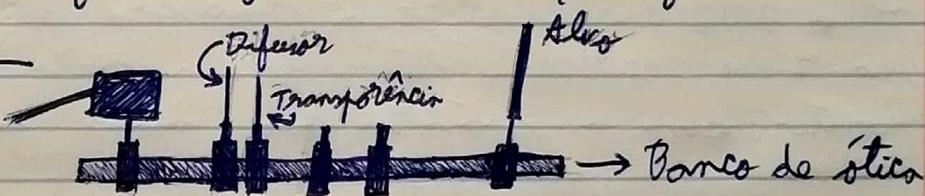


Preparação / Cuidados a ter

- Ter cuidado ao manusear as lentes
- Para preparações fez-se o estudo aprofundado do protocolo FA e dos vídeos facultados
- Ter atenção no medir da projecção, assim como a distância entre os instrumentos
- Registrar sempre as incertezas
- Certificar que não existe muito brilho, de modo a melhor ver a imagem gerada, para a poder medir com mais exactidão

Objetivos

- Estudar a formação de imagens por lentes
- Familiarizar com o conceito de ampliação de imagem
- Analisar gráficos com funções não lineares
- Observar os efeitos da aberração esférica longitudinal

Procedimentos

- 1 - Verificar se se tem todos os ~~dispositivos~~ materiais necessários disponíveis e fazer a montagem como indicado na figura acima.
- 2 - Medir as dimensões lineares da transparência (duras)
- 3 - Colocar uma lente convergente (+12 ou +15) num dos suportes e molhar-lo de modo que a ~~projecção~~ imagem no olho esteja nítida e medir as distâncias S_0 (distância transparência - lente), D (transparência - olho) e S_1 (lente - olho)
- 4 - Sem alterar as posições da transparência e do olho, procura-se outra posição da lente que permita a formação de uma imagem nítida. Nessa posição, deve-se repetir as medições do passo 3
- 5 - Repetir os passos 3 e 4 para diferentes valores de D (distâncias transparência - olho)

6 - Num toledo, registrar todos os medições feitas, assim como o valor de M_f , $f = \frac{s_i s_o}{D}$, $f = s_o - \frac{s_o^2}{D}$, $f = s_i - \frac{s_i^2}{D}$ e também o valor de h e h' , respectivamente, a altura da transparência e da imagem gerada.

7 - Calcular a distância focal do lente. Para isto:

7.1 - traçar o gráfico da reta de $\frac{1}{s_i}$ em função de $\frac{1}{s_o}$ e obter o valor de f correspondente

7.2 - traçar o gráfico de D em função de s_o e determinar o f correspondente, com os vários métodos possíveis

7.3 - Compor os valores obtidos e calcular as incertezas associadas

7.4 - Determinar a ampliação transversal da imagem

8 - Colocar o lente $+10$ a cerca de 15 cm do objeto. Mover a lente s_o de tal forma que se forme uma imagem nítida e registrar os s_o e D . Colocar a máscara que deixa passar a luz na zona central e determinar a nova posição da imagem. Repetir com a máscara que deixa passar a luz nos lados.

9 - Compor a incerteza da determinação de f a partir de uma única leitura do toledo e por meios gráficos

D (cm)	s_o (cm)	s_i (cm)	$2h$ (cm)	$2h'$ (cm)	
95,6	16,4	76,7	2,3	9,75	67,8-45
95,75	76,6	19,0	2,3	0,60	18/3/22
102,1	18,70	83,35	2,3	8,50	horizontal
102,15	82,85	19,35	2,3	0,50	origem de erro:
106,9	18,95	88,55	2,3	8,75	alvo não
106,9	87,9	19,00	2,3	0,50	estava 100%
113,1	18,3	95,00	2,3	9,5	vertical
113,05	94,0	19,3	2,3	0,45	
124,3	106,7	18,15	2,3	0,40	Imagem pouco
130,95	112,78	17,65	2,3	0,4	nítida nos extremos

incertezas de leitura:

