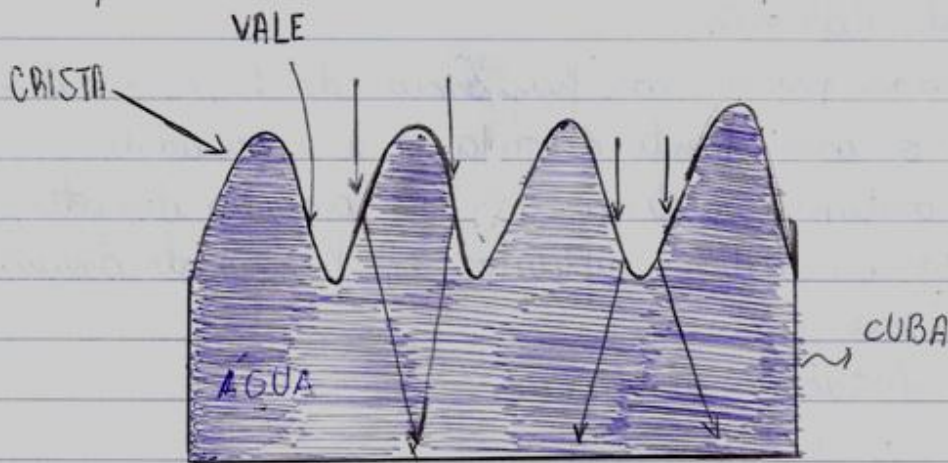


Experimento 5: Cula de Ondas

Introdução

As ondas possuem algumas propriedades como **reflexão**, **refração**, **interferência** e **difração**. Estas por sua vez podem ser observadas através da formação de ondas em uma cula de água, onde as ondas se movem na superfície e utilizando luz e um fundo transparente na cula de água, torna-se possível projetar imagens das ondas em um anteparo. Esse fenômeno ocorre pois a parte superior das ondas, denominada crista, funcionam como uma lente convergente focalizando a luz. Já a parte inferior, denominada vale, atua como uma lente divergente dispersando a luz, e no anteparo as cristas aparecem como faixas brilhantes e os vales como faixas escuras, e a distância entre os dois vales ou duas cristas é o comprimento de onda λ .



Neste experimento, o objetivo será estudar os 4 fenômenos de ondas citados anteriormente.

Metodologia

Lista de material:

- Estereoscópio
- Cula com água
- sistema de suporte para cula
- paquímetro
- régua ($\pm 0,005$ m)
- anteparo branco para folha A4
- vibrador com medidor de frequência ($\pm 1\%$)
- objeto de acrílico
- trena

Procedimento Experimental

- ~> Colocar água na cula até uma altura de 0,5 cm a 0,75 cm
- ~> Variar lentamente a frequência do motor do vibrador
- ~> Desligar o motor e colocar uma lâmina de acrílico transparente no fundo da cula até formar uma imagem no anteparo

a) Experimento de Reflexão

- Produzir ondas planas nas frequências de 10, 20 e 30 Hz
 - Determinar o comprimento de onda λ e a velocidade
 - Inserir um anteparo retilíneo com três ângulos diferentes.
- Analisa as ondas incidentes e refletidas em função do ângulo para uma frequência fixa
- Inserir um obstáculo curvilíneo

b) Experimento de Refração

- Produzir ondas planas com a placa de acrílico inserida
- Obter e analisar o espectro resultante para as menores duas inclinações diferentes e duas frequências

c) Experimento de Interferência

- Utilizar fonte pontual para 10, 20 e 30 Hz. Analisar obtendo
- comprimento de onda e velocidade de propagação

~> Utilizar duas fontes pontuais puras ao quador distando 5 cm com frequências de 10, 20 e 30 Hz.

~> Repetir o procedimento para distâncias de 7,5 e 10 cm

d) Experimento de difração:

~> utilizar um quador de ondas planas com frequência de 10, 20 e 30 Hz. Colocar um obstáculo reto com fenda e estudar a figura resultante em função da abertura da fenda

~> Colocar um obstáculo reto com duas fendas em paralelo e estudar o fenômeno observado.

