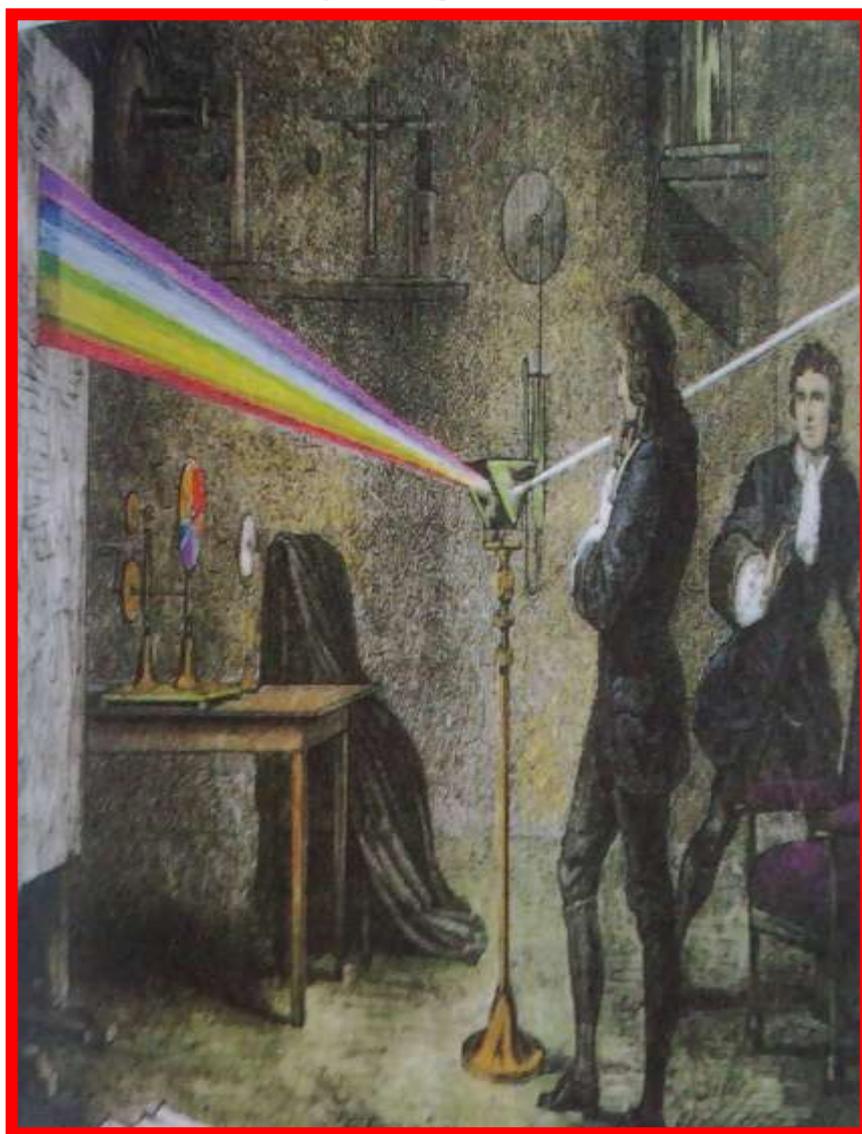


LUZ E IMAGEM

UMA ABORDAGEM POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA

Marcos Antônio M. de Oliveira
Coordenador: Dr. George C da S Valadares

Figura 1. Dispersão da Luz



ALVARENGA, 2017



PROUTO EDUCACIONAL

Carta ao Professor

É com satisfação que apresentamos este produto, cujo intento é fornecer-lhe possibilidades de abordagens em ensino de Física referenciado pela Teoria de Aprendizagem Significativa, (TAS), na qual, por meio de uma sequência metodológica ancorada por atividades experimentais demonstrativas e investigativas em nível conceitual e exploratório, obter indícios de evidências de aquisição e retenção significativa de tópicos específicos de Física de Ótica.

O produto educacional está organizado em oito encontros, em que o mesmo pode, a critério do docente, fundir-se ao planejamento da frente específica.

Por fim, este formato está disponível para você aplicá-lo em suas práticas totais ou parciais, podendo ser modificado, dentro de sua forma e conteúdo observando que elementos visíveis percebidos de fenômenos da Ótica Geométrica e Ondulatória, foram reproduzidos a partir de um conjunto de aparatos experimentais de fácil execução e de baixo custo, contemplados em nosso kit.

Destacamos que o formato atual surgiu a partir da aplicação do produto na realidade e no ambiente escolar encontrado por nós, entretanto, o docente tem liberdade de adaptá-lo dentro de sua realidade, podendo inclusive direcioná-lo em abordagens de aulas remotas em formato EAD, devido a situação de pandemia de Sars Cov-2 (covid 19).

Esperamos sinceramente poder contribuir para discussões e possibilidades de ensino de Física em ambientes diversificados, carentes ou desprovidos de recursos instrucionais experimentais e de metodologias de ensino aprendizagem, observando que o produto deve ser usado como veículo facilitador do processo de ensino-aprendizagem de modo que possa, dentro do seu alcance, atender aspectos específicos do currículo formal.

Autores.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	4
1.1 Conceitos Fundamentais.....	5
1.2 Princípios Fundamentais.....	7
1.2.1 Algumas Aplicações.....	11
2. REFLEXÃO DA LUZ.....	13
2.1 Conceitos Fundamentais.....	14
2.1.1 Leis da Reflexão.....	15
3. REFRAÇÃO DA LUZ	21
3.1 Conceitos Fundamentais.....	21
3.1.2 Algumas Aplicações.....	23
4. ÓTICA FÍSICA	27
4.1 Fundamentos e Aplicações	27
5. METODOLOGIA DA SEQUÊNCIA	33
5.1 Organizações dos Tópicos da Sequência.....	33
6. DESENVOLVIMENTO DAS AULAS	37
6.1 Temas da Aula 01: Aplicação e Orientações para os Testes Diagnósticos	37
6.2 Tema da Aula 02 - Introdução à Óptica Geométrica.....	38
6.3 Tema da Aula 03: Princípios da Óptica Geométrica e Meios de Propagação da Luz... 42	
6.4 Tema da Aula 04. Reflexão e Formação de Imagens	47
6.5 Tema da Aula 05. A Dispersão da Luz e a Cor de Um Corpo	50
6.7 Tema da Aula 07: Ótica Física : Conceitos e Fundamentos.....	58
6.8 Tema da Aula 08: Difração da Luz	62
6.9 Tema da Aula 09: Avaliação Final	71
CONCLUSÃO.....	75
REFERÊNCIAS	76

1. INTRODUÇÃO

Nesta unidade faremos uma apresentação da Ótica Geométrica, sua extensão e aplicabilidade na explicação de alguns fenômenos, tais como propagação da luz, reflexão e refração, formação de imagens por reflexão e refração, bem como algumas aplicações importantes.

A outra parte da unidade será destinada à Ótica de Ondas, onde apresentaremos o conceito de frentes de ondas e sua aplicação na explicação fenômenos tipicamente ondulatórios, não podendo ser explicado pela ótica geométrica.

Você já parou para pensar na importância da presença da luz em suas atividades do cotidiano? Tente por exemplo locomover-se com os olhos fechados? Difícil não? Feche os olhos e procure conversar com seu colega de sala mais próximo! Muito estranho! Quando falta a “luz” em sua residência entramos em desespero, principalmente se isso acontecer durante a noite, não é mesmo? Agora quando ela volta, volta também a alegria. A luz e seu comportamento é muito importante em qualquer atividades e compreendê-la é um assunto tratado pela Ótica, que é um grande capítulo da Física.

Esta preocupação iniciou-se com os primeiros filósofos gregos, como Platão, Aristóteles, Sócrates, que formularam algumas teorias acerca da natureza da luz, sua propagação, da visão dos corpos dentre outros.

Embora a luz seja estudada há mais de 2500 anos, foi somente a partir do século XVII, com Isaac Newton e Cristyan Huygens, que explicações foram apresentadas e modelos para a natureza de propagação propostos, sendo um chamado de corpuscular e outro ondulatório.

Coube a H. Hertz demonstrar experimentalmente que fenômenos elétricos e magnéticos e óticos podem se relacionar, sendo posteriormente demonstrado matematicamente nas equações de Maxwell.

Já no século passado, a natureza da luz se revelava ainda mais misteriosa, onde fenômenos como o efeito fotoelétrico, efeito Compton e outros, comprovaram a natureza corpuscular das ondas eletromagnéticas, sendo necessário outro campo se desenvolver, hoje conhecido como *Ótica Quântica*.

Certamente a visão dos corpos, objetos, suas formas, dimensões, convivem conosco desde muito cedo, mas com a idade e a diminuição da capacidade visual, surgem cefaleias,

visões sem nitidez e desta forma os óculos aparecem, uma invenção humana, que melhora e muito a nossa capacidade visual.

Pois bem, temos neste caso uma invenção humana, assim como uma gama gigantesca de instrumentos, como espelhos planos e esféricos, lentes com formatos e aplicações diversas, binóculos, telescópios, microscópios dentre outros.

Você certamente já testemunhou fenômenos associados com a luz, como por exemplo: formação do arco-íris, imagem de um objeto formada por uma poça de água, asfalto molhado num dia ensolarado, manchas coloridas numa bolha de sabão, mudança da cor das asas de uma borboleta, propagação de um raio laser num espetáculo musical ou mesmo a imagem “quebrada” de uma vareta dentro de uma piscina.

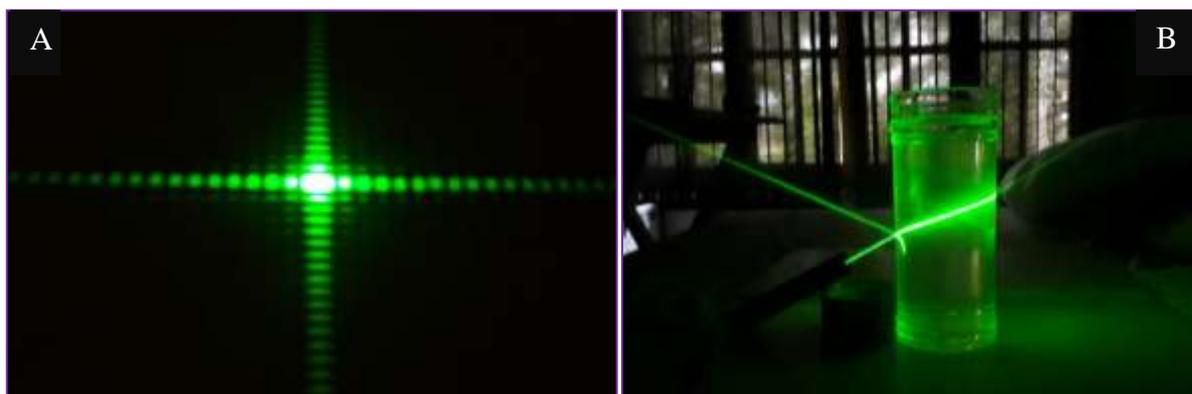


Figura 2- Fenômenos em Ótica A) Difração da Luz B) Propagação, refração e reflexão de um raio de luz
Fonte: Próprio autor

1.1 Conceitos Fundamentais

Quando abrimos nossos olhos, uma variedade enorme de incontáveis de fenômenos associados à percepção da luz ocorre dentro e fora do nosso corpo, observamos muitas formas, cores, imagens, objetos ora distantes, ora próximos, pequenos, grandes, e muitos outros, pois muito bem, esses detalhes nos bombardeiam cotidianamente, e nós estamos tão acostumados que nem sempre os percebemos, como por exemplo, a simples comunicação com outras pessoas, nosso deslocamento ou nossa localização espacial: pois se usarmos apenas nossos sentidos, sem a presença da luz visível, que corresponde a uma pequena parcela do espectro eletromagnético, fica muito difícil.

Para iniciarmos nossa jornada pela *ótica geométrica*, vamos introduzir alguns conceitos simples que nos remete aos tempos dos gregos, em especial a Euclides de Alexandria (séc. III A.C), um dos fundadores da geometria plana, que ficou conhecida como *Geometria Euclidiana*.

Para explicar diversos fenômenos ela precisa lançar mão de conceitos simples de geometria euclidiana, que se baseia em conceitos primitivos de reta, ponto e plano dentre outros.

- ▲ **Raio Luminoso:** uma representação geométrica do modo de propagação da luz Raio
- ▲ **Feixe Luminoso:** conjunto de raios podendo ser paralelos, divergentes ou convergentes.

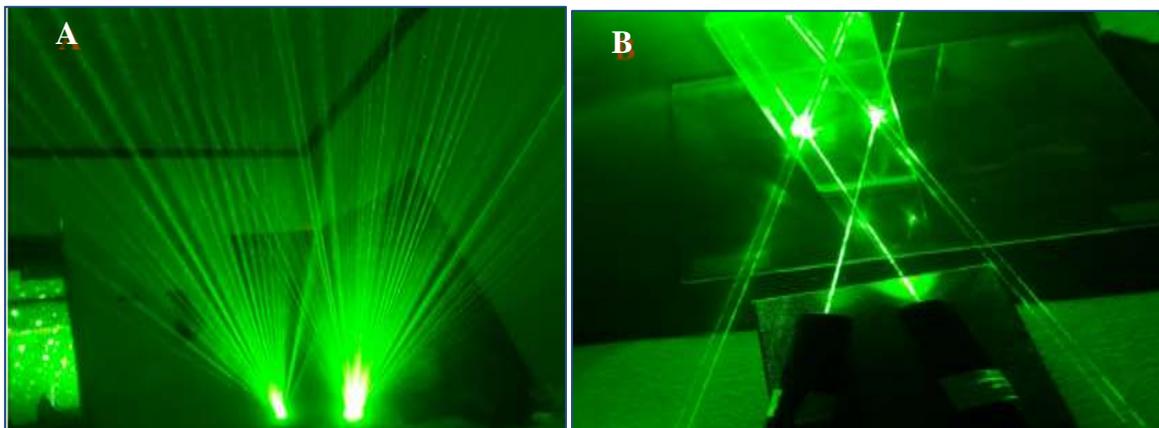


Figura 3 - Feixes de Luz A) Divergente B) Paralelos

Fonte: Próprio autor

Sempre que observamos qualquer objeto perto ou longe, na Terra ou no céu, durante o dia ou de noite, estamos recebendo luz, que atravessa um determinado meio físico, podendo ser sólido, líquido, gasoso ou até mesmo o vácuo (sem matéria).