$$\mu(D) = \pm 0,05 \text{ cm}$$

$$\mu(s_o) = \pm 0,05 \text{ cm}$$

$$\mu(s_i) = \pm 0,05 \text{ cm}$$

$$\mu(2h) = \mu(2h') = \pm 0,05 \text{ cm}$$

Imagem ampliada

Lente +10

	D	s _o	s _i	2h	2h'
zen nose	39,5	15	24,5	2,3	3,7

(M) 1 0 43,9 15 28,9 2,3 4,0

(M) 3 + 41,25 15 26,75 2,3 4,3

Análise de dados / tabelas

Lente +15											
	D (cm)	S _o (cm)	S _i (cm)	2h (cm)	2h' (cm)	Mt	1/S _o	1/S _i	f=S _i S _o /D	f=S _o -S _o ² /D	f=S _i -S _i ² /D
A	95,60	18,40	76,70	2,30	9,15	3,9783	0,0543	0,0130	14,7623	14,8586	15,1635
A	102,10	18,70	83,35	2,30	8,50	3,6957	0,0535	0,0120	15,2659	15,2750	15,3067
A	106,90	18,45	88,55	2,30	8,75	3,8043	0,0542	0,0113	15,2830	15,2657	15,2001
A	113,10	18,30	95,00	2,30	9,50	4,1304	0,0546	0,0105	15,3714	15,3390	15,2034
B	95,75	76,60	19,00	2,30	0,60	0,2609	0,0131	0,0526	15,2000	15,3200	15,2298
B	102,15	82,85	19,35	2,30	0,50	0,2174	0,0121	0,0517	15,6941	15,6535	15,6846
B	106,90	87,90	19,00	2,30	0,50	0,2174	0,0114	0,0526	15,6230	15,6230	15,6230
B	113,05	94,00	19,30	2,30	0,45	0,1957	0,0106	0,0518	16,0478	15,8399	16,0051
B	124,30	106,10	18,15	2,30	0,40	0,1739	0,0094	0,0551	15,4925	15,5352	15,4998
B	130,95	112,78	17,65	2,30	0,40	0,1739	0,0089	0,0567	15,2010	15,6488	15,2711
Média (\bar{f})	*	*	*	*	*	*	0,0282	0,0367	15,3941	15,4359	15,4187

Tabela 1

1/S_i em função de 1/S_o

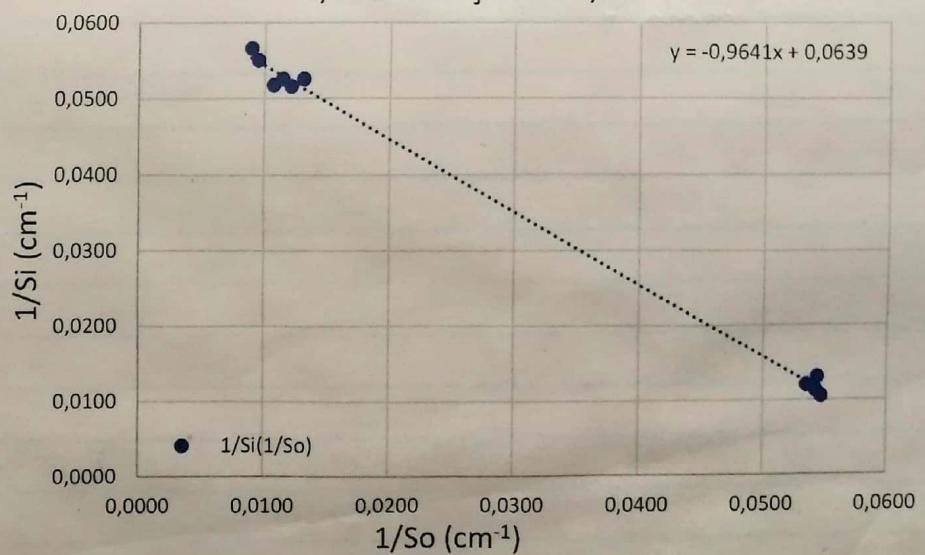


Gráfico 1

Análise Estatística			
Declive (m)	-0,9641	Ordenada na origem (b)	
u(m)	0,01696	u(b)	

