

Experimento 6 - Princípios da Incerteza de Heisenberg

Resumo

O experimento permitiu analisar a validade do Princípio da Incerteza de Heisenberg utilizando ondas acústicas. Os resultados obtidos obedecem de acordo com o limite imposto pelo princípio.

Introdução

De acordo com o Princípio da Incerteza uma experiência não pode determinar simultaneamente o valor exato do momento e da posição de uma partícula. A precisão da medida está limitada à

$$\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{\hbar}{2} \quad \text{I} \quad \text{onde } \hbar = \frac{h}{2\pi} = 1,054 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$$

$$\text{ou } \Delta E \cdot \Delta t \geq \frac{\hbar}{2} \quad \text{II}$$

onde, Δx a incerteza da posição;

Δp incerteza do momento;

ΔE incerteza da Energia;

Δt incerteza do tempo;

h é a constante de Planck

Esse princípio foi enunciado por Heisenberg e é considerado um princípio físico fundamental. Ou seja, a mecânica quântica é uma teoria intrinsecamente probabilística.

Metodologia

O experimento foi dividido em 2 etapas:

1) Utilizando-se um gerador de função a 200Hz, um microfone no registrador a amplitude de onda durante 10s

50). A partir dos dados obtidos deve-se construir um gráfico de amplitude em função do tempo. Ademais, verificar a validade do princípio da incerteza por meio da equação (1). Por fim, deve-se realizar o mesmo processo, só que agora, utilizando alguns dispositivos, lembrando que deve-se aplicar a transformada de Fourier no sinal antes de fazer o gráfico de amplitude versus frequência.

2ª) Na segunda etapa vamos utilizar ondas eletromagnéticas para validar o princípio da incerteza. Deve-se utilizar uma fenda de abertura variável, assim vamos variar a abertura da fenda para pequenas variações e medir o distância entre os máximos adjacentes em um anteparo. Logo, devemos determinar a incerteza de momento do fóton e construir um gráfico de variação do largura dos máximos de difração com a largura da fenda.

Resultados e discussões

1ª Etapa) A partir dos dados obtidos pode-se realizar a transformada de Fourier e construir os seguintes gráficos:

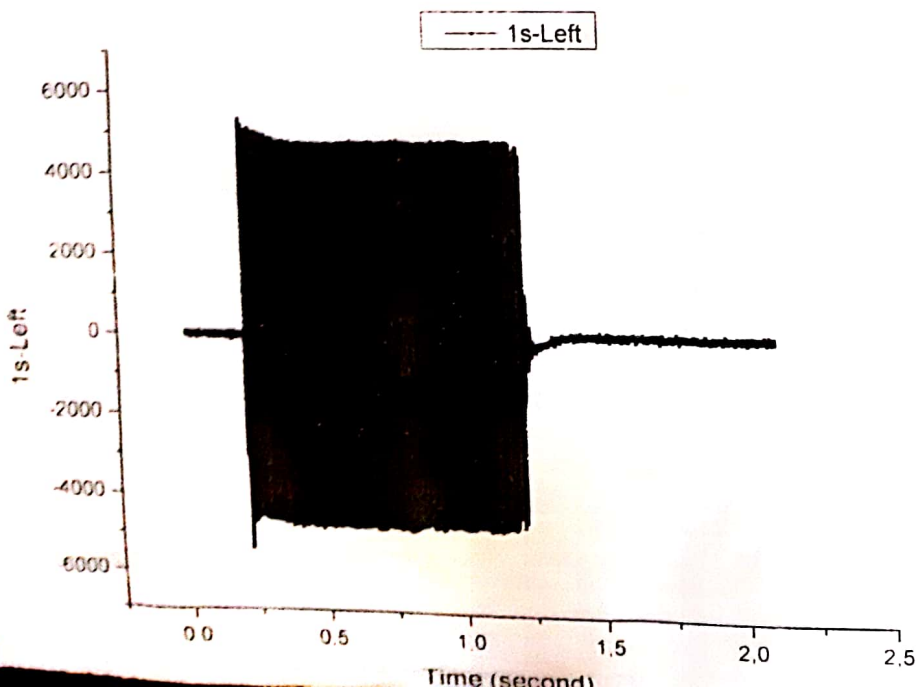


Gráfico 1: Amplitude em função do tempo para $t = 1s$. Sem aplicar a Transformada de Fourier;