- ▲ **Fonte Primária:** emite luz própria
- ▲ **Fonte Secundária:** reflete a luz de outra fonte

Desta forma podemos classificar as fontes luminosas quanto à luz que emitem:

- ▲ **Transparentes:** permitem visão nítida de objetos através deles.
- ▲ **Translúcidos:** permitem visão parcial, sem nitidez, de objetos.
- ▲ **Opacos:** não permitem visão dos objetos através deles.

Em relação aos meios de propagação podemos classificá-los como sendo:

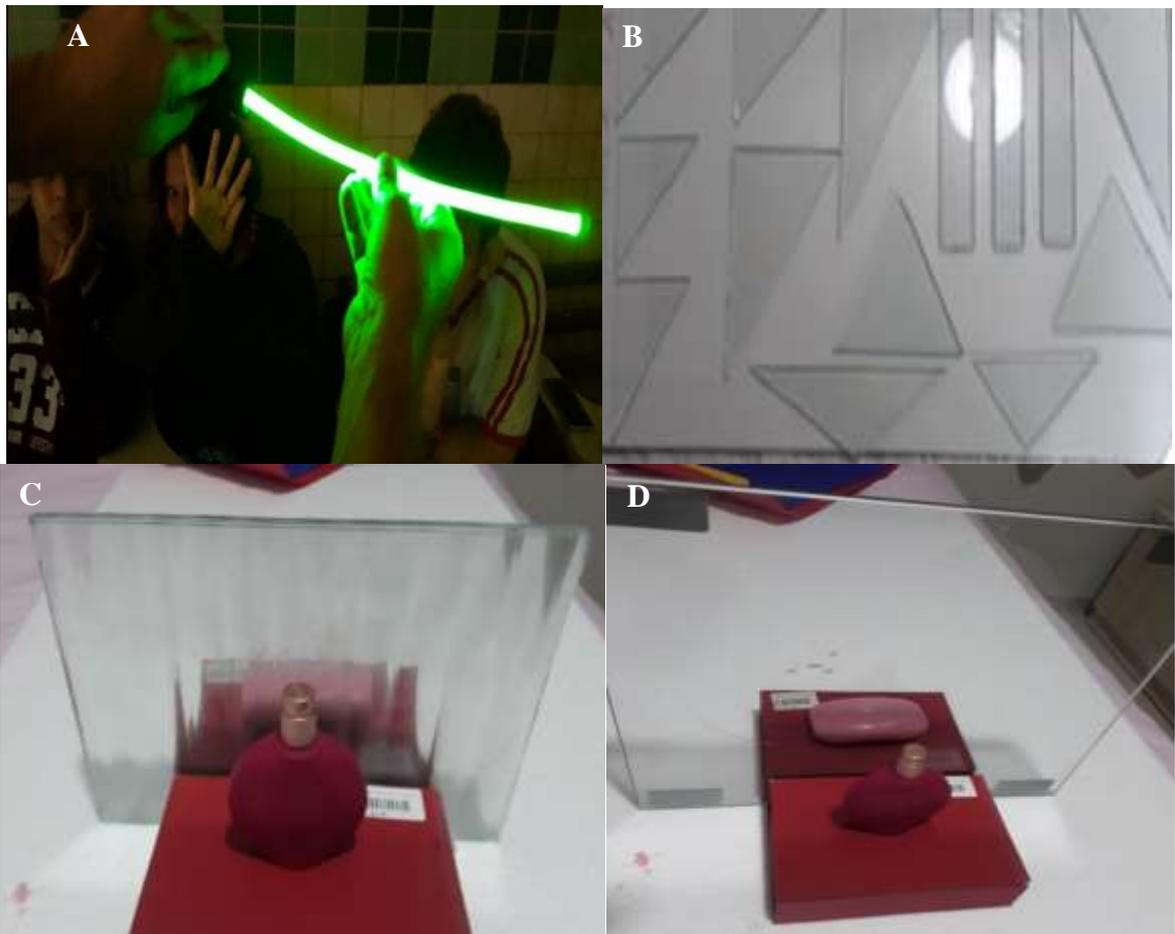


Figura 4- Meios de Propagação da Luz A) Bastão Translúcido de Silicone B) Lâminas e Prismas de Vidro Transparentes C) Placa de Vidro Translúcido D) Placa de Vidro Liso Transparente.

Fonte: Próprio autor

1.2 Princípios Fundamentais

Você certamente já observou um objeto dentro d'água, ou ainda, já se comunicou visualmente com o motorista de um táxi, através de um mesmo espelho, não é mesmo? Muito bem, será que existe um modo de propagação único para a luz?!

Para podermos compreender melhor estas e outras situações devemos lançar mão de alguns princípios importantes.

A) Princípio da Propagação Retilínea dos Raios Luminosos

“Nos meios homogêneos, transparentes e isotrópicos a luz se propaga em linha reta”

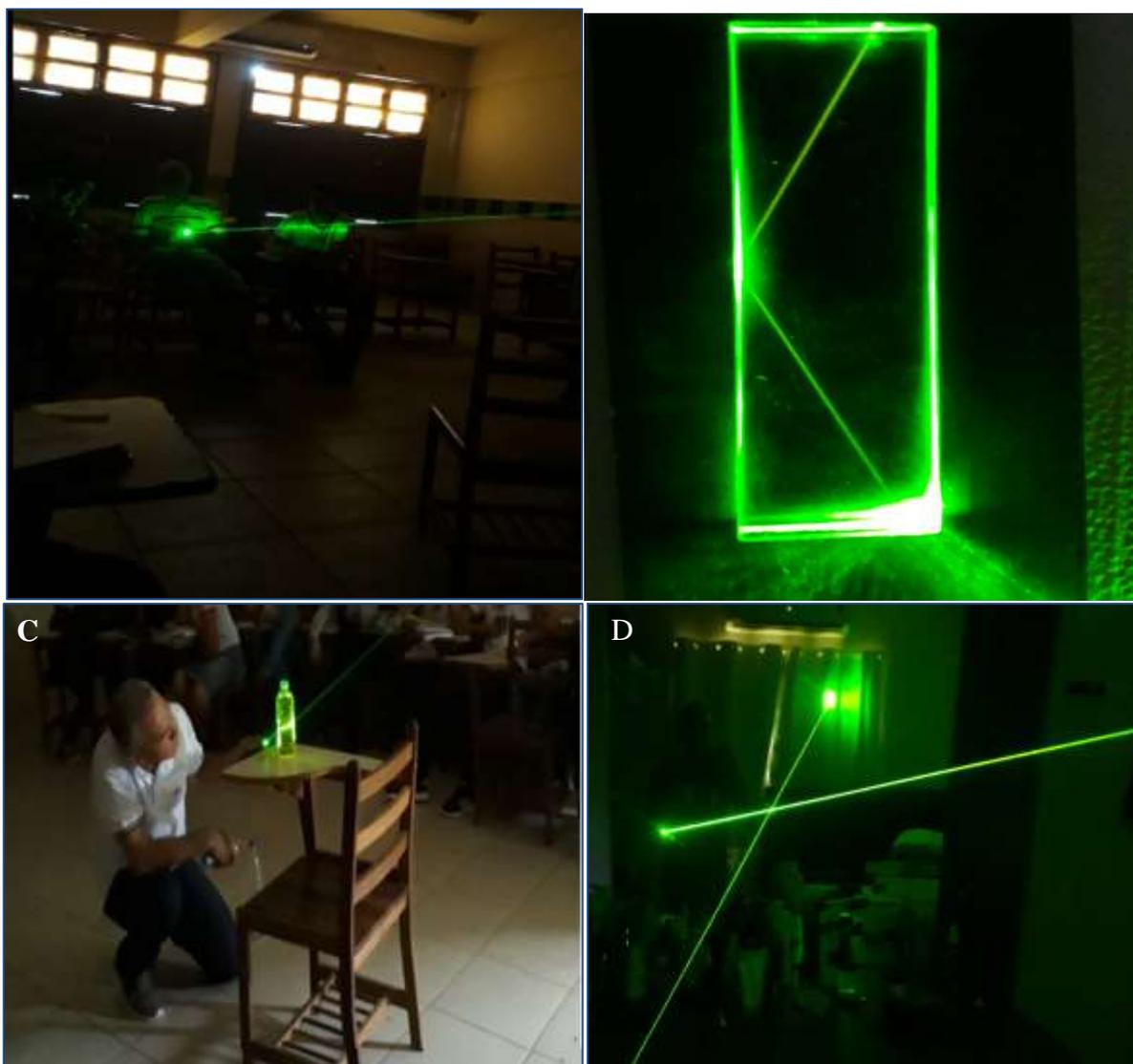
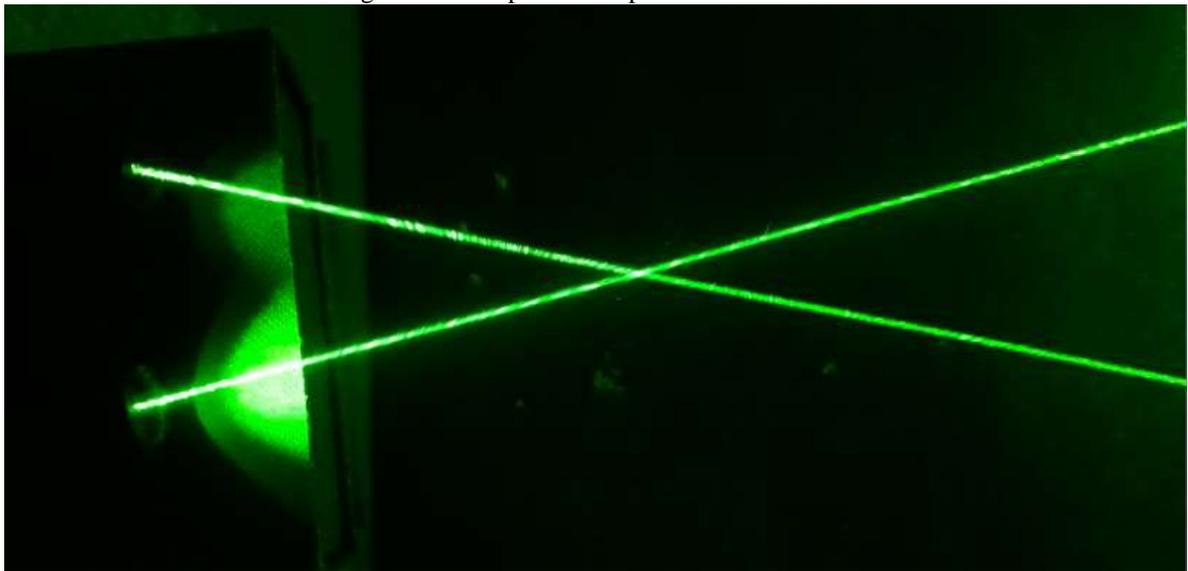


Figura 5- Propagação Reta da Luz A) Raios no Ar B) Raios no Vidro C) Raios na Água D) Raios Refletidos
Fonte: Próprio autor

B) Princípio da Independência dos Raios Luminosos

“Quando dois raios se cruzam, cada um segue sua trajetória como se nada tivesse ocorrido”.

Figura 6- Princípio da Independência dos Raios



Fonte: Próprio autor

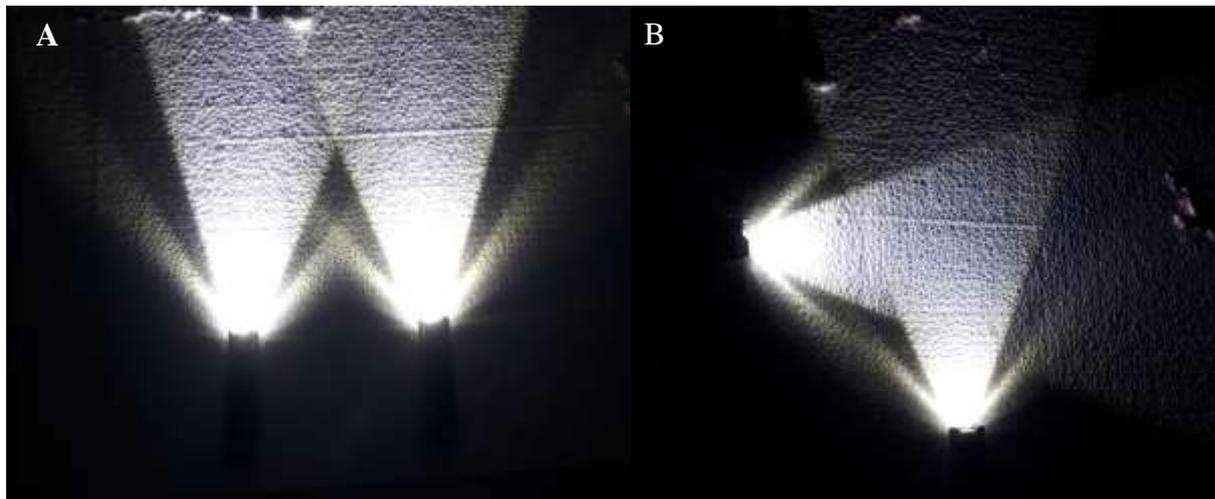


Figura 7- Princípio da Independência A) Feixes Cônicos Divergentes Independentes B) Feixes Cônicos Divergentes Independentes Fonte: Próprio autor

C) Princípio da Reversibilidade dos Raios Luminosos

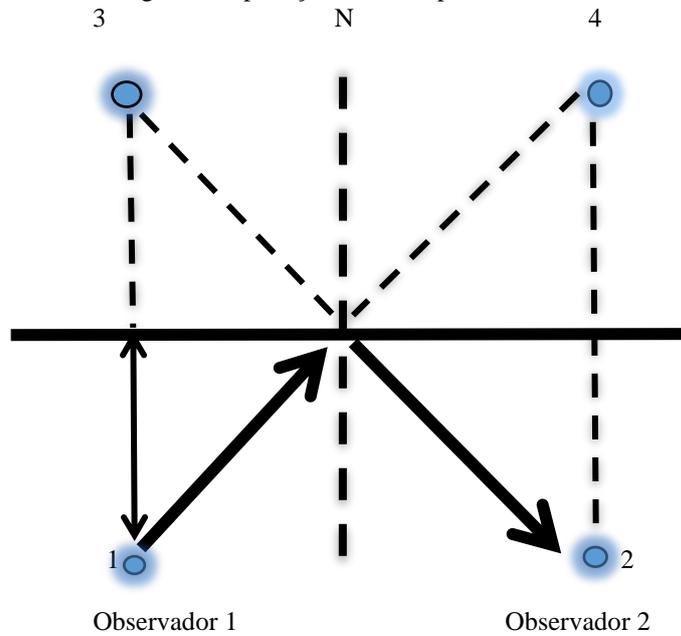
“ A trajetória seguida por um raio de luz não depende do sentido ”

Figura 8- Raios Reversos



Fonte: Próprio autor

Figura 9- Aplicação do Princípio da Reversibilidade



Fonte: Próprio autor

O observador 2 vê o objeto 1 na posição 3 e o observador vê o objeto 2 na posição 4.

