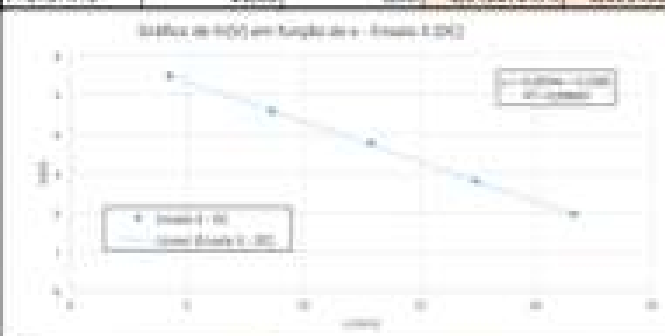
m	-0,19122108	6,17254747	b
Δm	0,004834451	0,06894778	Δb
R^2	0,998086132	0,06725073	sy

Ajuste linear $\ln(V)(x)$ - ensaio 3 (AC)			
m	-0,201199676	6,337220015	b
Δm	0,002756827	0,039549508	Δb
R^2	0,999437087	0,037871606	xy

ordem dos filamentos	x (mm)	V (mV)	$\ln(V)$	$\Delta \ln(V)$	$\ln(V)$ ajuste	Resíduo $\ln(V)$	u(V)
7	4,26	242	5,488937726	0,004132231	5,480109401	-0,008828325	1
7+6	8,63	96,7	4,571613402	0,010341262	4,566842826	-0,004770576	1
7+6+5	12,91	48,8	3,779613817	0,002281105	3,775712208	-0,003901609	0,1
7+6+5+4	17,39	36,4	3,797281331	0,004097161	3,808357662	0,011076331	0,1
7+6+5+4+3	21,61	7,44	2,005870640	0,001344086	1,989795032	-0,016075607	0,01



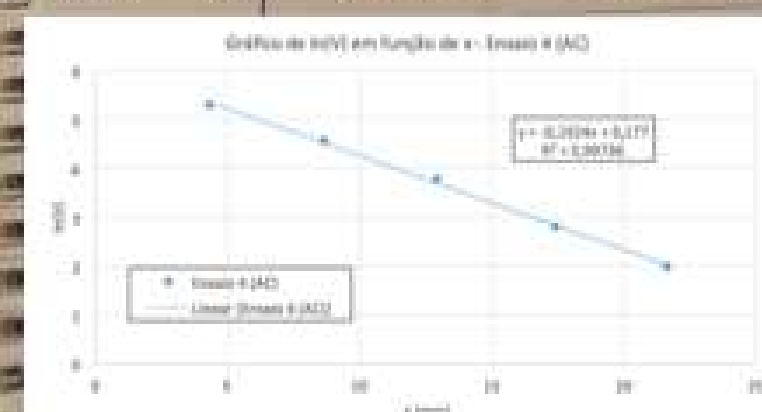
ordem dos filamentos	x (mm)	V (mV)	$\ln(V)$	$\Delta \ln(V)$	$\ln(V)$ ajuste	Resíduo $\ln(V)$	u(V)
7	4,26	236	5,465831805	0,004217288	5,473454983	0,007623178	1
7+6	8,63	96,1	4,565389316	0,013405827	4,578808139	0,013418823	1
7+6+5	12,91	42,9	3,758871826	0,002331002	3,712400965	-0,046470861	0,1
7+6+5+4	17,39	38,1	3,778819272	0,008211118	3,801249758	0,022430486	0,1
7+6+5+4+3	21,61	6,96	1,940179474	0,001438762	1,942977862	0,002798388	0,01



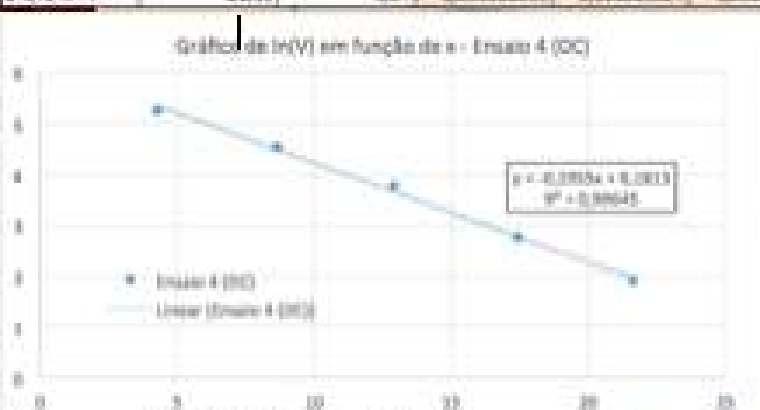
Ajuste linear $\ln(V)(x)$ - ensaio 3 (DC)			
m	-0,203381966	6,338062143	b
Δm	0,002367845	0,032534558	Δb
R^2	0,999637127	0,031154368	xy