Resultados e Análise

1) Reflexão

na primeira parte foi analisado a reflexão exercida pelas ondas com uma variação na frequência, onde obteve-se diferentes comprimentos de onda λ . Na segunda parte foi analisado a reflexão com uma frequência fixa e variação do ângulo no anteparo, onde obteve-se os seguintes resultados

Tabela 1 - Frequência e λ projetado na Pelha A4

| Frequência (Hz) | λ (m) |
|-----------------|---------------|
| 10 | 0,0431 |
| 20 | 0,0227 |
| 30 | 0,018 |

As velocidades foram calculadas pela equação (2)

$$v = \lambda f$$

Encontrou-se os seguintes valores:

$$V \text{ para } f = 20 \text{ Hz} \Rightarrow 0,431 \text{ m/s}$$

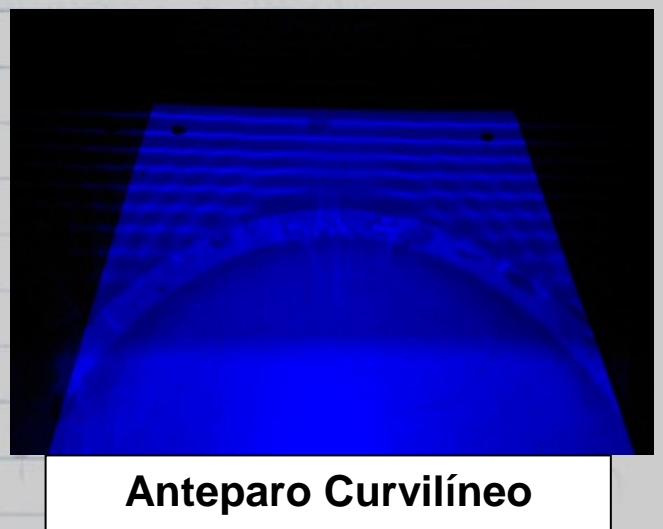
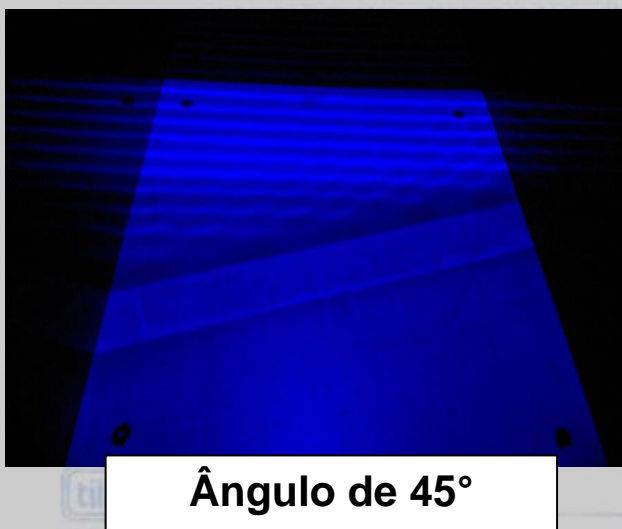
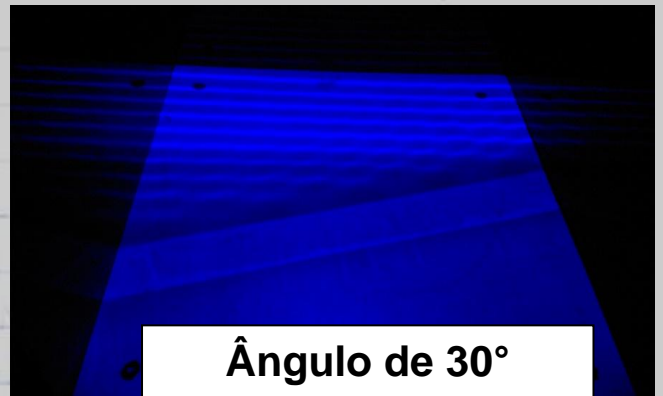
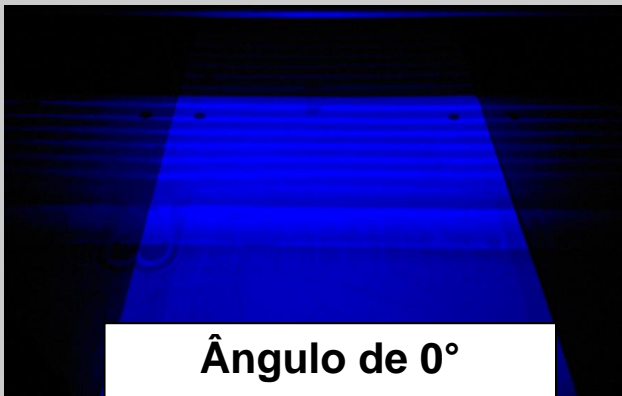
$$V \text{ para } f = 20 \text{ Hz} \Rightarrow 0,454 \text{ m/s}$$