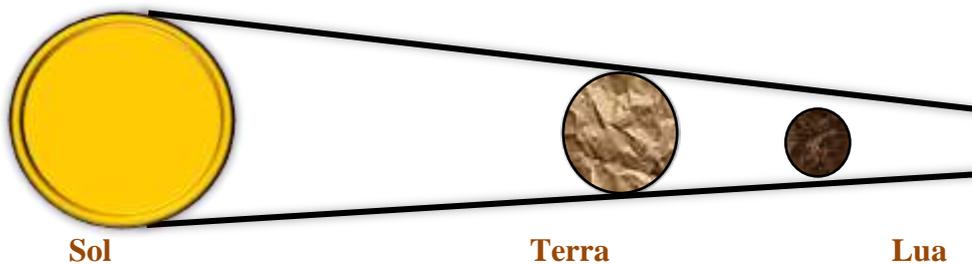
1.2.1 Algumas Aplicações

Você já parou para observar uma sombra? E um eclipse? Interessante não? Pois muito bem, a formação de sombra, dos eclipses, da imagem formada em uma câmara escura de orifício e vários outros fenômenos são baseados nos princípios.

A) Formação de Eclipse da Lua

Para que ocorram os eclipses os três astros devem estar alinhados e os planos orbitais devem coincidir, ou seja, deve-se ter o alinhamento nodal:

Figura 10- Ilustração do Eclipse Lunar



Fonte: Próprio autor

B) Formação de sombras

Considere uma fonte puntiforme¹ de luz, distante do solo e um disco circular de diâmetro d a certa altura h da fonte.

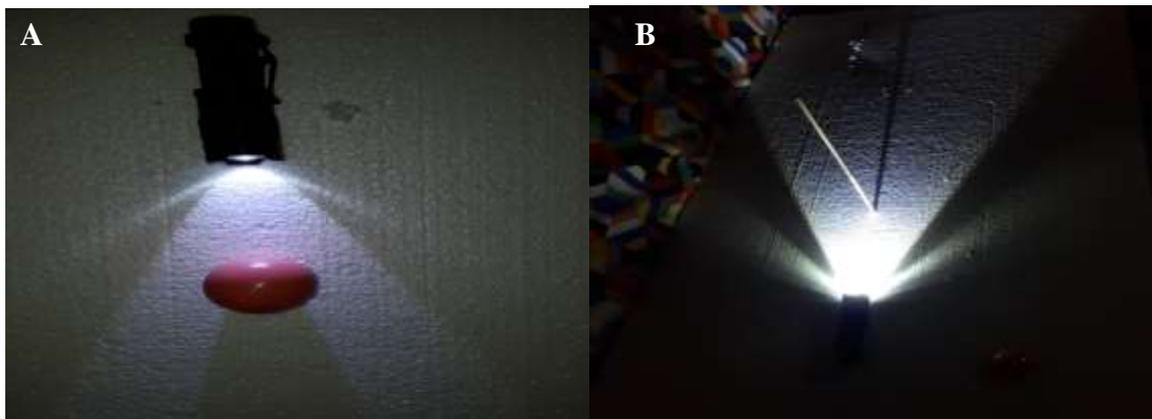
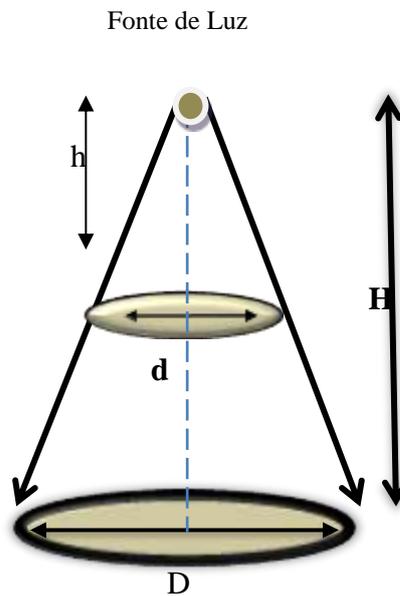


Figura 11- Formação e Projeção de Sombras de Corpos Extensos A) Esfera B) Palito
Fonte: Próprio autor

¹ Uma fonte puntiforme é uma fonte cujas dimensões podem ser desprezadas frente as demais envolvidas na análise, ou seja, o Sol visto da Terra e uma fonte extensa, já se observado de Plutão, é só um ponto de luz.

Figura 12- Cone de Sombra



Fonte: Próprio autor

Analisando a figura do cone podemos inferir dos triângulos:

$$H/h = D/d$$

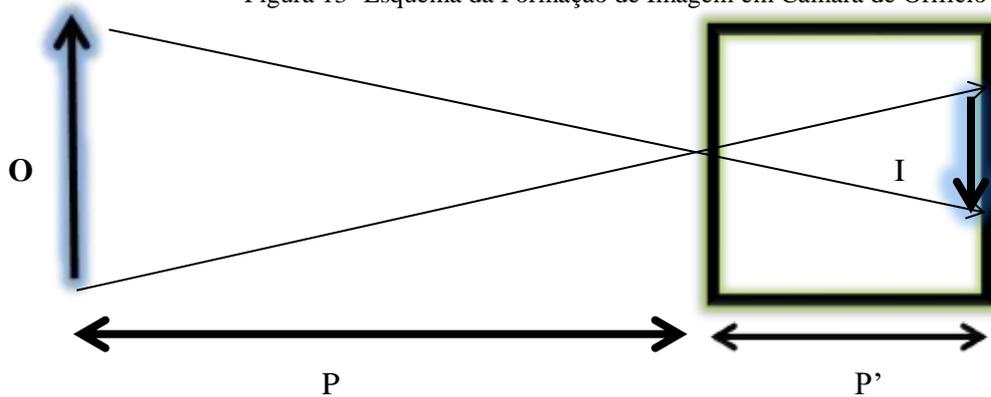
Onde:

D: Diâmetro da sombra
d: Diâmetro do disco
H: Distância da fonte ao solo
h: Distância da fonte ao disco

C) Câmara Escura de Orifício

Outra aplicação importante dos princípios da ótica é uma precursora das modernas máquinas fotográficas, onde a luz que emana de um objeto passa através de um orifício e projeta sua imagem numa tela que pode ser observada facilmente.

Figura 13- Esquema da Formação de Imagem em Câmara de Orifício



Fonte: Próprio autor

Dos triângulos formados podemos inferir que:

Onde:

$$O/I = P/P'$$

O: Objeto
I : Imagem
P: Posição do objeto
P' : Posição da Imagem

2. REFLEXÃO DA LUZ

Como será que a luz se comporta quando encontra uma parede de madeira, uma superfície espelhada, ou até mesmo o tecido das nossas roupas? Dessa forma podemos ter dois tipos de reflexão, que podem ser:

- ▲ Reflexão Regular ou Especular
- ▲ Reflexão Difusa

2.1 Conceitos Fundamentais

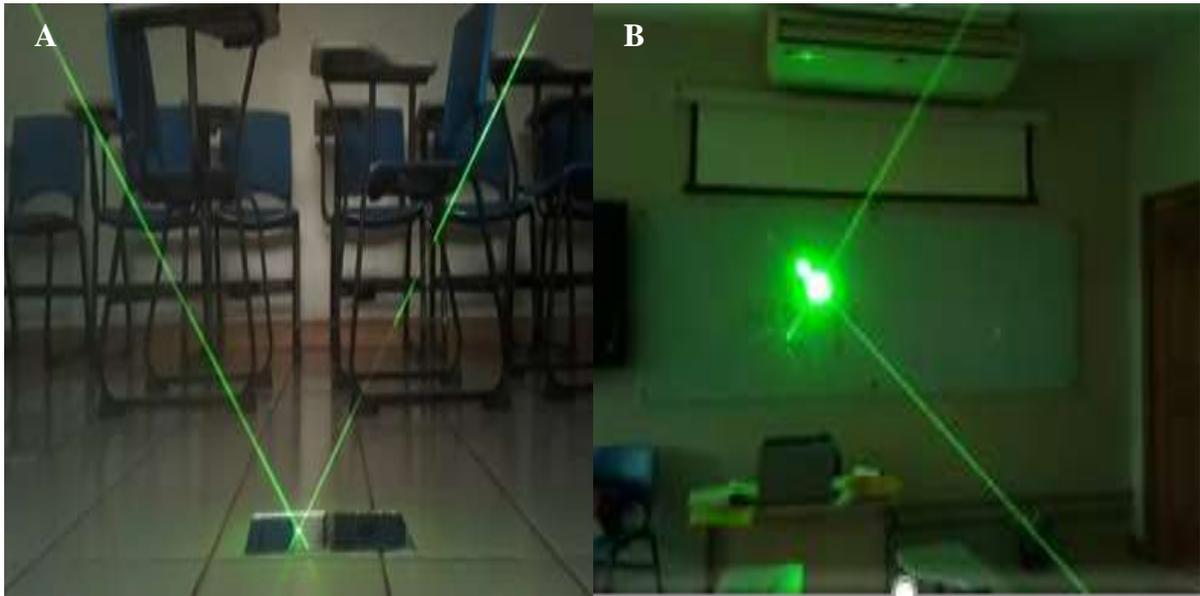
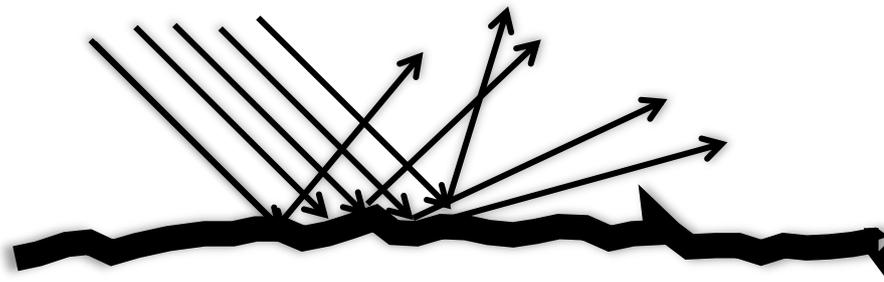


Figura 14- Reflexão da Luz A) Reflexão Especular B) Reflexão em Vidro Transparente
Fonte: Próprio autor

A) Reflexão Difusa da Luz

Quando a reflexão não for especular ou regular, teremos um espalhamento ou difusão da luz, desta forma a superfície espalhará os raios em direções aleatórias.

Figura 15- Ilustração da Reflexão Difusa



Fonte: Próprio autor

A reflexão difusa é a responsável pela percepção da maior parte dos objetos que nos rodeiam.

B) Reflexão Regular ou Especular

É um tipo de reflexão que ocorre em superfícies planas, lisas, polidas, como por exemplo, uma superfície de um metal, ou até mesmo a superfície da água de uma piscina, sem perturbação. Para simplificar podemos dizer que em um espelho plano ou esférico reflete a luz de modo regular, formando imagens.

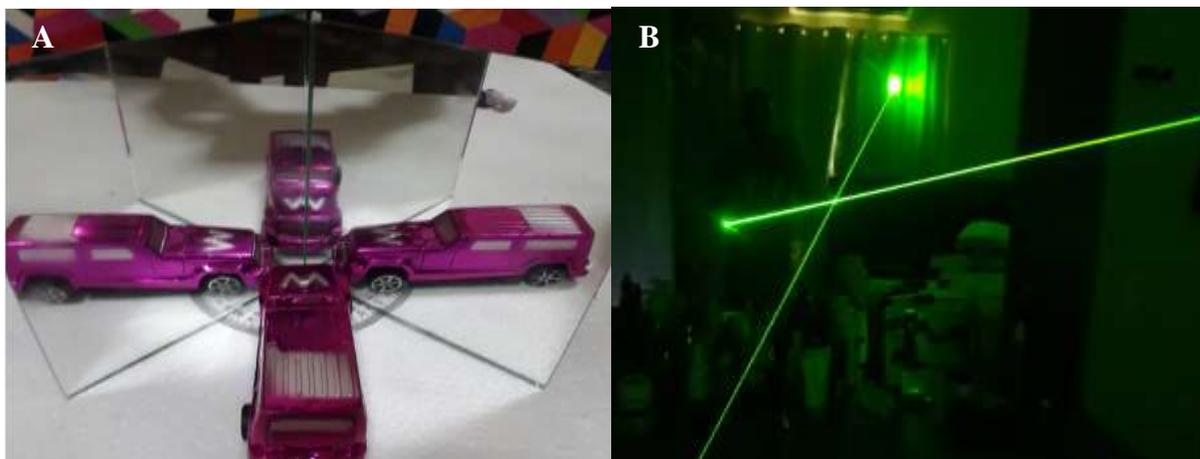


Figura 16- Reflexão Especular da Luz A) Imagem formada por Reflexão B) Reflexão Regular de Raios
Fonte: Próprio autor

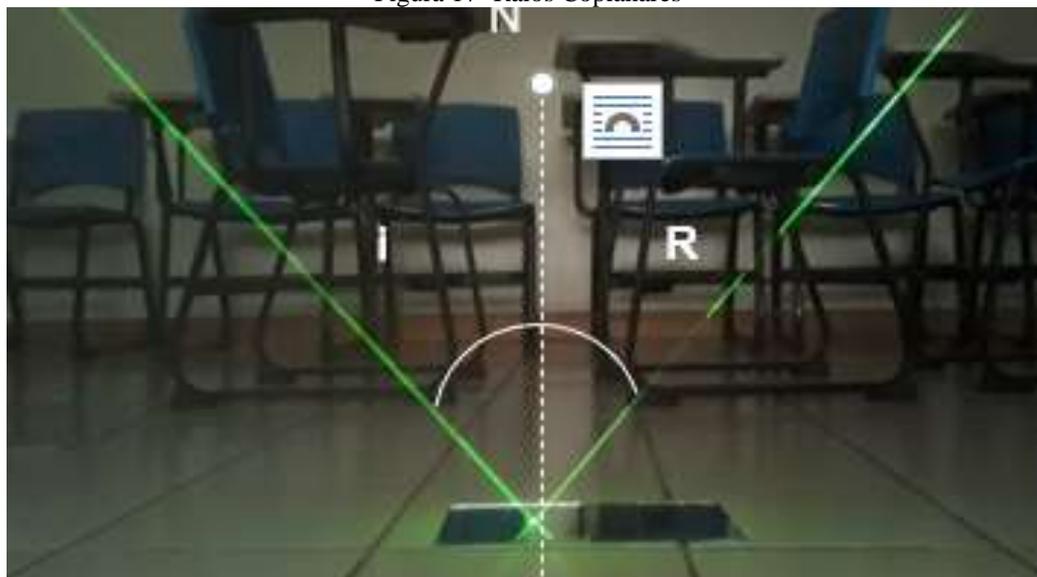
2.1.1 Leis da Reflexão

Como são formadas as imagens pelos espelhos planos? Onde elas estão? Será que podem ser projetadas? São iguais as imagens dos cinemas? Muito bem, para podermos entender, devemos utilizar um princípio e algumas leis fundamentais da Ótica Geométrica.