1/S _i (1/S _o)	x	y	f
Interseção da regressão com y=0:	0,0662	0	15,106
Interseção da regressão com x=0:	0	0,0639	15,649

Tabela 2

D em função de So

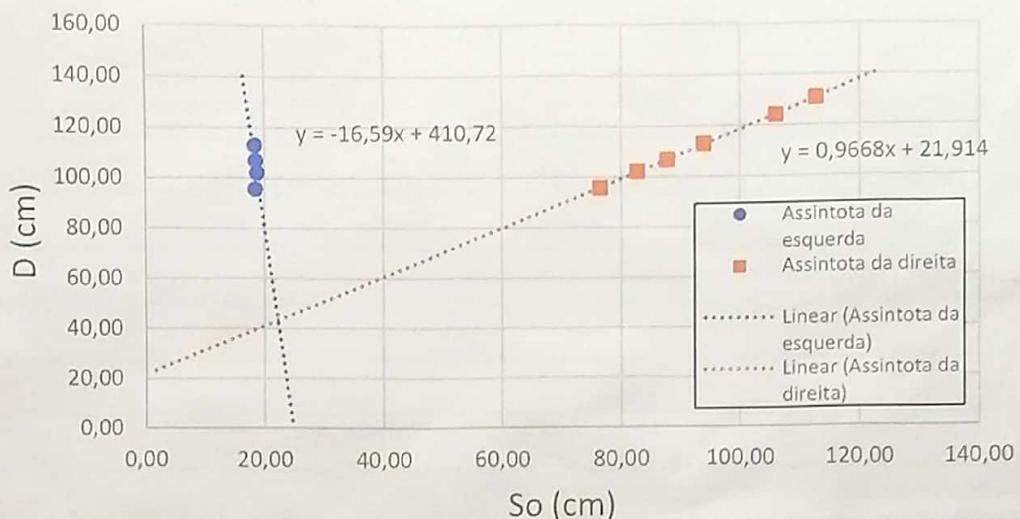


Tabela Gráfico 2

D(So)	x	y	f
Interseção(Mínimo):	22,146	43,324	11,073 10,831
Interseção de assíntota esquerda com $y=0$:	24,757	0	24,757
Interseção de assíntota direita com $x=0$:	0	21,914	21,914

Tabela 3

Lente +10										
D (cm)	So (cm)	Si (cm)	2h (cm)	2h' (cm)	Mt	1/SO	1/Si	f=SiSo/D	f=sO-SO^2/D	f=Si-Si^2/D
Sem máscara	39,5	15	24,5	2,3	3,7	1,6087	0,0667	0,0408	9,3038	9,3038
Máscara 1	43,9	15	28,9	2,3	4	1,7391	0,0667	0,0346	9,8747	9,8747
Máscara 2	41,25	15	26,75	2,3	4,3	1,8696	0,0667	0,0374	9,7273	9,5455
Média (\bar{f})	*	*	*	*	*	*	*	*	9,6353	9,5747
										9,5272

Tabela 4

Lente	Cálculo	f	Incerteza (cm)	Erro (%)
+15	$f=SiSo/D$	15,3941	0,378	2,63%
	$f=So-So^2/D$	15,4359	0,942	2,91%
	$f=Si-Si^2/D$	15,4187	0,958	2,79%
	Declive (1)	-0,9641	*	3,59%
	Interseção ($x=0$) (1)	15,64945	*	4,33%
	Interseção ($y=0$) (1)	15,10574	*	0,70%
	In. Assintotas ($X/2$) (2)	11,073	*	26,18%
	In. Assintotas ($Y/4$) (2)	10,831	*	27,79%
	Interseção (D) (2)	21,914	*	46,09%
+10	Interseção (E) (2)	24,757	*	65,05%
	$f=SiSo/D$	9,6353	0,039	3,65%
	$f=So-So^2/D$	9,5747	0,964	4,25%
	$f=Si-Si^2/D$	9,5272	0,936	4,73%