$$V \text{ para } f = 30 \text{ Hz} \Rightarrow 0,540 \text{ m/s}$$

Extraindo o valor médio, obtém-se:

$$\bar{V} = 0,475 \text{ m/s}$$

As imagens abaixo foram registradas na 2ª parte, com frequência fixa de 30 Hz



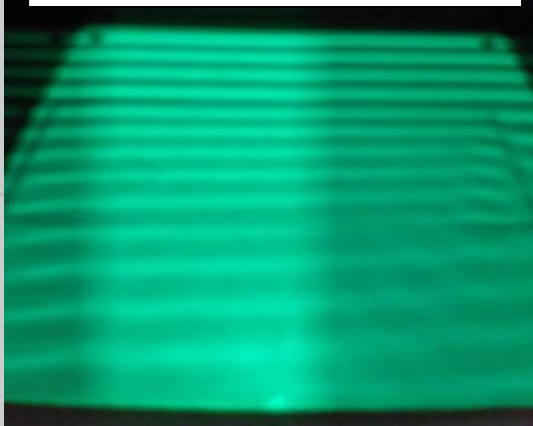
Nesta 1ª etapa podemos observar que conforme a frequência aumenta, o comprimento de onda λ diminui, o que condiz com a equação (2) utilizada.

Na 2ª etapa (imagem), observamos que conforme o ângulo de incidência aumenta, há a formação de rias destrutivas, podendo ser observadas próximos do anteparo. No anteparo curvilíneo, por conta dos diferentes graus de incidência em toda a sua extensão, a interferência formada é menor.

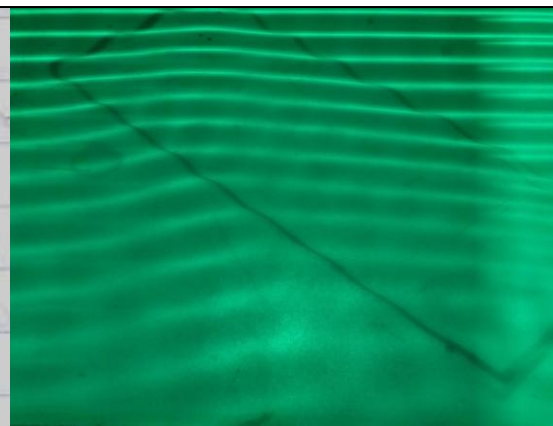
2) Reflexão

Nesta parte, observou-se o comportamento das ondas em uma mudança de meio, com duas frequências diferentes com um ângulo de incidência $\theta = 45^\circ$.