A) Primeira Lei da Reflexão

“O raio de luz incidente, o raio de luz refletido e a reta normal são coplanares”

Figura 17- Raios Coplanares



Fonte: Próprio autor

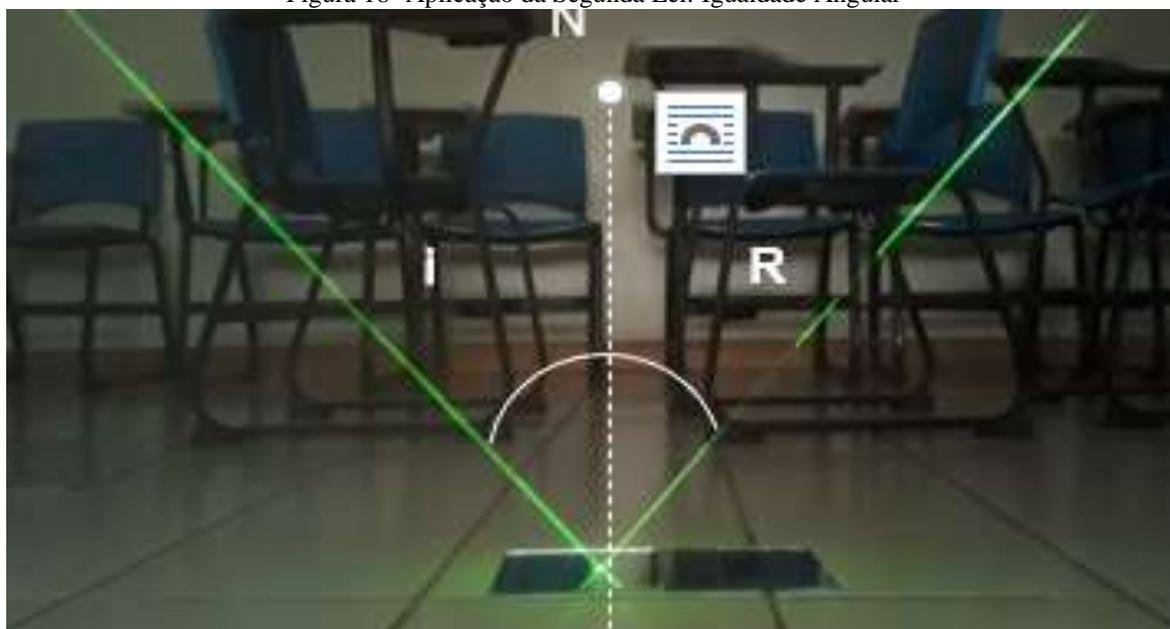
Onde:

RI: raio de luz incidente
RR: raio de luz refletido
N: reta normal

B) Segunda Lei da Reflexão

“ O ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão”

Figura 18- Aplicação da Segunda Lei: Igualdade Angular



Fonte: Próprio autor

Onde:

$$I = R$$

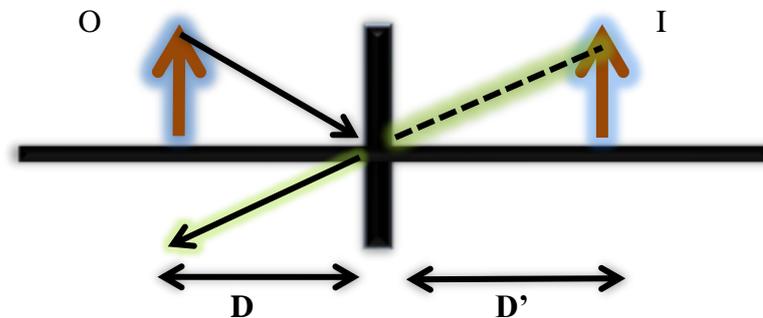
2.1.2 Algumas Aplicações

A) Formação de Imagem

Quando você está diante de um espelho plano, para pentear o seu cabelo, você seria capaz de dizer como a imagem do seu rosto foi formada? Onde ela está realmente? Quais são as características físicas das mesmas? Muito bem, para responder estes questionamentos devemos novamente lançar mão de alguns recursos da Ótica Geométrica.

Para iniciar considere um objeto a uma distância D de um espelho plano:

Figura 19- Formação de Imagem Virtual
E



Fonte: Próprio autor

Sendo:

D: distância do Objeto ao Espelho

D': distância da Imagem ao Espelho

O: altura do objeto

I: altura da imagem

Neste caso costuma-se classificar a imagem como sendo uma imagem virtual, direita e do mesmo tamanho, em relação ao tamanho do objeto.

Da análise entre os triângulos formados teremos:

$$I = O$$

$$D = D'$$

B) Número de Imagens Formadas por Dois Espelhos Planos

Uma brincadeira muito divertida e interessante pode ser verificada quando posicionamos dois espelhos planos formando certo ângulo α entre eles. Nestas condições para cada valor de α teremos certa quantidade de imagens formadas. Esse recurso ainda é muito

recorrente em circos onde existe uma sala de espelhos planos, esféricos, cilíndricos, posicionados de modo estratégico para formar imagens com formas e características bem interessantes.

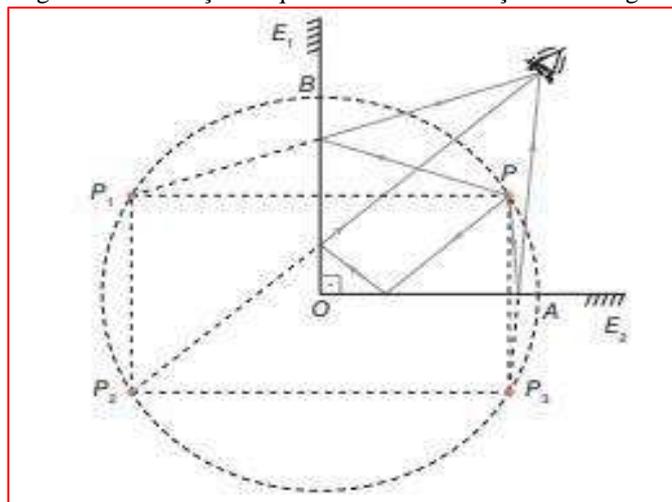


Figura 20- Imagens formadas por Dois Espelhos Planos . A) Imagens Formadas para Ângulo de 90 graus
B) Imagens formadas para Ângulo de 120 graus

Fonte: Próprio autor

Vamos agora considerar dois espelhos planos, posicionados de forma tal que certo ângulo seja formado entre eles. Neste caso qual deverá ser a relação entre o número de imagens para cada ângulo formado?

Figura 21- Ilustração Esquemática da Formação das Imagens



Fonte: Próprio autor

Da observação dos triângulos podemos inferir facilmente que o número de imagens formadas pode ser calculado pela expressão:

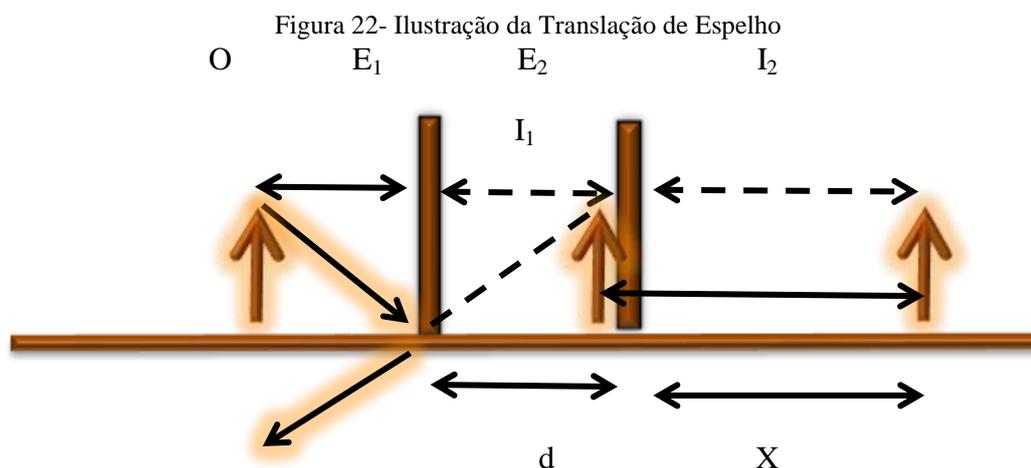
$$N = (360^\circ/\alpha) - 1$$

Onde:

N: número de imagens
 α : ângulo formado entre os espelhos

C) Translação de Espelhos

Imagine que seu está defronte a um espelho plano a certa distância D. Qual será então a posição da localização da imagem da sua face? A resposta é simples, como já foi verificado anteriormente, ou seja, a posição do objeto é igual em módulo a posição da imagem, ou seja:



Fonte: Próprio autor

Agora imagine que você translade o espelho de certa distância d? Qual deverá ser a relação entre a translação do espelho e a translação da imagem? Por semelhança de triângulos pode-se inferir que:

$$X = 2.d$$

X: Distância entre as posições das imagens

d: Distância translada

E1 e E2: Posições do espelho

O: Objeto e sua posição

I1 e I2: Imagens e suas posições formadas pelo espelho antes e depois de transladar

3. REFRAÇÃO DA LUZ

3.1 Conceitos Fundamentais

Quando olhamos para um objeto dentro da água, o observamos na posição correta? E quando olhamos para um astro? Será que realmente o observamos na posição correta? Muito bem! A resposta é não.

Para respondermos a esta e outras questões devemos estudar outro fenômeno ótico muito interessante, denominado *refração*.

Figura 23- Imagem por Refração



Fonte: Próprio autor

Dessa forma podemos definir a refração como sendo o fenômeno que ocorre quando um raio de luz muda meio de propagação, alterando sempre a sua velocidade v , seu comprimento de onda λ , podendo alterar a direção do raio incidente, porém, mantendo constante a frequência da onda ν . Desta forma para podermos definir óticamente um meio físico, vamos introduzir uma grandeza física denominada índice de refração absoluto n .

A) Índice de Refração Absoluto

Grandeza física associada a uma propriedade ótica de um meio físico, que podemos definir como sendo:

$$n = c/v$$

Onde:

n: Índice de refração

v: velocidade da luz no meio

c: velocidade da luz no vácuo $3 \cdot 10^8$ m/s

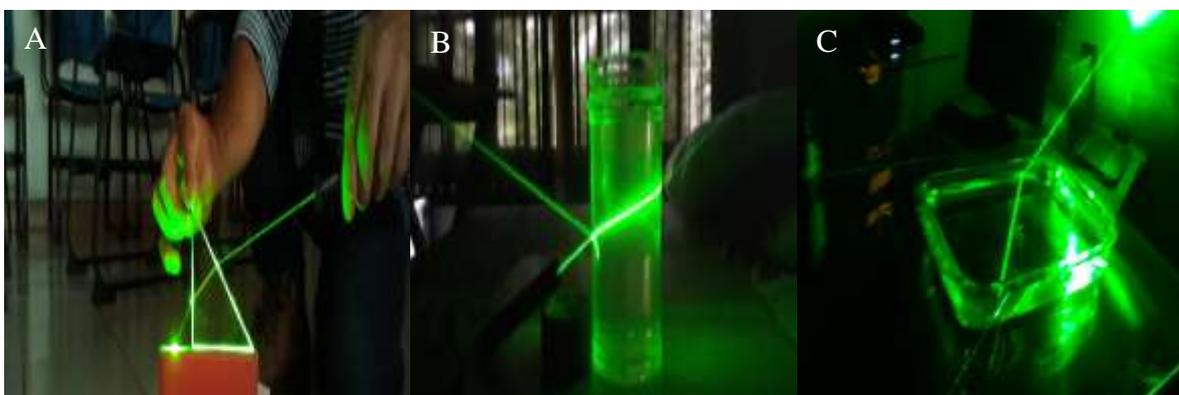


Figura 24- Refração Regular da Luz. A) - Refração em Prisma B) Refração em Óleo C) Refração em Água.
Fonte: Próprio autor

n_1 : Índice de refração do meio 1
 n_2 : Índice de refração do meio 2
 θ_1 : ângulo de incidência
 θ_2 : ângulo de refração

Tabela 1- Índice de Refração

Meio	Índice de Refração
Vácuo	1
Ar (CNTP)	1,00029
Água	1,333
Álcool Etílico	1,36
Vidro Comum	1,48
Benzeno	1,50
Bisulfeto de Carbono	1,63
Safira	1,77
Diamante	2,42

Fonte: Próprio autor

3.1.2 Algumas Aplicações

A) Lei de Snell-Descartes

Como será que ocorre a formação de imagem de um objeto dentro de um líquido? Como você explicaria a elevação do piso de uma piscina cheia de água? Muito bem!.