Tabela 5

* → Estes valores não são relevantes na resposta aos objetivos da atividade experimental

Resíduos

Resíduos [1/Si(1/So)]

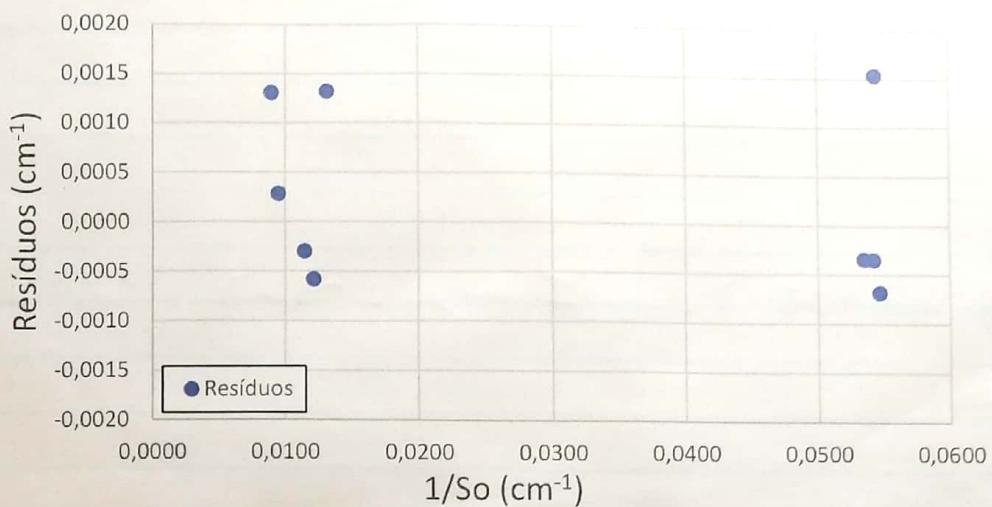


Grafico 3 - Resíduos do grafico 1

Resíduos [D(So)[Esquerda]]

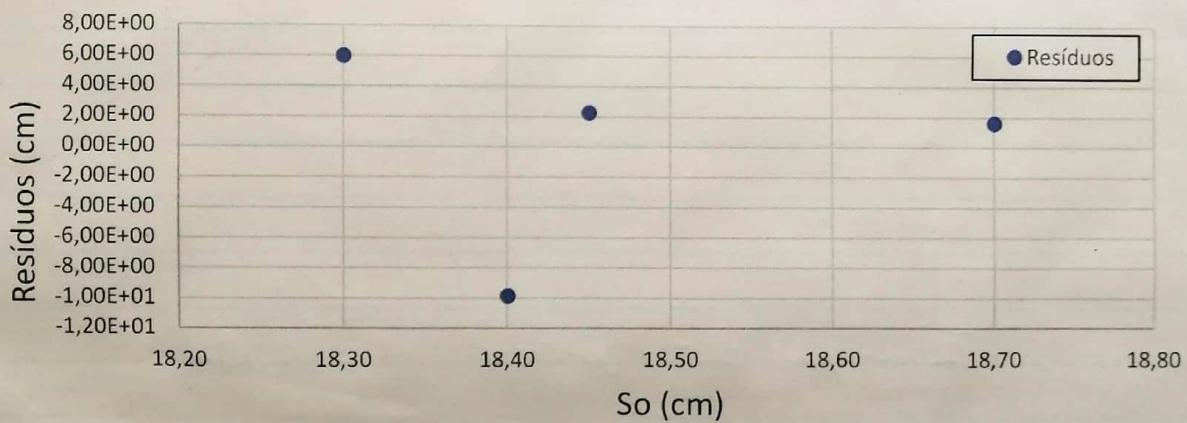


Grafico 4 - Resíduos da regressão da esquerda do grafico 2

Resíduos [D(So)[Direita]]