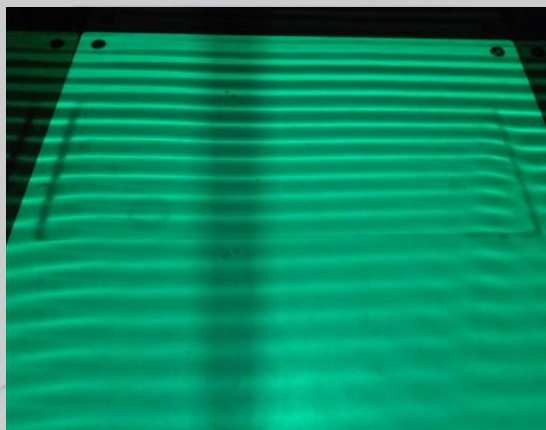
Frequência de 20 Hz



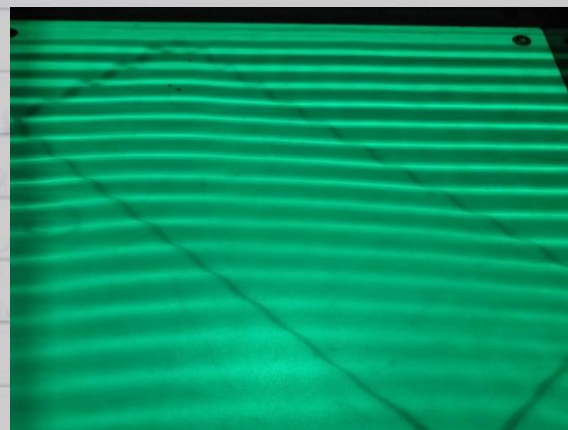
Frequência de 20 Hz- 45°



Frequência de 30 Hz



Frequência de 30 Hz- 45°



Podemos observar que quando a placa de acrílico está em um ângulo de 90° , a refração no comprimento de onda e no ângulo de refração é quase nula, tal fato se prova através da equação (1)

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \quad (1)$$

Como o ângulo de incidência é 90° , o seno será 1, obtendo a expressão:

$$\frac{\lambda_2}{\sin r} = \lambda_1$$

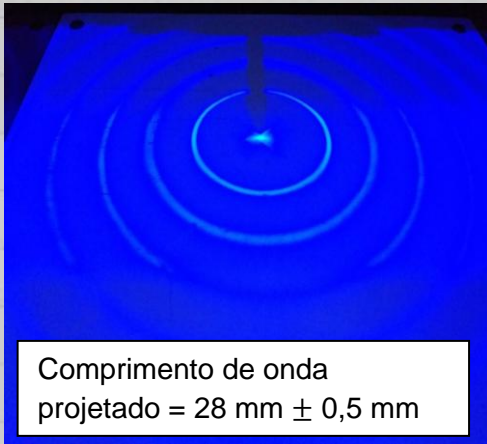
Para $\lambda_2/\sin r$ ser igual λ_1 , $\sin r = 1$. Portanto o ângulo de incidência e refração são iguais.

Observou-se que quando o ângulo de incidência é 45° , há uma refração no ângulo de refração e em seu comprimento de onda, podendo ser visto pela diferença das ondas através das imagens, comprovando assim a teoria da equação acima. Nesta, parte, observou-se também que o comportamento das ondas quadas pela cuba de água é semelhante aos raios de luz.

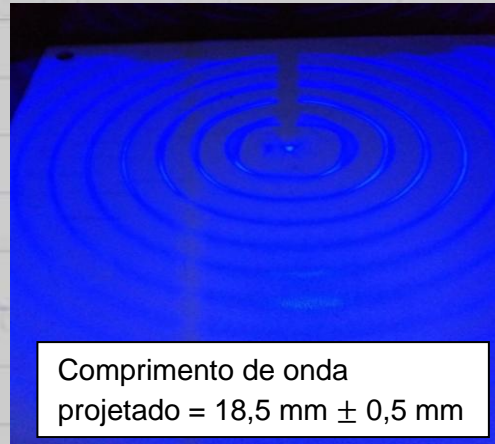
3) Interferência

Na 1ª parte determinou-se o comprimento de onda λ em duas frequências diferentes. Na 2ª, observou-se interferência das ondas em distâncias diferentes, na mesma frequência. segue em anexo as imagens capturadas.