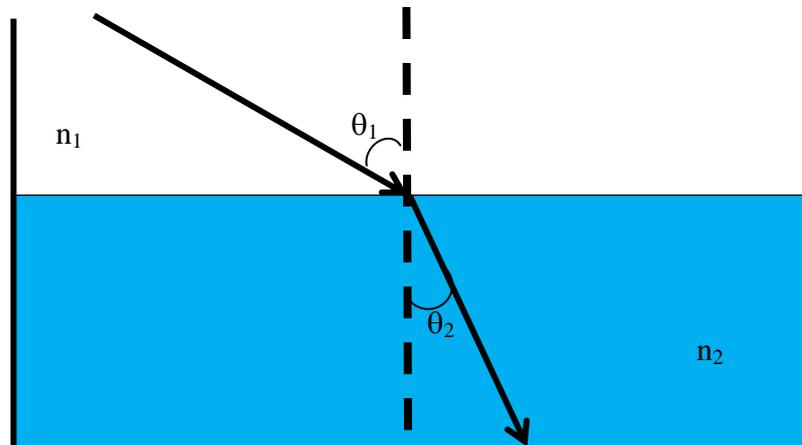
Sempre que um raio de luz muda de meio de propagação de índices de refração diferentes, podemos relacionar os índices de refração dos meios e os valores dos senos dos ângulos de incidência e de refração através de uma lei pode ser enunciada da forma seguinte:

Onde:

$$n_1 \sen \theta_1 = n_2 \sen \theta_2$$

$$n = c / v$$

Figura 24- Ilustração da Refração



Fonte: Próprio autor

Pode ocorrer refração ou sem desvio, porém essa lei física sempre será válida. Abaixo citamos algumas situações em que a refração ocorre:

- A) Ver o Sol no horizonte mesmo depois do pôr-do-sol;
- B) Ver objetos dentro água em posições que não são reais;
- C) Ver objetos através de lentes esféricas ou cilíndricas;
- D) Ver imagens através de janelas de vidro, e vários outros;

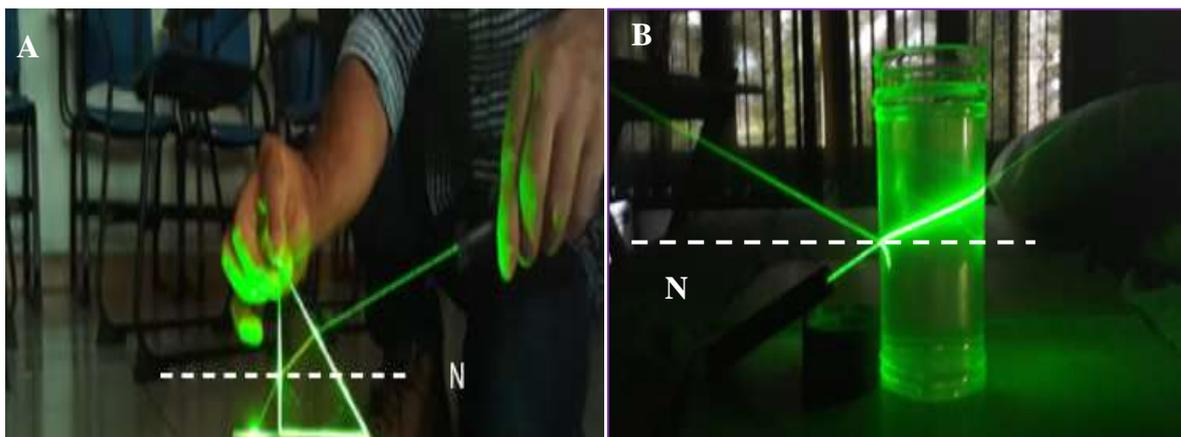


Figura 25- Ângulos de Refração. A) Refração em Prisma B) Refração em Óleo
Fonte: Próprio autor

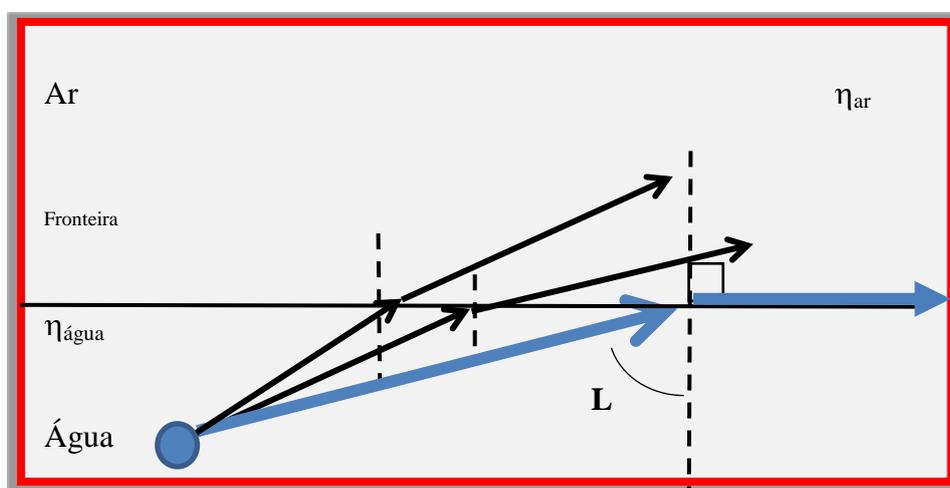
B) Ângulo Limite e Reflexão Interna Total

Um raio de luz pode ser aprisionado dentro de meio refringente (vidro, água, diamante), por certo tempo? Se a resposta for positiva você acertou.

A reflexão interna total é responsável por tornar o brilho do diamante bastante característico e de certa forma influenciar o seu preço. Outra aplicação muito importante é encontrada na Medicina, a endoscopia digestiva, faz uso deste fenômeno para visualizar uma parte considerável do sistema digestório.

Muito bem! Considere um raio de luz que se propaga da água para o ar, como podemos observar na figura abaixo.

Figura 26- Refração e Ângulo Limite



Fonte: Próprio autor

Observando o diagrama acima na medida em que o ângulo de incidência aumenta, aumenta também o ângulo de refração, ou seja, o raio refratado se afasta da reta normal, até que, para certo ângulo L (ângulo limite)², o raio se refrata com 90° , ou seja, se refrata de forma rasante.

Nestas condições para calcularmos o valor do ângulo L , devemos usar a Lei de Snell-Descartes:

$$\text{sen } L = 1/n_m$$

² Podendo também receber a denominação de ângulo crítico

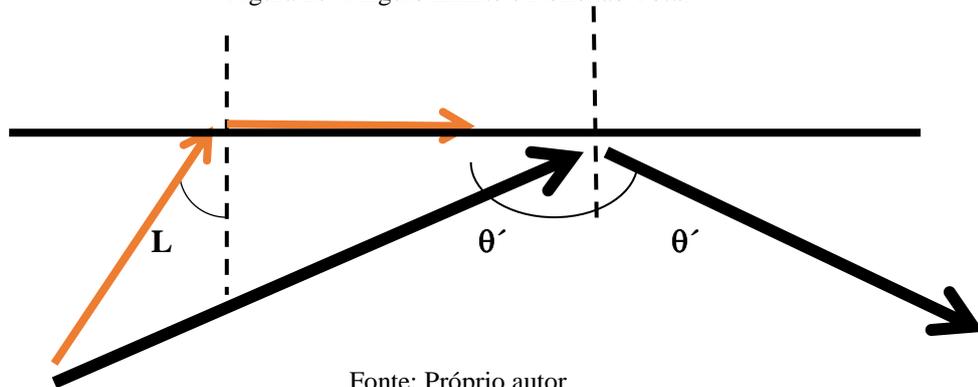
Onde:

L: Valor do Ângulo Limite
 n_m : índice de refração do meio

C) Reflexão Interna Total

Uma vez conhecido o valor do ângulo limite L , podemos inferir que se o ângulo de incidência for maior que L , ocorrerá então o fenômeno chamado de *reflexão interna total*. Este fenômeno é predominante para a propagação da luz dentro de um cabo de fibra ótica, e também explica o brilho característico de um cristal de diamante.

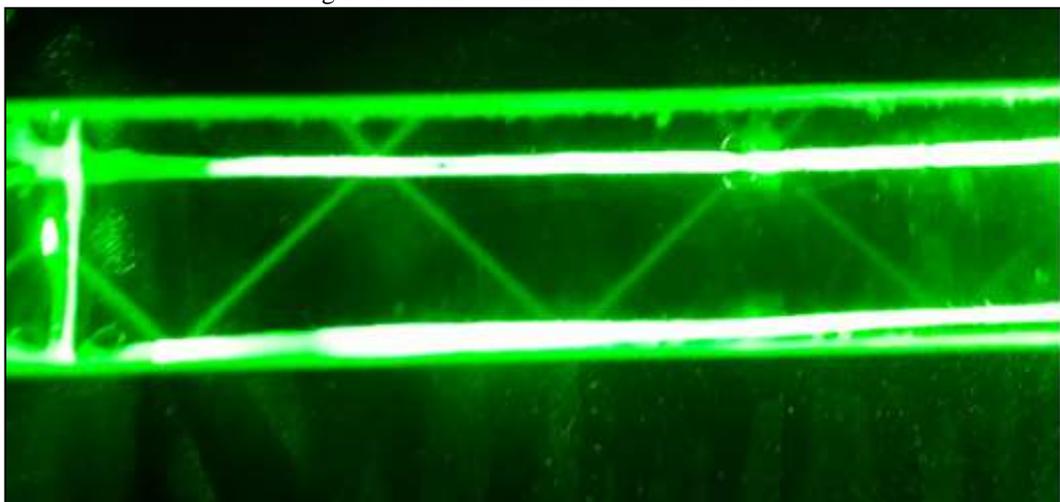
Figura 27- Ângulo Limite e Reflexão Total



Fonte: Próprio autor

Neste caso que ocorra a reflexão interna total $\theta' > L$.

Figura 28- Reflexão Interna Total em Vidro



Fonte: Próprio autor

4. ÓTICA FÍSICA

4.1 Fundamentos e Aplicações

Uma onda eletromagnética é uma perturbação que se propaga num certo meio, com certa velocidade v , comprimento de onda λ e frequência ν , no entanto, sem transportar matéria, transportando apenas momento \mathbf{p} e energia E .

Segundo a teoria do eletromagnetismo, toda carga acelerada emite ondas eletromagnéticas que se espalham para o meio em frentes de ondas planas, esféricas ou cilíndricas. Desta forma as frentes de ondas serão sempre formadas vários campos acoplados, sendo um chamado de campo elétrico e outro chamado de campo magnético, que são sempre perpendiculares entre si, se auto induzindo no tempo e espaço, bem descrito pelas equações de Maxwell.

Além de todas as ondas eletromagnéticas, temos outros exemplos de ondas como o som, uma onda na corda de um violão, uma onda sísmica, uma onda na água, dentre outras.

Para podermos descrever os fenômenos de difração e interferência, C. Huygens usou como exemplo físico, ondas mecânicas se propagando na superfície de um líquido, e desta forma conseguiu um modelo geométrico alternativo para explicar, bem antes de Maxwell, que a luz apresenta caráter de natureza ondulatória.

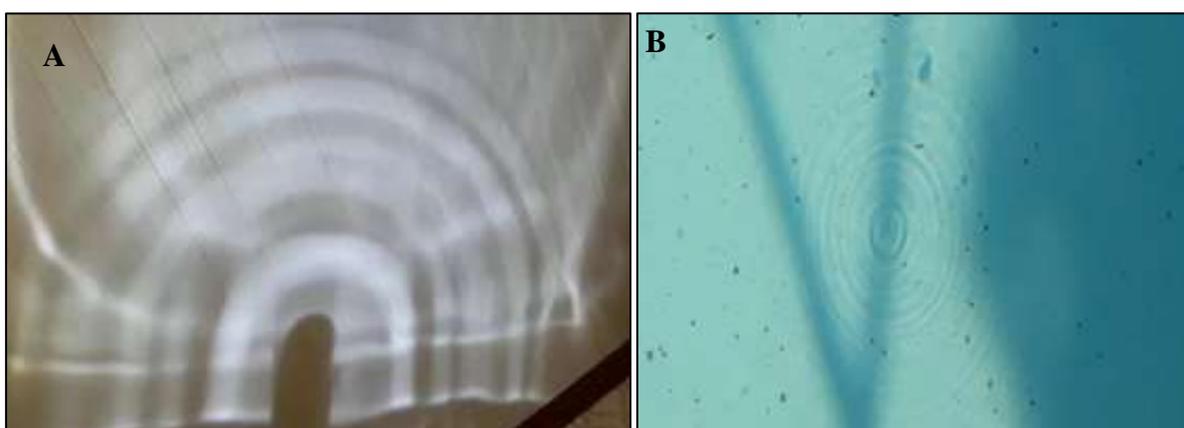
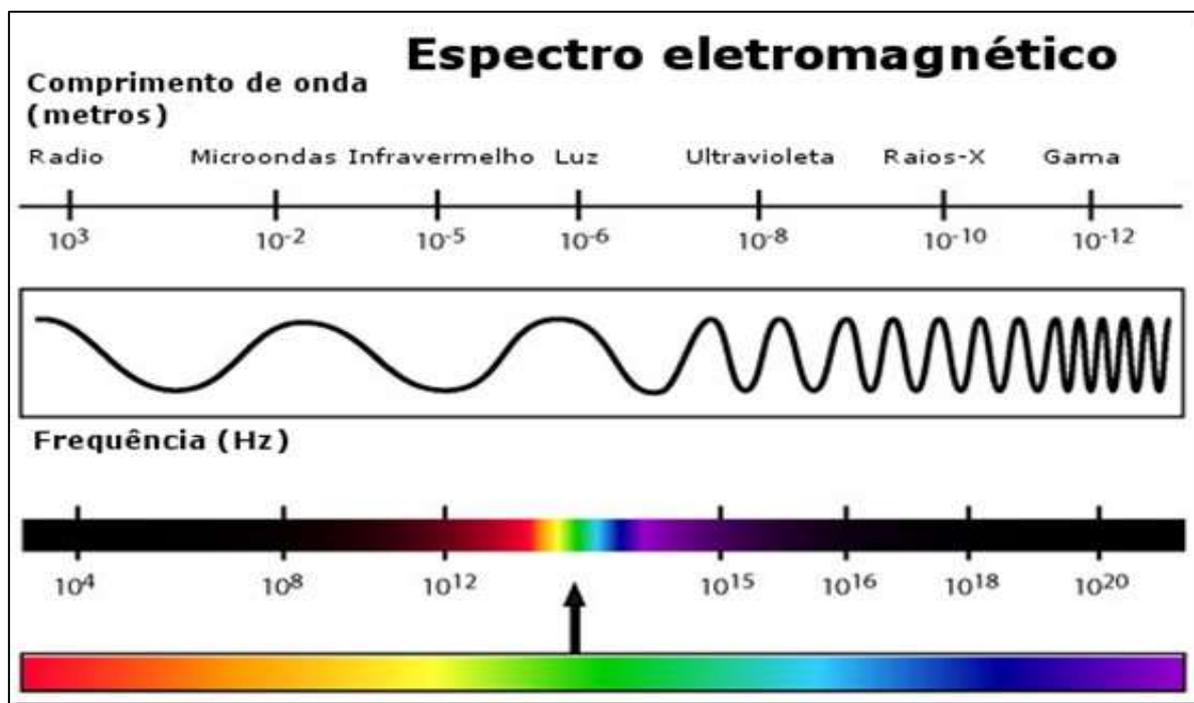


Figura 29- Ondas Mecânicas Transversais na Água. A) Produção de Ondas Circulares B) Ondas Circulares
Fonte: Próprio autor

As ondas eletromagnéticas podem ser organizadas de forma pedagógica, em uma disposição que ficou conhecida como espectro eletromagnético ou Arco-Íris de Maxwell,

como se pode observar abaixo, onde as ondas estão dispostas de acordo com suas frequências ν e comprimento de onda λ ³.