Ajuste linear $\ln(V)(x)$ - ensaio 4 (AC)			
m	-0,192442539	6,176992773	b
Δm	0,005730985	0,082083638	Δb
R^2	0,997355699	0,078482746	xy

ordem dos filamentos	x (mm)	V (mV)	$\ln(V)$	$\Delta \ln(V)$	$\ln(V)$ ajuste	Resíduo $\ln(V)$	u(V)
8	4,26	239	5,278124639	0,001020412	5,281414291	0,003289652	1
8+7	8,63	95,4	4,558018578	0,01046018	4,523364812	-0,034653767	1
8+7+6	12,91	44,1	3,794419793	0,002217174	3,803199998	0,008780205	0,1
8+7+6+5	17,39	36,4	3,797190125	0,000671611	3,804171521	0,006981397	0,1
8+7+6+5+4	21,61	7,44	1,940138642	0,001378626	1,938590008	-0,001548634	0,01



ordem dos filtros	x (mm)	V (mV)	W (V)	$\Delta W(V)$	W(V) ajuste	Resíduo W(V)	v(V)
2	4,29	19,1	5,217691372	0,001208339	5,342945752	0,285127019	1
3=7	8,65	62,7	4,527998473	0,012787987	4,403048912	-0,099219891	1
3=7=5	13,91	43,4	3,770439441	0,002904547	3,897588339	-0,112879452	0,1
3=7=5=4	17,39	55,1	2,778629372	0,006211158	2,781804619	0,002981387	0,1
3=5=3=7=4	21,41	6,54	1,899112968	0,001308024	1,798491529	-0,063743568	0,01



Ajuste linear W(V)(x) - ensaio 4 (DC)

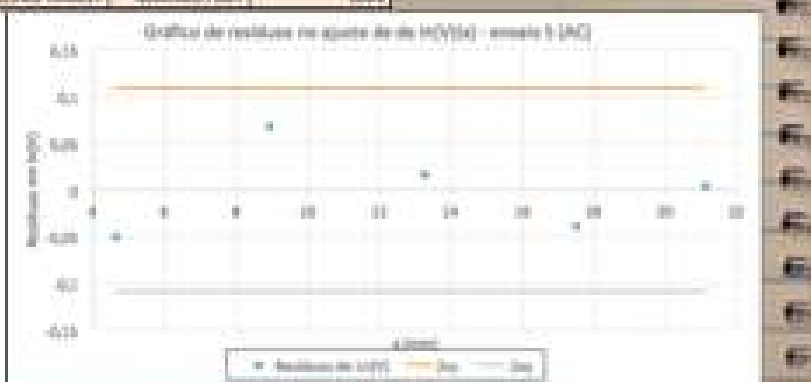
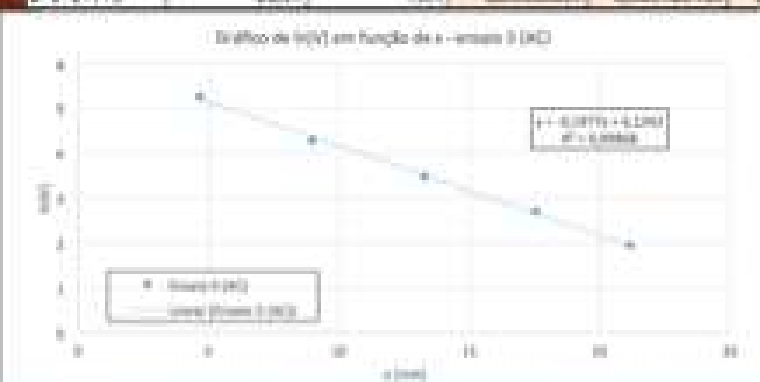
m	-0,195483576	6,381298823	b
Δm	0,006732479	0,096596356	Δb
R^2	0,996454323	0,092358812	ry

Ajuste linear W(V)(x) - ensaio 5 (AC)

m	-0,197668716	6,134212719	b
Δm	0,004143805	0,05956138	Δb
R^2	0,998683345	0,014438862	ry