1º Parte: Uma fase pontual



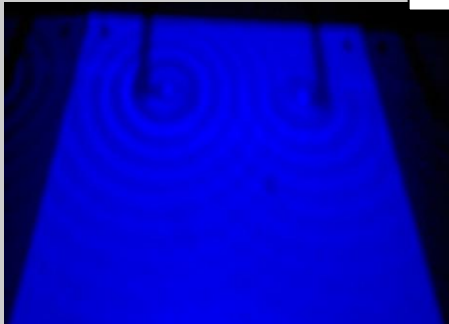
$v = 0,56 \text{ m/s}$



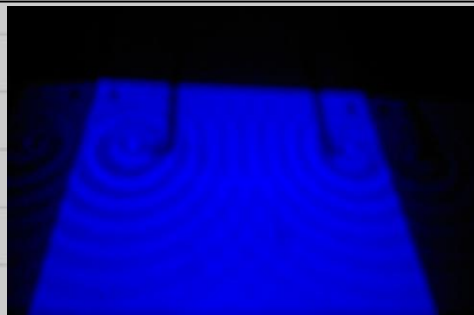
$v = 0,55 \text{ m/s}$

2º Parte: Duas fontes pontuais com distâncias de 5; 7,5 e 10 cm nas frequências de 20 e 30 Hz

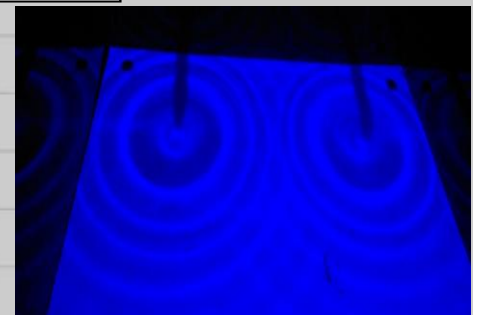
Frequência de 20 Hz



5 cm

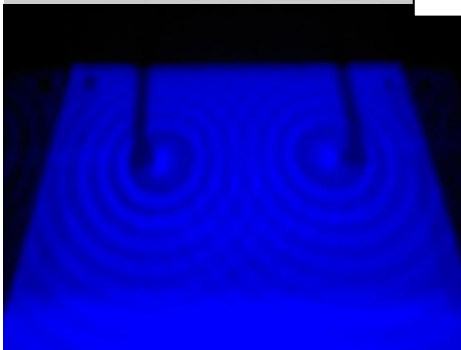


7,5 cm

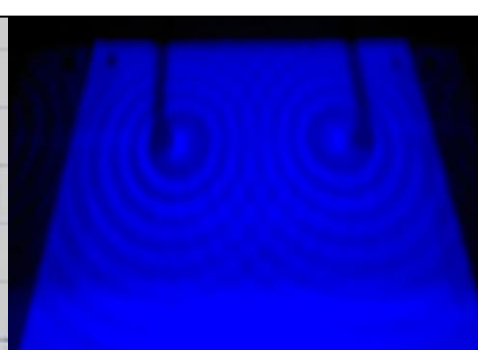


10 cm

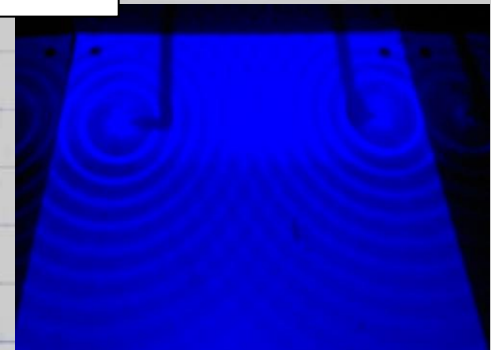
Frequência de 30 Hz



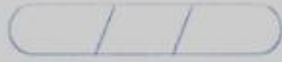
5 cm



7,5 cm



10 cm

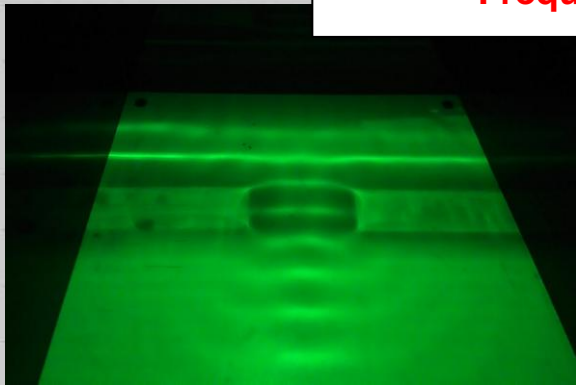


Podemos observar que todas as ondas sofrem interferência construtiva já que estão a uma mesma distância uns dos outros, além de possuírem a mesma frequência.