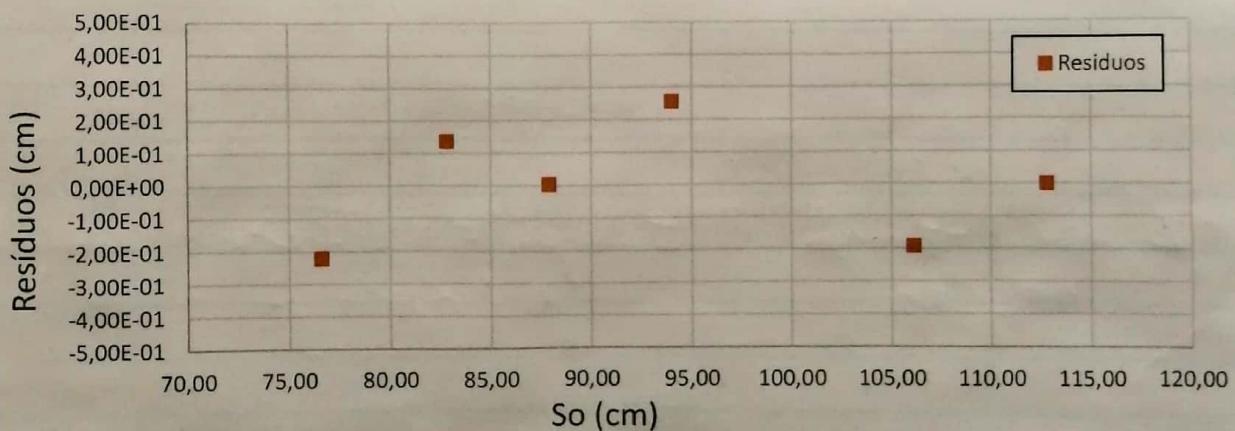


Grafico 5 - Resíduos da regressão da direita do grafico 2

- Ao longo da tarefa deparamos com diversos tipos de erro. Por exemplo,

→ O devo ter sido 100% vertical, o que poderia ter causado erros na medida de f'

→ A partir de certos valores mais elevados de D , a parte superior da imagem tornava-se pouco nítida, de modo que foi difícil medir o h' com exatidão.

→ Pode-se dizer que aí ocorreu no local de realização da tarefa, que poderia ter levado a erros na medida de h' e na determinação da distância s_0 (dificuldade a determinar quando é que a imagem está nítida)

~~QUESTIONARIO~~

Interpretação / Explicação da análise

- Na tabela 1 temos todos os dados obtidos na primeira foto da distância, em que se usou uma lente +15 e varia os valores de D . Estão ainda presentes os valores de $1/10$ e $1/5$, uma vez que estes foram usados no gráfico 1. De notar ainda que se ~~foram~~ indicou os valores de $2h$ e $2h'$ (em vez de h e h') porque estes foram os valores medidos na distância e porque isto não afeta os valores de ~~MT~~

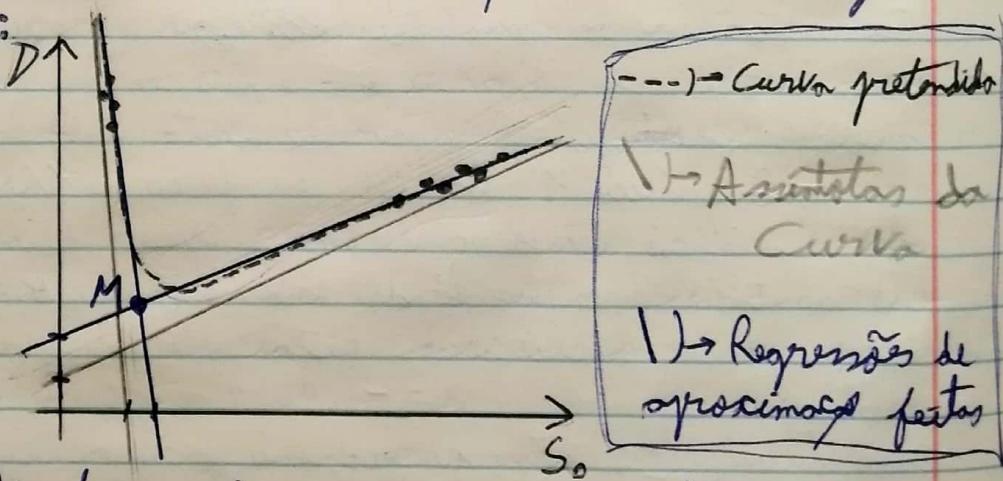
- O gráfico 1 (de $1/S_i$ em função de $1/S_o$) foi obtido através da realização de uma regressão linear com os dados da Tabela 1. Ora, tal como explicado na introdução teórica da distância, idealmente o declive da recta obtida seria -1 . Obtemos uma recta com equação: $y = -0,9641x + 0,0639$. Como mostrado na tabela 5, isto corresponde a um erro de 3,59%.