Ensaio 5

ordem dos filtros	x (mm)	V (mV)	W (V)	$\Delta W(V)$	W(V) ajuste	Resíduo W(V)	v(V)
2	4,66	18,1	5,262660189	0,001381347	5,213076302	-0,049583887	1
3=6	8,97	79,7	4,299195421	0,013661202	4,341124334	0,067928913	1
3=6=1	13,29	52,8	3,499628513	0,00904879	3,50719548	0,016566967	0,1
3=6=1=7	17,53	35,0	2,798050201	0,006666667	2,669801229	-0,068970078	0,1
3=6=1=7=5	21,14	7,54	1,91568817	0,001429415	1,955486257	0,008897887	0,01



ordem dos filtros	x (mm)	V (mV)	W (V)	$\Delta W(V)$	W(V) ajuste	Resíduo W(V)	v(V)
2	4,66	17,8	5,18178355	0,004617978	5,157678988	-0,024104561	1
3=6	8,97	72,0	4,376995179	0,013888889	4,355847359	-0,00950124	1
3=6=1	13,29	51,8	3,45986629	0,001544634	3,471302852	0,012436562	0,1
3=6=1=7	17,53	34,8	2,694627181	0,006756757	2,644261684	-0,050365517	0,1
3=6=1=7=5	21,14	6,8	1,916823612	0,001470389	1,89825484	-0,012568768	0,01

Ajuste linear W(V)(x) - ensaio 5 (DC)

m	-0,195292721	6,067743069	b
Δm	0,003207175	0,046098826	Δb
R^2	0,999191569	0,042130959	ry



Os resultados do primeiro ensaio foram os "piores", sendo a causa difícil de explicar. Com 3 filtros, o sinal detetado oscilava muito, pelo que, foram recolhidas o mínimo e máximo entre quas ~~de~~ a tensão variava.

$$^1 \ln V = -0,4978 - 0,217d$$

$$\underline{\alpha_1} = -0,217 \text{ m}^{-1} \quad \left(\frac{1}{3} \right) = -0,217 \pm 0,009 \text{ m}^{-1}$$

Nota: A distância definida para os ensaios foi $d = 25 \text{ cm}$.

No segundo ensaio não houve os problemas do primeiro,

$$^2 \ln V = -0,1912d + 6,1725$$

$$\alpha_2 = -0,1912 \text{ m}^{-1} \approx -0,191 \text{ m}^{-1}$$

$$\hookrightarrow \underline{\alpha_2} = -0,191 \pm 0,005 \text{ m}^{-1}$$

Nos 3º, 4º e 5º ensaios, - recolheram-se os resultados em AC e DC.

$$^3 \text{AC} \quad \ln V = -0,201d + 6,337$$

$$\underline{\alpha_3} = -0,201 \pm 0,003 \text{ m}^{-1}$$

$$^3 \text{DC} \quad \ln V = -0,203d + 6,338$$

$$\underline{\alpha'_3} = -0,203 \pm 0,002 \text{ m}^{-1}$$

$$^4 \text{AC} \quad \ln V = -0,192d + 6,127$$

$$\underline{\alpha_4} = -0,192 \pm 0,006 \text{ m}^{-1}$$

ver como está no
trabalho de sala

$$4DC \ln V = -0,195 d + 6,181$$

$$\underline{d'_4} = -0,195 \pm 0,007 \text{ m}^{-1}$$

$$5AC \ln V = -0,198 d + 6,1392$$

$$\underline{d'_5} = -0,198 \pm 0,009 \text{ m}^{-1}$$

$$5DC \ln V = -0,195 d + 6,068$$

$$\underline{d'_5} = -0,195 \pm 0,003 \text{ m}^{-1}$$

~~o valor máximo de d é~~

$$|d|_{\max} = 0,217 = |d_1|$$

$$|d|_{\min} = 0,191 = |d_2|$$

sem o ensaio 1, os valores enquadram-se
no segundo intervalo,

$$d \in [-0,203; -0,191]$$

Falta identificar os resultados
os resultados são os mesmos

pois pelo que é possível concluir que o coeficiente
de absorção destes filtros é aproximadamente $-0,2$, se
tivesse que ser atribuído um só valor. Este valor
é semelhante a valores obtidos por outros grupos.

Conclusão

2ª parte

% inc? % erro?

O valor experimental obtido nesta parte, mostrou
que intensidade do sinal detectado decai menos do que
era esperado, $-2 \text{ (teórico)} < -1,950 - 0,003 \text{ (exp.)}$, pelo
que, podemos concluir, que o fotodiodo estava recebendo luz
de outra fonte. Se a sala fosse totalmente escura,
provavelmente não teríamos este problema, mas na realidade
existem reflexos, luz do osciloscópio, etc. que

1.º

são significativas no ponto de interferirem na atividade. Apesar disso, o erro associado ao valor f_{rms} é de apenas 0,5%.

3ª parte

Nesta parte, apenas o 1º ensaio foi realizado pelo sub-grupo A (do qual faço parte), o resto foi feito pelo outro sub-grupo, e nota-se uma diferença entre os resultados. A razão é difícil de perceber, possivelmente terá que algo a ver com a técnica pessoal dos alunos ou com os próprios filtros, por exemplo, o filtro 3 só é basicamente usado no 1º ensaio, e poderá estar bastante gasto e ser a origem desta discrepância. No resto dos ensaios, obviamente, nota-se que as incertezas associadas aos d 's são menores.