Figura 30- Espectro Eletromagnético



Fonte: Disponível <<http://kajkrause.blogspot.com/2009/06/o-espectro-eletromagnetico.html>>. Acesso Set. de 2020.

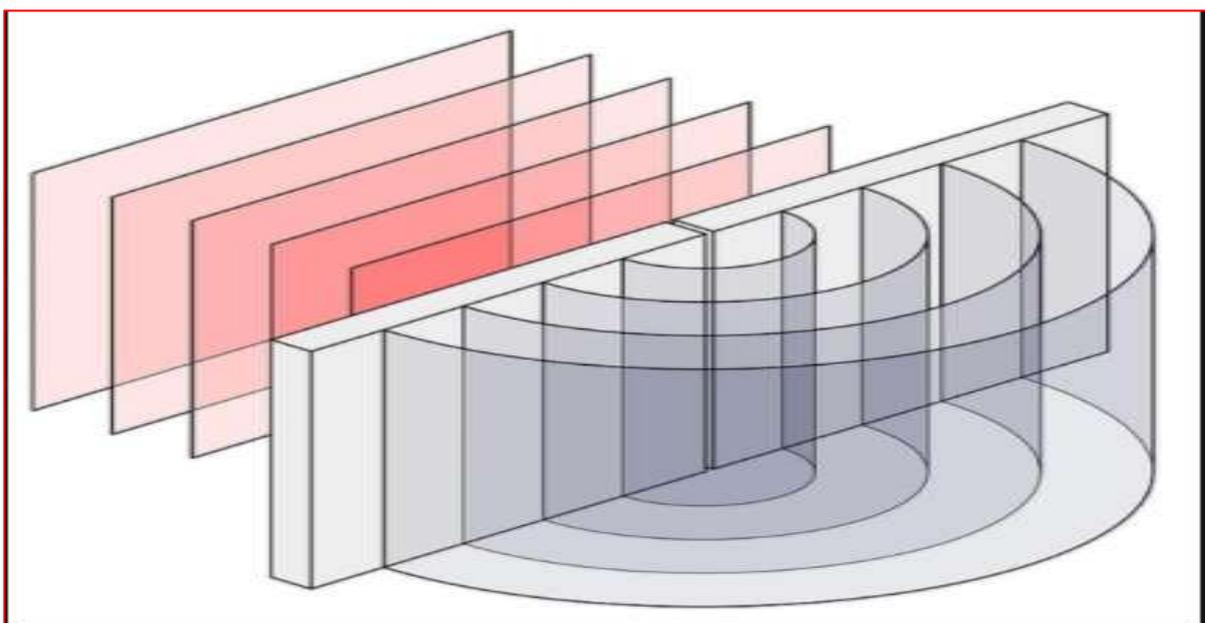
No século XVII, um físico holandês, Cristyan Huygens, contemporâneo de Isaac Newton, propôs um modelo geométrico, no qual a luz se comporta como uma onda, e foi capaz de descrever através do uso de “frentes de ondas”⁴, a propagação, reflexão em superfícies, refração, difração e interferência.

Entretanto os fenômenos de difração e interferência foram importantes para indicar a natureza ondulatória da luz, Huygens, conjecturou que a luz sofre difração ao passar por uma fenda, assim como uma onda na superfície da água.

³ As ondas eletromagnéticas não necessitam de meio material para se propagar, sendo a única que se propaga no vácuo.

⁴ Uma frente de onda é um lugar geométrico em que todos os pontos contidos nesta frente se oscilam em fase, sendo que estes pontos se comportam como fontes de ondas secundárias.

Figura 31- Difração de Frentes de Ondas



Fonte: Disponível em <<http://kajkrause.blogspot.com/2009/06/o-espectro-eletromagnetico.html>>. Acesso em Nov. 2020

Figura 32- Difração de Ondas na Água

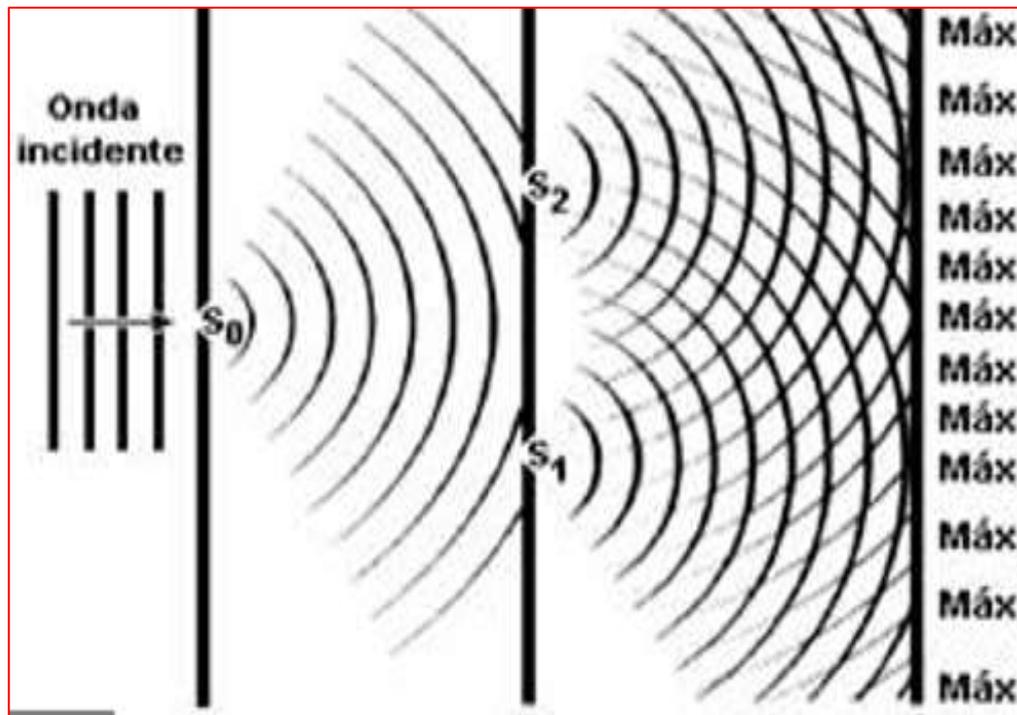


Fonte: Próprio autor

No entanto essa teoria não se tornou um consenso entre a comunidade científica da época, a saber, devido à notoriedade de Newton, que defendia uma teoria diferente, a teoria corpuscular.

Passados mais de 100 anos, a teoria de Huygens foi retomada no início do século XIX, por Thomas Young, através de seu experimento da dupla fenda, medindo inclusive, com uma precisão excelente, o comprimento de onda médio da luz proveniente do Sol.

Figura 33- Experimento de Dupla Fenda de Young



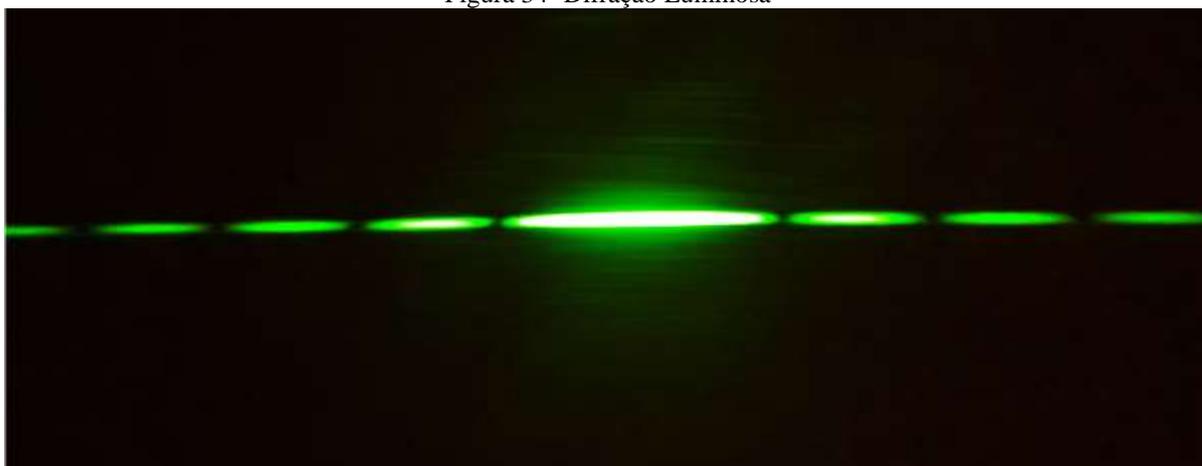
Fonte: Disponível em <<https://fisicaevestibular.com.br/novo/ondulatória/ondas/difração-e-dispersão-de-ondas/exercícios-de-vestibulares-com-resoluções-comentadas-sobre-difração->>. Acesso em set 2020/

A ótica geométrica, ou ótica de retas, consegue explicar uma gama de fenômenos importantes, entretanto, para três fenômenos; como polarização, difração e interferência, ela falha drasticamente.

A) Difração da Luz

Fenômeno eminentemente ondulatório, no qual a onda, de certo comprimento λ , encontra um obstáculo de dimensões próximas a ele, se encurva, se alarga, muda de direção, contorna o obstáculo distribuindo-se espacialmente onde interfere consigo mesma gerando um padrão com intensidades luminosas que variam.

Figura 34- Difração Luminosa



Fonte: Próprio autor

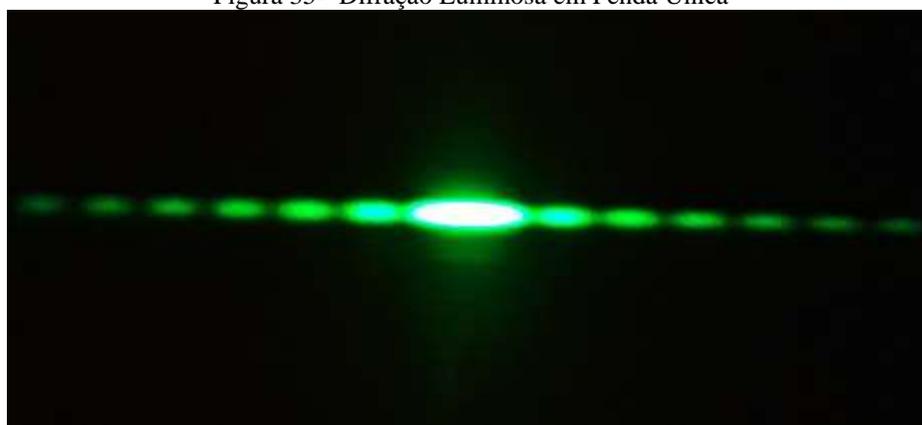
Numa excelente aproximação para que tal fenômeno ocorra devemos considerar o comprimento de onda aproximadamente da ordem de grandeza das dimensões do obstáculo, que pode ser uma fenda, um orifício, um fio de cabelo, entretanto se as dimensões se tornarem maiores o efeito desaparece.

Para que ocorra difração a dimensão a do obstáculo ou fenda, deve ser aproximadamente igual ao comprimento de onda λ , ou seja, deve obedecer dentro de uma excelente aproximação a relação:

$$\frac{\lambda}{a} \sim 1$$

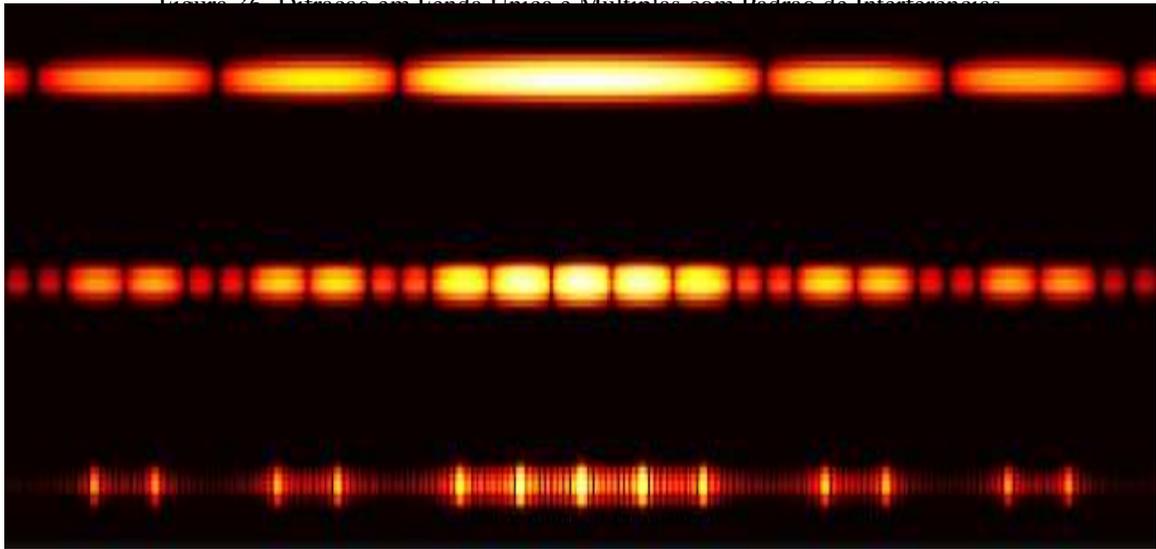
Devemos também considerar aspectos de interferência para explicar corretamente a imagem formada após ocorrer a difração, em que frentes de ondas com intensidades distintas e fases diferentes se superpõem numa tela de observação. Desta maneira, teremos um máximo central muito intenso e brilhante e máximos laterais com intensidades que vão decrescendo.