- No gráfico 1 podemos determinar f de 2 formas distintas. A intersecção da recta com os eixos dos x terá coordenadas $(f, 0)$ e a intersecção com o eixo dos y no ponto $(0, f)$. Aliás, isto permite entender a razão porque o declive da recta seria -1 , idealmente. Desta forma, ao determinar as coordenadas do ponto de intersecção da recta com os eixos pode-se obter 2 valores de $\frac{1}{f}$, que os quais correspondem valores de f de 15,106 e 15,649 (os inteiros à recta com os eixos dos x e y , respectivamente), como evidenciado na tabela 2. Estes valores correspondem a erros de 0,7% e de 4,33%; respectivamente.

- Conforme os dados da tabela 1, e segundo o ponto 7.2 do procedimento, pode-se traçar um gráfico de D em função de S_0 . No entanto, na realização da tarefa, foi cometido um erro grave: não foram feitas medições para baixos valores de D e S_0 . Desta forma, não é possível calcular o valor da curva pretendida, através do mínimo e assíntotas do gráfico $D(S_0)$.

Isto ocorre porque, com os ~~dados~~ dados obtidos, é impossível obter a curva desejada, pelo que os seguintes passos se tornam também impossíveis.

- Dito isto, os dados no gráfico $D(S_0)$ ficaram divididos em dois grupos, nos extremos esquerdo e direito de onde a curva situa. Desta forma, optou-se por tentar obter a melhor aproximação possível das ~~desejadas~~ obtidas. Para isto, determinou-se os retas obtidas por regressão linear de cada um dos dois grupos de pontos, como representado no gráfico 2. Estas duas retas podem ser consideradas como aproximações das assíntotas ~~a~~ desejadas, embora seja sabido que os valores de f obtidos seriam maiores do que os obtidos com as assíntotas. Isto pode ser visualizado na figura abaixo:



- Assim, neste figura (com uma curva deliberadamente exagerada, para realçar as consequências desta aproximação) podemos ver as ~~retas~~ que se pretende obter, em comparação com as ~~curvas~~ que se faz, numa tentativa de aproximação.

- Desta modo, tal como ilustrado na tabela 4, aplicou-se os métodos ~~de~~ de determinação de f que se utilizaram com a curva e as assíntotas, prevendo-se já os efeitos erros que se iriam obter.

- Desta maneira, sabe-se que a intersecção ~~a~~

assíntota da esquerda com o eixo das terceira coordenadas $(f, 0)$ e a intersecção da assíntota da direita com o eixo das terceira coordenadas $(0, f)$. Aplicando-se este método às retas obtidas por regressão, pode-se obter aproximações do valor de f . Assim, ao intersectar a reta da esquerda com o eixo das y obtém-se um valor de f de $24,75\text{ cm}$. Por outro lado, ao intersectar a assíntota da esquerda com o eixo das y obtém-se $f = 21,91\text{ cm}$. Estes valores têm altas percentagens de erro, de $65,05\%$ e de $46,09\%$, respectivamente.