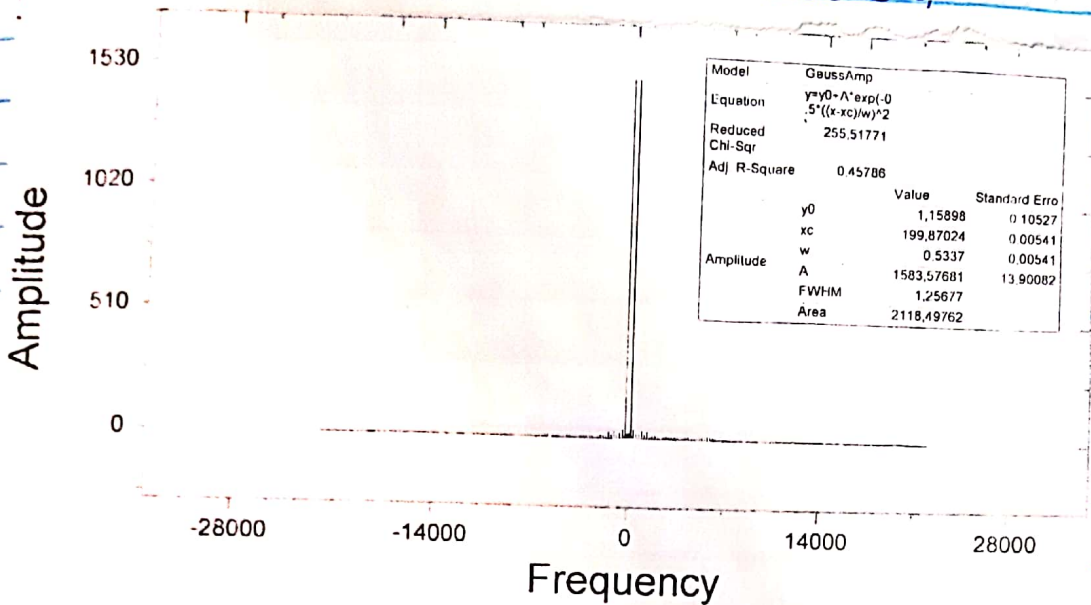


Gráfico 2: Referente a aplicação da Transformada de Fourier; Amplitude em função da frequência;