Figura 35- Difração Luminosa em Fenda Única



Fonte: Próprio autor

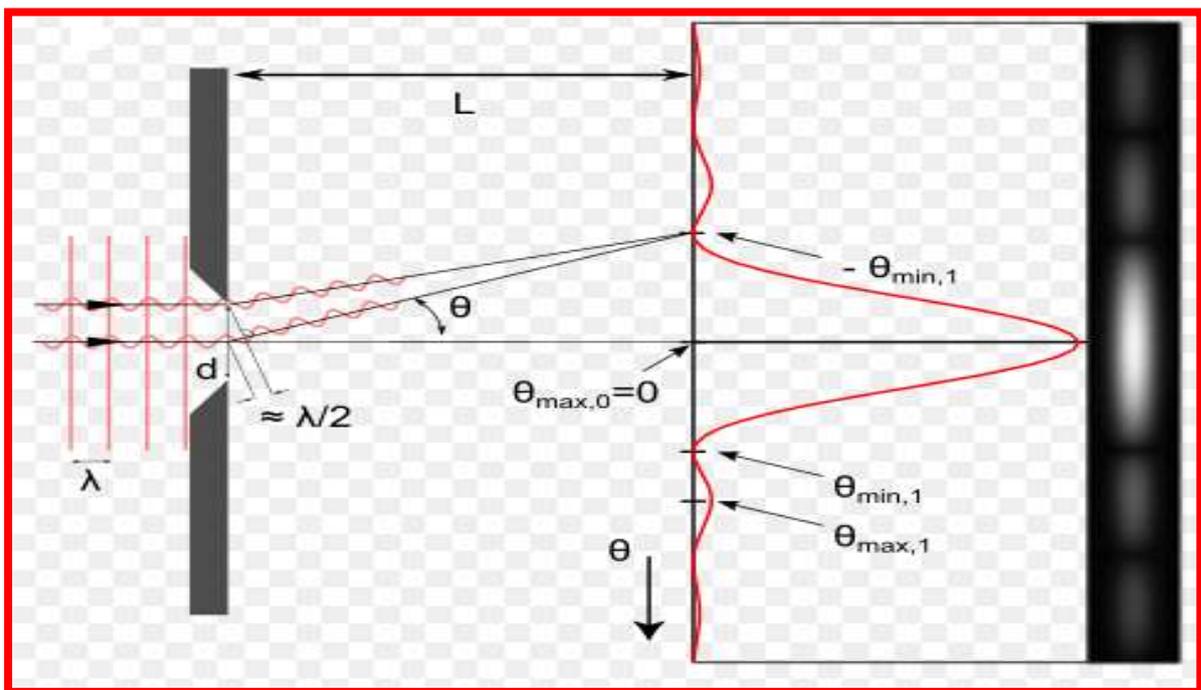
Figura 36- Difração em Fenda Única e Múltiplas com Padrão de Interferência



Fonte: Disponível em: <<https://sites.ifi.unicamp.br/laboptica/files/2012/08/fig14-5.jpg>>. Acesso em Set 2020

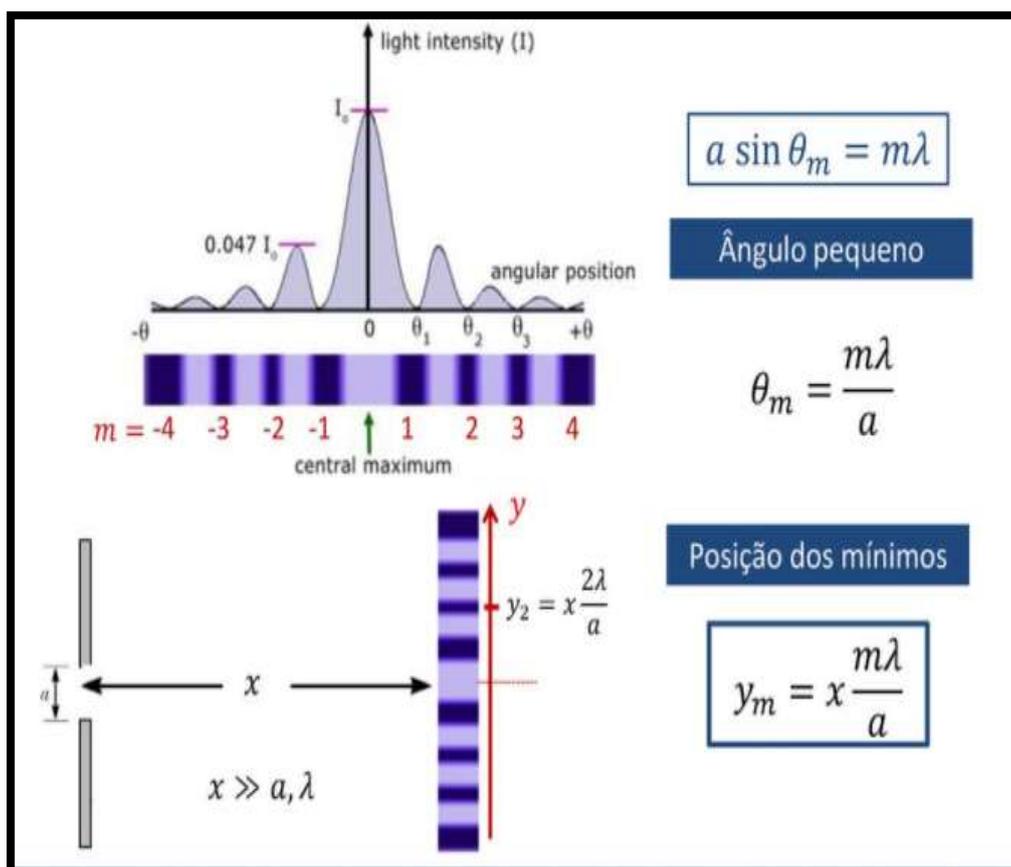
Dentro da aproximação de Fraunhofer, podemos facilmente encontrar a equação que nos forneça as posições dos mínimos de intensidade, para difração por fenda simples, observando que essas são regiões de mínimo, ou seja, de interferência destrutiva, para compreendermos melhor a difração observe a figura abaixo:

Figura 37- Representação Geométrica da Difração de Fraunhofer



Fonte: Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Difra%C3%A7%C3%A3o>>. Acesso em Set 2020

Figura 38- Relações Matemáticas da Difração



Fonte: Disponível em <<https://slideplayer.com.br/slide/13535217/>>. Acesso em Set 2020

5. METODOLOGIA DA SEQUÊNCIA

5.1 Organizações dos Tópicos da Sequência

Nesta secção faremos uma digressão a respeito das estratégias que serão aplicadas nos encontros, bem como as sequências didáticas e linguagens adotadas, e um esboço do plano de aula.

Os encontros serão divididos 8 encontros, totalizando 16 aulas, totalizando 800 minutos em sala, ou seja, considerando que o programa de Física é executado com duas aulas por semana, excetuando-se os momentos para avaliações mensais, bimestrais e também atividades escolares que ocorrem dentro e fora da sala de aula, enfatizando que a sequência

será aplicada em alunos da segunda série do ensino médio. Desse total de aulas foi reservado a primeira e a última aula, com duração de 50 minutos cada, para realização dos testes diagnósticos.

Os tópicos ou temas tratados seguem uma sequência didática, lógica e substantiva, construída na qual se contemplam os temas listados na tabela 1, em que através de experimentos simples e de fácil execução, acredita-se ser possível trabalhar o dentro do currículo formal.

Tabela 2- Tema da Sequência

Introdução em Óptica Fundamentos e Conceitos
Leis da Reflexão
Leis da Refração
Dispersão e Cor dos Corpos
Reflexão Interna Total
Ondas - Fundamentos
Difração

Fonte: Próprio autor

Importante indicar que o professor pode quase julgue necessário, aplicar total ou parcial as aulas da sequência, sendo a parte inicial contempla tópicos recorrentes de Ótica Geométrica e as duas últimas aulas introduz, ainda que de maneira bem conceitual, temas associados em Ótica Ondulatória⁵.

Em todas as aulas realizamos demonstrações experimentais, ora com finalidade provocativa, ora comprobatória, ora motivadora, sendo que as mesmas podem e devem ser repetidas diversas, com objetivos distintos, e com diferentes gradações de profundidade, planejadas previamente, servindo em algumas ocasiões como: organizadores prévios ou subsunçores, possibilitando maior interação durante as aulas, aproximando a teoria com

⁵ Os temas referentes à Ondas Eletromagnéticas, bem como os fenômenos de difração e interferência, não são normalmente encontrados em tradicionais livros de EM, alguns autores no entanto, já o fazem em seus livros. texto, como os autores Alberto Gaspar, Beatriz Alvarenga e Antônio Máximo, que são autores consagrados dentro da literatura científica. Neste trabalho não reproduziremos as franjas de interferência em função da dificuldade imposta por nossos materiais, entretanto alguma gradação de interferência se faz necessária para explicarmos os padrões de difração, já que é impossível separar a interferência totalmente da difração e vice-versa (FEYMANN, 2004).

prática, desta forma intenta-se protagonizar o cognitivo dos alunos dentro do processo educativo.

Todos os materiais alternativos fazem parte do kit de baixo custo, confeccionado pelos autores, como está descrito na tabela abaixo:

Tabela3-Descrição dos Materiais do Kit

Quant.	Discriminação	Custo (R\$)
01	Laser Point de Rubi YL 303	29,00
01	2 m de Cabo de Fibra Óptica Mono Modo	8,00*
02	Espelho Plano (20x20) cm de 4 mm	10,00**
02	Placa de Vidro Liso (20x20) cm de 4 mm	4,00**
02	Placa de Vidro Canelado (20x20) cm de 4 mm	4,00**
01	Prisma de Vidro (10x10x10 $\sqrt{2}$) cm de 4 mm	4,0**
02	Placas de Vidro Liso (10x20) cm de 15 mm	20,00**
	Lanterna Pequena	8,0***
01	Recipiente de Plástico Transparente	4,0***
01	Bastão de Silicone	3,0***
01	Sabão em Barra Grande	1,50***
01	Óleo Vegetal	8,0***
03	Cartolina Colorida (Azul, verde, vermelha)	6,50***
01	Forma de Vidro Transparente	20,00**
	Total	130,00

Fonte: Próprio autor

Para que os efeitos visuais obtidos durante as intervenções, sejam iguais ou próximos, aos apresentados neste trabalho sugerimos que as fontes luminosas sejam as mesmas que foram utilizadas, ou que mantenham no mínimo as especificações técnicas contidas e informadas pelo fabricante, tais como, tensão das pilhas ou baterias, potência do laser, cor do espectro.

Para o caso da lanterna, deve-se escolher uma com potência semelhante/ igual da lanterna, bem como a quantidade de lumens.

Esses materiais podem ser facilmente encontrados em sites especializados de vendas, ou mesmo em sua cidade. Nas duas figuras abaixo apresentamos com detalhes a lanterna e o laser, usados nas demonstrações bem como uma imagem contendo os mais importantes materiais do kit experimental de baixo custo.

objetivo e que serão devolvidos após as atividades. Todas as aulas, seguirão a estrutura abaixo, excetuando as aulas destinadas aos testes. Desta forma a estruturação de cada aula da sequência deve obedecer a tabela

Tabela -	Organização das Aulas da Sequência
	Tema da Aula
I	Duração
II	Quantidade de Aulas
III	Objetivos
IV	Conteúdos
V	Sugestão de Problematização
VI	Sugestões /Orientações para as Demonstrações Experimentais

Fonte: Próprio autor

Importante observar que em função da orientação do currículo formal e sua abrangência, todas as intervenções experimentais demonstrativas, deverão estar em pleno acordo com o prévio planejamento escolar da disciplina, bem como o enquadramento dos

6. DESENVOLVIMENTO DAS AULAS

Nesta etapa serão apresentados os conteúdos referentes à unidade temática de Óptica, a duração das aulas, bem como o quantitativo das aulas, como se pode observar na disposição abaixo.

Tabela 5-Tema das Aulas

Aula	Tema	Duração (min)	Quantidade de Aulas
01	Aplicação do Pré-Teste Diagnóstico	50	01
02	Introdução à Óptica Geométrica: Fundamentos	100	02
03	Princípios da Óptica e Meios de Propagação da Luz	100	02
04	Reflexão Luz Especular e Formação de Imagens	100	02
05	Dispersão e Absorção da Luz e Cor de Um Corpo	100	02
06	Refração da Luz e Lei de Snell- Descartes	100	02
07	Ondas Fundamentos e Conceitos	100	02
08	Difração	100	02
09	Aplicação do Pós-Teste	50	01
	Total	800	16

Fonte: Próprio autor

6.1 Tema da Aula 01: Aplicação e Orientações para os Testes Diagnósticos

I) Duração: 50 min

II) Quantidade de Aulas: 01

III) Objetivos

a) Gerais:

- ▲ Explicar sobre a importância do Pré-Teste de Diagnóstico para a sequência didática;
- ▲ Verificar a presença ou não de subsunções relevantes ao ensino de Óptica;

b) Objetivos Específicos:

- ▲ Verificar de modo parcial, a presença ou não de subsunções sobre reflexão regular e difusa da luz e suas implicações;
- ▲ Verificar de modo parcial, a presença ou não de subsunções sobre refração da luz e suas implicações;
- ▲ Verificar de modo parcial, a presença ou não de subsunções sobre difusão da luz, cores dos corpos e dispersão da luz branca da luz e suas implicações;
- ▲ Verificar de modo parcial, a presença ou não de subsunções sobre ondas eletromagnéticas
- ▲ Verificar de modo parcial, a presença ou não de subsunções sobre difração e interferência da luz.

c) Recomendações sobre a construção do Pré-Teste e Pós-Teste

O teste deve conter questões tais que obedecem alguns critérios importantes, tais como:

- ▲ Número de questões reduzidas,
- ▲ O número de alternativas reduzidas, no máximo três; ideal seriam duas alternativas;
- ▲ Explore construções de alternativas contendo questões verdadeiras ou falsas, ou simplesmente questões objetivas de marcar x;
- ▲ Imagens claras e com boa resolução;
- ▲ Texto das questões objetivas, aspectos denotativos devem ser respeitados;
- ▲ O aluno não precisa se identificar.