- Por fim, o f podia ainda ser determinado utilizando a curva do gráfico $D(S_0)$. O mínimo desta curva tem coordenadas $(2f, 4f)$. No entanto, como já explicado, isto não é possível, com os dados recolhidos. Desta modo, mais uma vez na tentativa de obter valores próximos de f , considerou-se a intersecção das duas retas obtidas por regressão como uma ~~possível~~ aproximação do ponto mínimo da curva. Desta forma, ao intersectar as duas retas obtém-se o ponto de coordenadas $(22,15; 43,32)$. Ora, como o mínimo tem coordenadas $(2f, 4f)$ à ~~de~~ coordenadas deste ponto de intersecção correspondem valores de f de $11,073$ e de $10,837$ (ver tabela 3). A estes valores corresponde um erro percentual de $26,18\%$ e $27,79\%$, respectivamente.

- Para ~~a~~ a lente $+75$ há um último estudo que se pode fazer: das fórmulas $f = \frac{S_0 S_{00}}{D}$; $f = S_0 - \frac{S_{00}^2}{D}$; $f = S_i - \frac{S_{ii}^2}{D}$. Estas foram aplicadas para cada grupo ~~a~~ de medições feitas i , tal como indicado na tabela 1. Na tabela 5 pode-se ainda ver a média destes valores ao longo ~~de~~ ^{de} todos os medições.

- Finalmente na tabela 4 podem ser vistos os valores de $D, S_0, S_i, 2h, 2h^2, M_t, 1/S_0, 1/S_i$ e os valores de f calculados ~~a~~ a partir das mesmas fórmulas usadas na tabela 1.

- A tabela 5 apresenta ~~o~~ os erros percentuais e incertezas associadas a todos os valores determinados.

Conclusões

Ver imagens 1 e 2 e 3

- No primeiro ponto da experiência (com a lente +15), observou-se que quando o valor do fator de ampliação, $M_t = \frac{15}{70}$, era maior que 1 ocorria ampliação da imagem. Quando $M_t < 1$ ocorria a criação de uma imagem menor que o original. Viu-se ainda que a imagem (em "F") aparecia sempre invertida (ver imagem ④).

- A partir do estudo dos ~~dos~~ valores de f obtidos com as fórmulas na Tabela 1 (cujos médios estão na Tabela 6) podemos concluir que estes são muito próximos porque as fórmulas usadas derivam uns das outras.

- No gráfico 1, observou-se que, apesar da falta de dados na Zona central da reta, obtém-se ^{um} valor de f com erros reduzidos.

- Já no gráfico 2, devido a erros na execução da atividade foi necessário recorrer a aproximações. Neste modo, tal como pretendido, obtém-se altos percentagens de erro para os valores de f determinados. Isto poderia ter sido facilmente evitado, através da determinação de ~~dos~~ dados para todos os valores de D_{250} .

- No segundo ponto da atividade (com a lente +10 e as máscaras) optou-se por, mais uma vez, determinar os valores das mesmas grandezas da Tabela 1. ~~Os~~ Os valores obtidos estão na Tabela 4.

- Esta parte da atividade ~~visa~~ ^{visa} objetiva de observar o efeito de observação longitudinal. Para isto usou-se uma lente +10 em que se colocou 2 máscaras: uma em posição fuzzy apenas na Zona central, outra em que passava fuzzy apenas na Zona lateral, a que se chama máscara 1 e máscara 2 (ver imagem ⑤)

- Em relação à distância focal, observou-se que a distância focal com máscara foi a menor, sendo que a maior distância focal foi obtida com a máscara 1. Com a máscara 2 obtém-se valores intermédios. No entanto, todos os valores obtidos se encontraram abaixo do valor esperado de 10. ~~isto~~ Isto pode-se ter devido a erros sistemáticos, como errado montagem do sistema.

Imagens



Imagen 1 - lente +15



Imagen 2 - Lente, Difusor e Transponer



Imagen 3 - Montagem experimental



Imagen 4 - Imagen no doble



Imagen 5 - Máscara 1 (esquerda)
e Máscara 2 (direita)