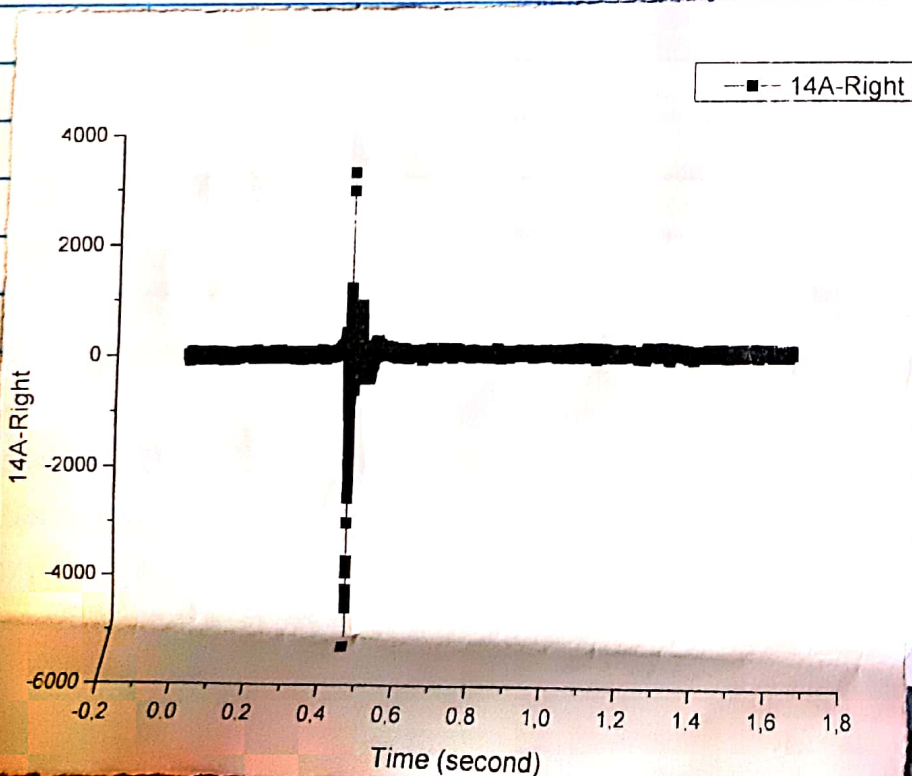
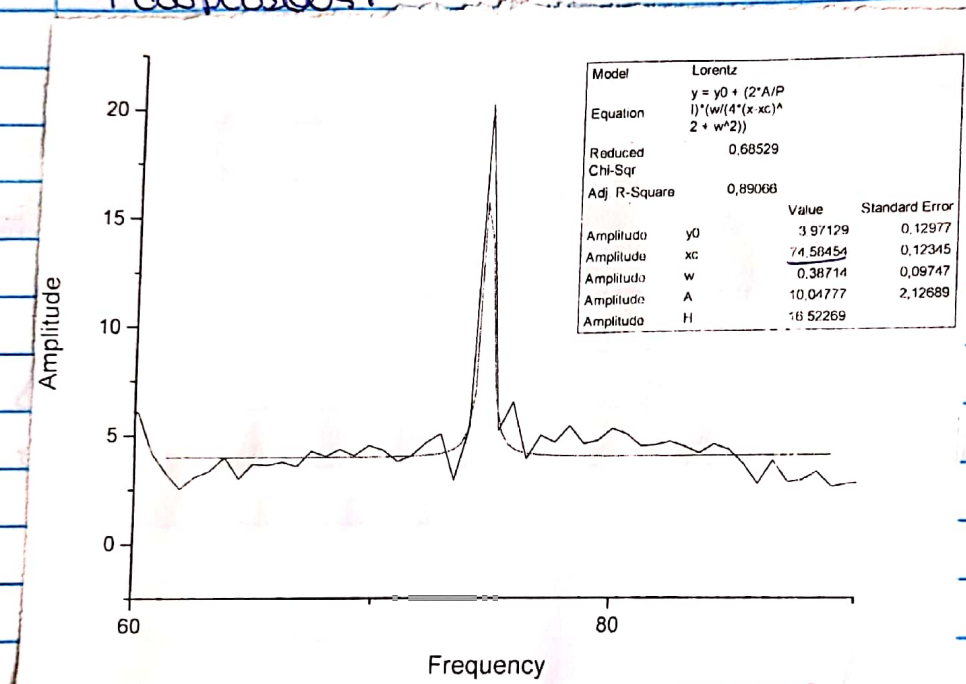
Tabela 1: Referente aos valores obtidos para todos os intervalos de tempo analisados no experimento

$\Delta t (s)$	Pico (Hz)	FWHM (Hz)	$\Delta E (J)$	$\Delta E \cdot \Delta t (J \cdot s)$	$\hbar/2$
1	199,8703	1,257	8,332E-34	8,332E-34	0,528
5	199,8452	0,164	1,085E-34	5,427E-34	0,528
10	199,8557	0,144	9,549E-35	9,550E-34	0,528
15	199,8566	0,068	4,507E-35	6,760E-34	0,528
20	199,8656	0,067	4,423E-35	8,850E-34	0,528
25	199,8603	0,070	4,665E-35	1,170E-33	0,528
30	199,8585	0,040	2,664E-35	7,990E-34	0,528
35	199,856	0,025	1,663E-35	5,820E-34	0,528
40	199,8539	0,036	2,376E-35	9,500E-34	0,528
45	199,8327	0,031	2,032E-35	9,140E-34	0,528
50	199,83172	0,017	1,167E-35	5,830E-34	0,528