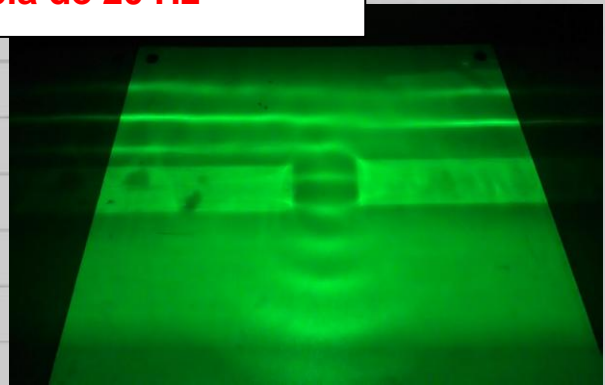
4) Difração

Nesta última parte observou-se o efeito de difração nas frequências de 20 e 30 Hz e a variação de abertura de anteparo em relação aos comprimentos de onda.

Frequência de 20 Hz

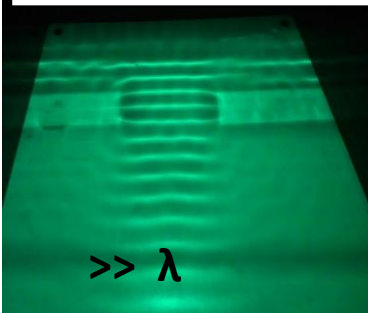


$\gg \lambda$

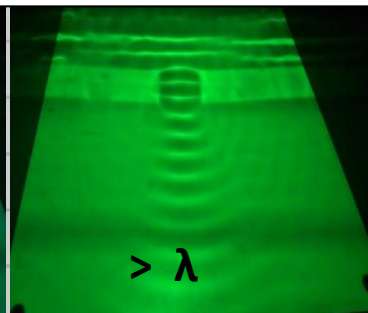


$> \lambda$

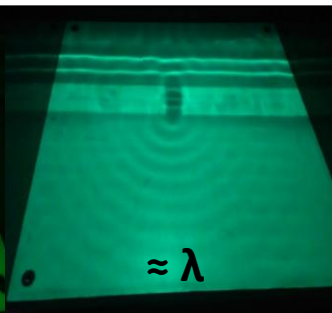
Frequência de 30 Hz



$\gg \lambda$



$> \lambda$

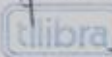


$\approx \lambda$



30 Hz com duas fendas

Podemos observar primeiramente que, as ondas quando atravessam as fendas, se comportam como pequenas fontes pontuais, comprovando o princípio de Huygen. Também observamos que conforme o tamanho da abertura, o comprimento de onda ^{aumenta} ~~começa~~, como visto nas imagens de 20 Hz e 30 Hz.



Conclusão

A partir deste experimento, foi possível estudar o comportamento das ondas em duas dimensões, tais como os fenômenos característicos. O comportamento das ondas provocadas pela curva de água foi análogo ao dos raios de luz, principalmente no que tange à reflexão e refração. Partindo desse ponto, foi possível analisar também que, quando há um obstáculo no meio, as ondas possuem capacidade de contorná-lo e assim se propagam com características bem definidas (difração) e formam regiões de nós e ventres, ou seja, regiões onde ocorrem interferências (construtivas ou destrutivas). Desse modo, quanto ao objetivo do experimento, o mesmo foi alcançado e o estudo sobre os fenômenos ondulatórios pôde ser melhor observado e compreendido.