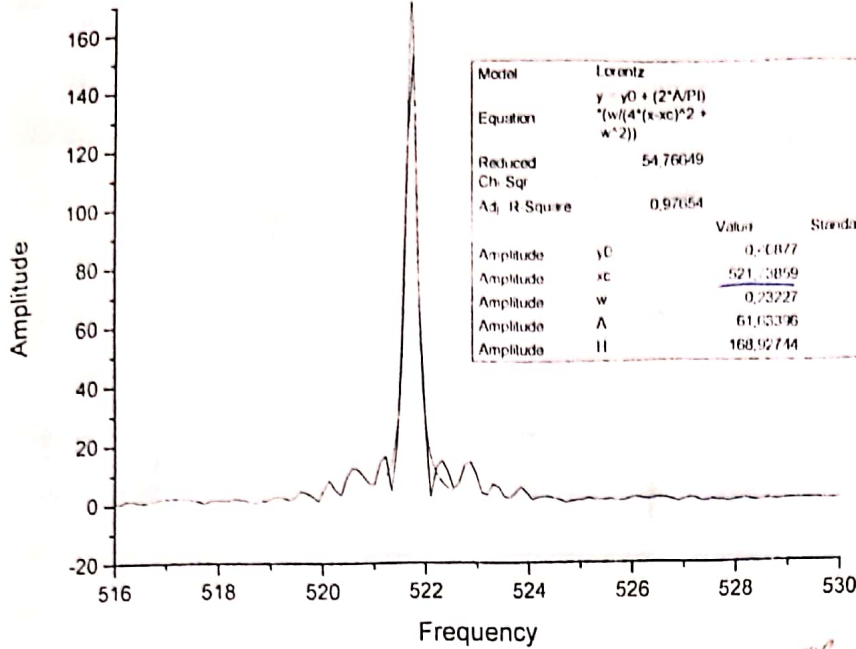
Analisando os dados pode-se observar que todos os valores estão de acordo com o limite imposto pelo Princípio da Incerteza, apresentando $\Delta E \cdot \Delta t \geq \frac{\hbar}{2}$. Com

o aumento do tempo a frequência largura a menor altura deveria diminuir, porém para $t=25s$ e $t=40s$ não ocorreu o que pode ser consequência de algum ruído no som. Para a frequência de picos, obtivemos um valor médio de $(199,85 \pm 0,01) Hz$ e que está de acordo com o valor empregado no gerador (200 Hz).

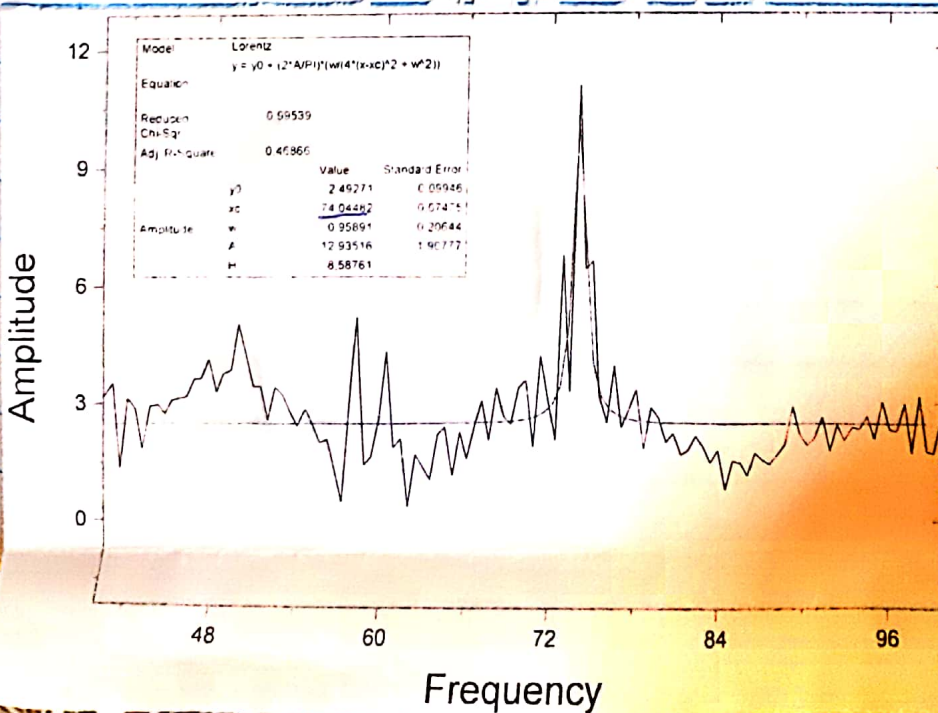
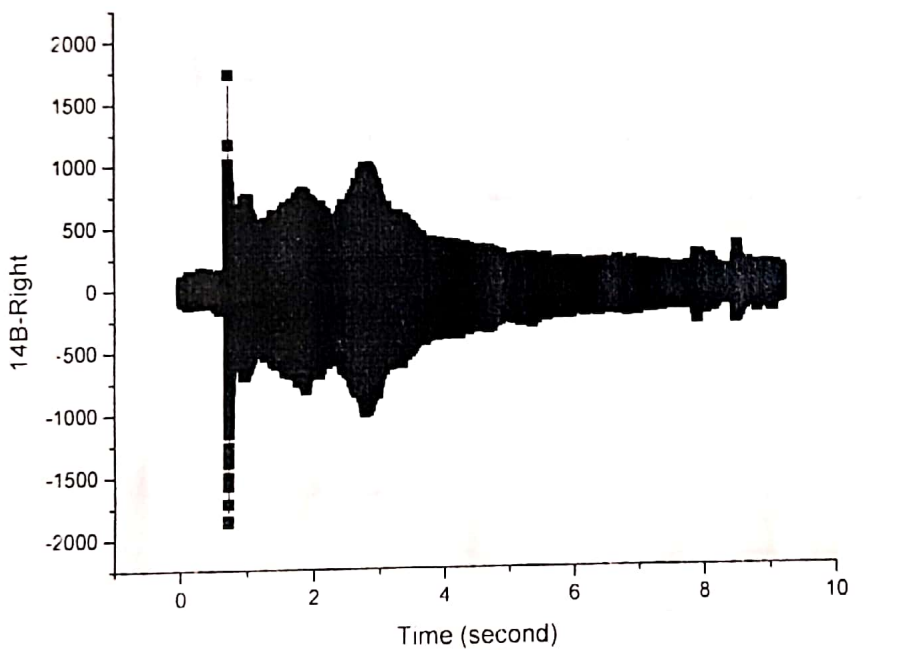
Admais, construímos gráficos para o processo com 4 dispositivos.

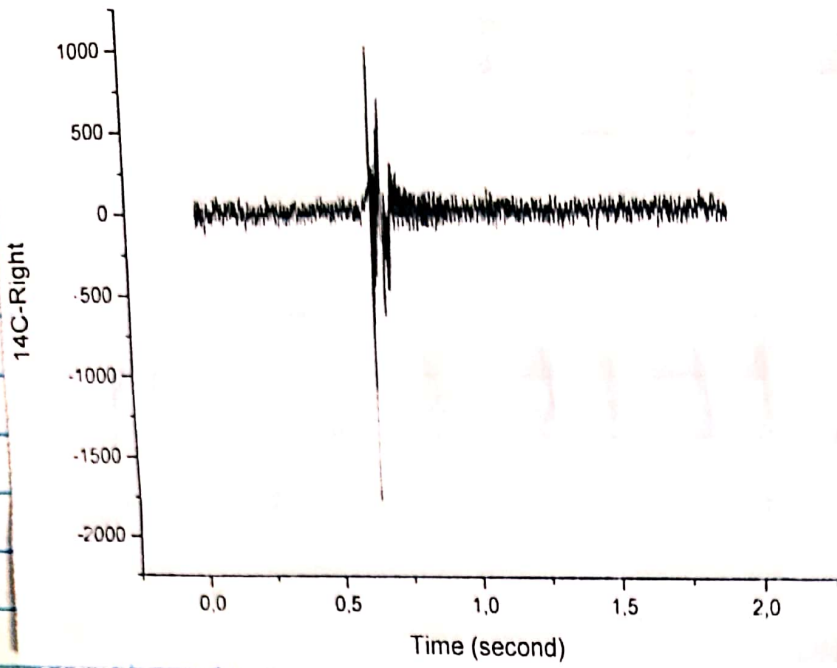


Gráficos referentes ao dispositivo A.

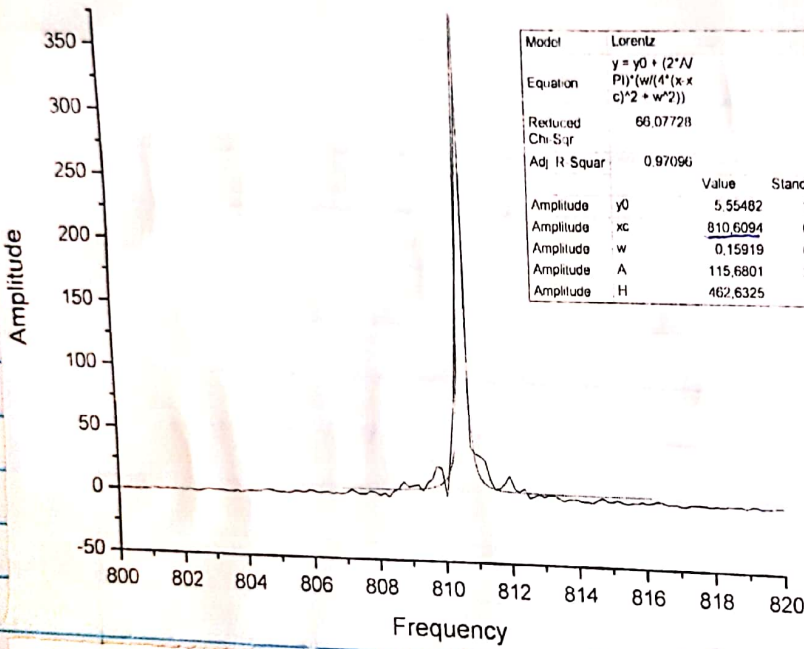


*gráficos referentes
ao diapasão B.*





Gráficos referentes
as diapasões C.



Gráficos referentes
as diapasões D

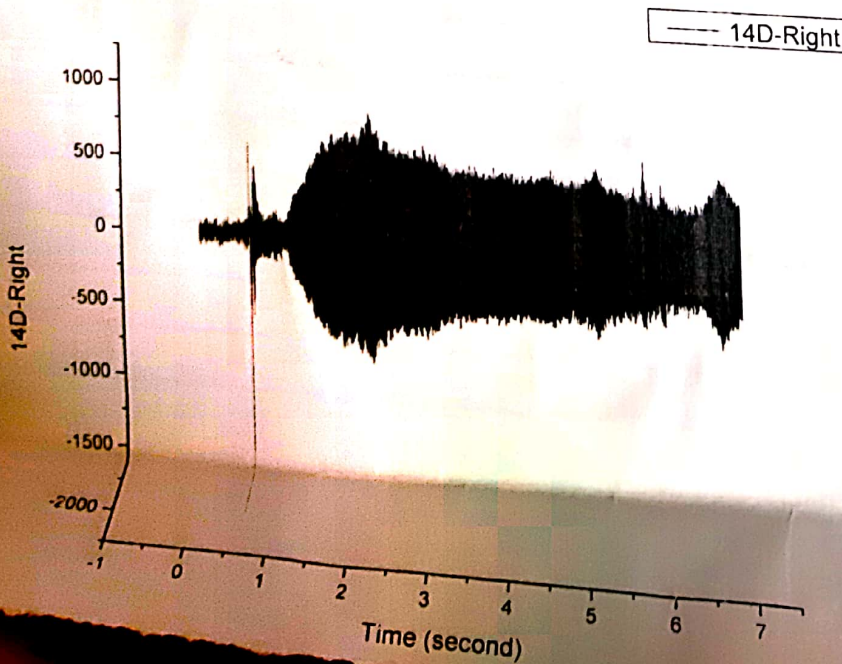


Tabela 2: Referente aos dados obtidos para as diapasões

Diapasões	Δt (s)	Pico(Hz)	FWHM(Hz)	ΔE (J)	$\Delta E \Delta t$ (J.s)	$\hbar/2$ (10^{-34})
A	0,02	74,580	0,434	2,877E-34	5,75E-36	0,528
B	0,02	521,738	0,232	1,539E-34	3,08E-36	0,528
C	0,02	74,045	74,045	490,917E-34	9,82E-34	0,528
D	0,02	810,61	0,159	1,055E-34	2,111E-36	0,528

Para os dados obtidos com as diapasões calculou-se uma média de $(1370,24) \text{ Hz}$ com uma diferença de $4,3\%$ em relação ao valor utilizado no gerador. E, para a diapasão C obteve-se um valor de FWHM bem maior que os dos outros diapasões. Por fim, os valores estão de acordo com o princípio da incerteza, que determina valores $\Delta E \Delta t \geq \hbar/2$.

2ª Etapa) Analisando dados Eletromagnéticos obtivemos os seguintes dados:

Tabela 3: dados obtidos para as ondas eletromagnéticas:

Medida	Abertura Micrômetro (mm)	Largura Feixe (cm)	λ (m)	Δp (J.s/m)	Δy (J.s/ 10^{-3})m)	$\Delta p \Delta y$ (10^{-33})J.s)	$\hbar/2$ (10^{-34})
1	10,00	2,65	3,07E-4	2,160E-30	0,09	19,443	0,528
2	10,05	1,90	2,21E-4	2,998E-30	0,14	41,974	0,528
3	10,10	1,05	1,23E-4	5,398E-30	0,19	1,026	0,528
4	10,15	0,80	9,4E-05	7,051E-30	0,24	1,692	0,528
5	10,20	0,65	7,68E-05	8,635E-30	0,29	2,504	0,528
5	10,25	0,50	5,94E-05	1,117E-29	0,34	3,798	0,528
6	10,30	0,40	4,77E-05	1,389E-29	0,39	5,419	0,528
7	10,35	0,35	4,20E-05	1,580E-29	0,44	6,954	0,528
8	10,40	0,32	3,85E-05	1,720E-29	0,49	8,429	0,528

Analisando os dados pode-se observar que validade o princípio da incerteza apenas para as medidas 1 e 2. Já para as outras obtiveram-se valores menores que $\hbar/2$. Isso pode ser devido a erros na coleta dos dados.

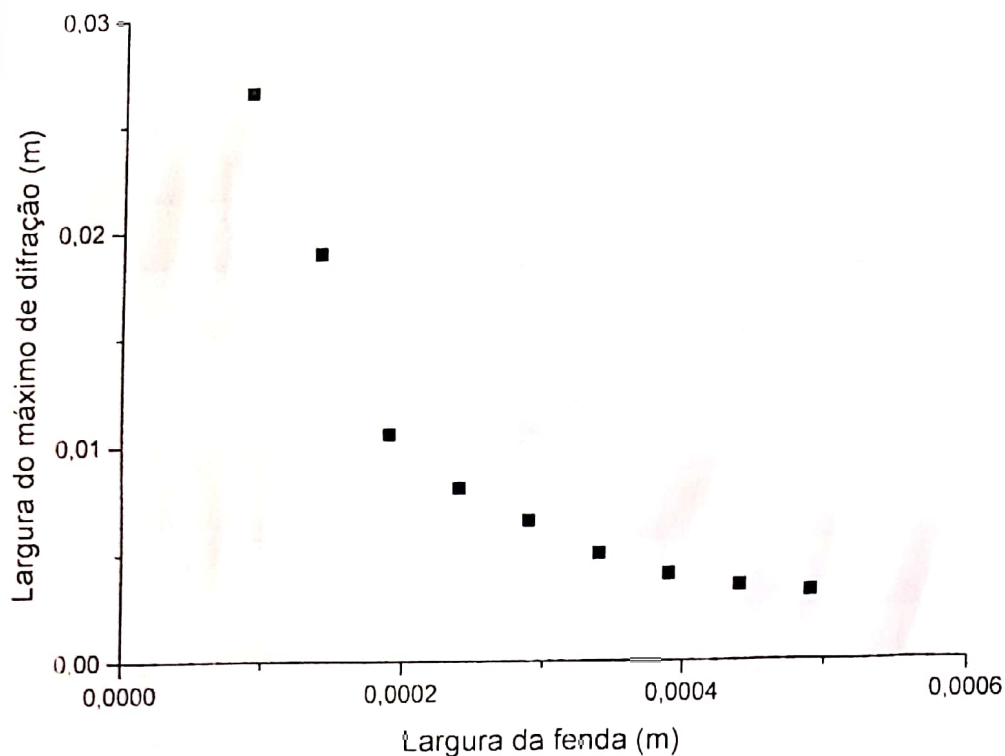


Gráfico 4: largura do máximo de difração em função da largura da fenda;

Conclusões

O experimento permitiu validar o princípio de incerteza a partir de ondas mecânicas e ondas eletromagnéticas. Podendo-se analisar o limite imposto pelo princípio para a precisão possível de medidas. Ambas as ondas mostraram-se válidas para verificar o mesmo princípio. Porém, as que apresentaram os melhores resultados foram as ondas mecânicas.

Referências

[1] - Rotundo de Experimental.

[2] - EISEBERG; "Física Quântica". Edição 1979