6.2 Tema da Aula 02 - Introdução à Óptica Geométrica

I) Duração: 100 min

II) Quantidade de Aulas: 02 h/a

III) Objetivos

a) Geral

▲ Utilizar, compreender e operar os conceitos básicos necessários, para caracterizar o universo da Óptica Geométrica, através de demonstrações de aspectos visuais de determinados fenômenos descritos pela teoria.

b) Objetivos Específicos:

▲ Observar, comprovar e investigar, como um raio de luz se propaga em meios materiais, sólidos e líquidos;

▲ Caracterizar, observar e definir fontes de luz pontuais e extensas;

▲ Caracterizar, observar e definir: corpos luminosos e iluminados;

▲ Observar e descrever feixes de luz, paralelos e divergentes

▲ Discriminar e caracterizar os principais meios de propagação da luz, opacos, transparentes e translúcidos;

IV) Conteúdos

▲ Definição da Óptica Geométrica

▲ Aspectos históricos

▲ Conceitos Fundamentais: raios e feixes luminosos, velocidade da luz, meios de propagação, fontes primárias e secundárias, corpos luminosos e iluminados.

V) Sugestão de Problematização

▲ Qual seria a melhor direção em que a luz se propaga no ar e na água?

▲ O que a Óptica Geométrica é capaz de explicar?

▲ Para a Óptica Geométrica, a natureza da luz é importante?

▲ Quais fenômenos podemos compreender com uso de Óptica Geométrica?

▲ A luz tem velocidade finita ou infinita?

▲ A luz transporta matéria do meio?

▲ A luz sempre anda em linha reta?

▲ Um corpo pode emitir luz? Cite um exemplo.

▲ A reflexão é um aspecto importante para percebermos os corpos que nos rodeiam?

VI) Sugestões e Orientações para as Demonstrações Experimentais

a) Materiais das Práticas para Aula 02

Tabela 6- Materiais das Práticas para Aula 02

Quant	Especificação
01	Fonte Laser de Rubi
01	Lanterna Comum
01	Recipiente retangular ou cilíndrico de plástico
01	Um frasco aerossol (spray) de desodorante sem perfume
01	Prisma de Vidro de 4 mm de Espessura
01	Lâmina de Faces Paralelas de 4mm (4x15) cm
03	Placa de Vidro Translúcido de 4 mm (20x20)cm
01	Espelho Plano (20x20) cm de 4 mm
01	Placa de Vidro Transparente (25x25) cm de 5 mm
01	Água
01	Óleo Vegetal
01	Bastão de Silicone 20 cm

Fonte: Próprio autor

b) Procedimentos para as Demonstrações Experimentais

- ▲ Faça provocações antes durante e após as demonstrações;
- ▲ Com o Laser, demonstre como os raios de se propagam em vários meios, e procure procedimentos que possam sempre materializar os raios, quando no ar, vidro, na água, no prisma, no bastão de silicone, para isso é importante o uso do frasco de desodorante (spray). Comente com os alunos o observado;
- ▲ Demonstre e comente rapidamente os fenômenos de: propagação, reflexão, refração, formação de imagens, guiamento de ondas. Deixe claro que estes fenômenos serão estudados com maiores detalhes em aulas posteriores;
- ▲ Explore os conceitos primitivos de retas e feixes de luz através das demonstrações;
- ▲ Fontes extensas sempre produzem sombra e se fossem pontuais?
- ▲ Faça provocações antes durante e após as demonstrações;

c) Realize as demonstrações experimentais abaixo, descrevendo, discutindo e problematizando o antes, o durante e o depois.

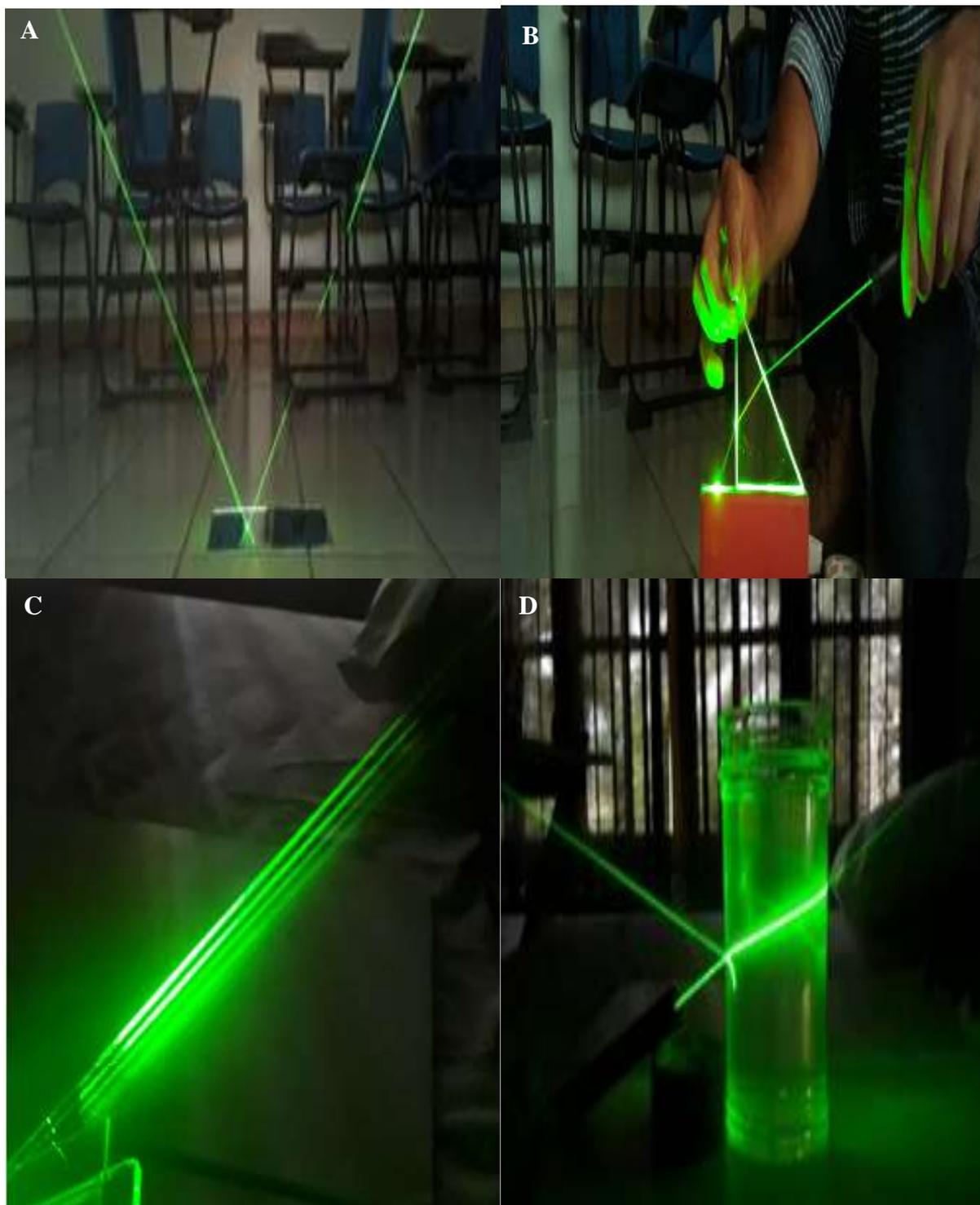


Figura 41- Propagação Reta dos Raios A) Raio no Ar B) Raio de Luz dentro do Prisma C) Feixe Paralelo de Raios D) Raio de Luz dentro do Óleo

Fonte: Próprio autor

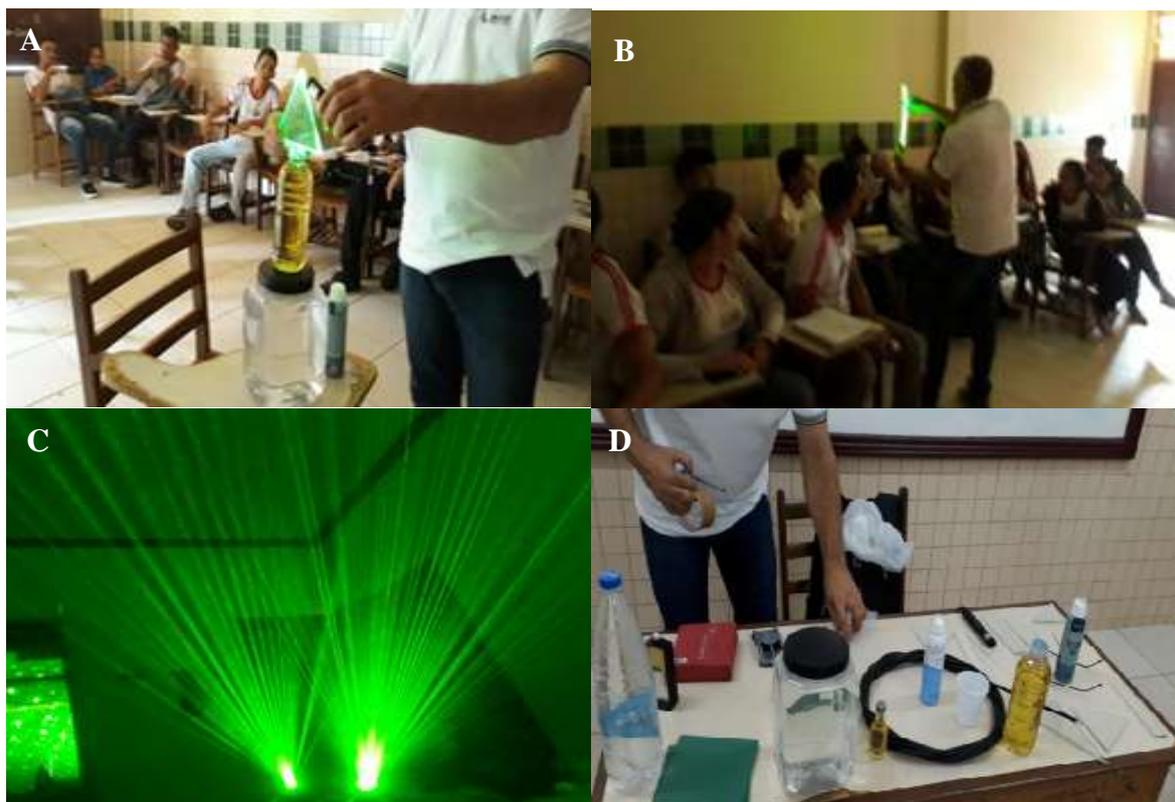


Figura 42- Propagação dos Raios. A) Meio Homogêneo B) Bastão Trasnslúcido C) Feixes Divergentes
D) Materiais do Kit Fonte: Próprio autor

6.3 Tema da Aula 03: Princípios da Óptica Geométrica e Meios de Propagação da Luz

I) Duração: 100 min

II) Quantidade de Aulas: 02

III) Objetivos

a) Geral

- ▲ Compreender, descrever e aplicar corretamente os três princípios básicos usados em Ótica Geométrica e caracterizar meios de propagação da luz.

b) Objetivos Específicos

- ▲ Observar, comprovar, aplicar o Princípio de Propagação Retilínea da Luz;
- ▲ Observar, comprovar e aplicar o Princípio de Reversibilidade do Raio de Luz;
- ▲ Observar, comprovar e aplicar o Princípio de Independência do Raio de Luz.
- ▲ Caracterizar meios opacos, transparentes e translúcidos.
- ▲ Descrever corretamente os fenômenos de eclipses e sombras.

IV) Conteúdos

- a) Princípio da Propagação Retilínea da Luz;
- b) Princípio da Independência dos Raios de Luz;
- c) Princípio da Reversibilidade dos Raios de Luz.
- d) Meios de Propagação da Luz

V) Sugestão de Problematização

- ▲ Como a luz se propaga nos meios físicos homogêneos transparentes e isotrópicos?
- ▲ Dentro do cabo de fibra óptico enrolado a luz se propaga em linha reta?
- ▲ A luz só se propaga em linha reta?
- ▲ O que ocorre quando dois ou mais raios se cruzam num mesmo plano?
- ▲ Duas pessoas podem se observarem através de um mesmo espelho?
- ▲ Em um meio translúcido a luz se propaga em linha reta?
- ▲ O ar pode ser sempre considerado um meio transparente e homogêneo?
- ▲ O que ocorre quando dois ou mais raios se cruzarem em um ponto? Mudam de direção? Se anulam?
- ▲ O aspecto retilíneo da propagação da luz pode ser usado para explicarmos a formação de sombras e eclipses?

VI) Orientações e Sugestões para as Intervenções Experimentais

- ▲ Materiais das Práticas para Aula 03

Tabela 7-Materiais das Práticas para Aula 03

Quant	Especificação
01	Fonte Laser de Rubi
01	Recipiente retangular ou cilíndrico de vidro transparente com água
01	Um frasco aerossol (spray) de desodorante sem perfume
01	Prisma de Vidro
01	Placa de Espelho Plano (20x20)cm de 4mm
02	Placa de Vidro de Lâmina de Faces Paralelas (4x15)cm de 4mm
01	Água
01	Óleo Vegetal
01	Bastão de Silicone
01	2 m de cabo de fibra óptica
01	Placa de Vidro Translúcido (20x20)cm de 4 mm
01	Placa de Vidro Transparente (20x20)cm de 4 mm

Fonte: Próprio autor

b) Procedimentos para as Intervenções Experimentais Demonstrativas

- ▲ Faça provocações antes durante e após as demonstrações;
- ▲ Com o Laser demonstre como os raios de se propagam em vários meios, e procure âmbitos que possam sempre materializar os raios, quando no ar, vidro, na água, no prisma, no bastão de silicone.
- ▲ Utilize o Princípio de Propagação nas situações acima;
- ▲ Insira a luz do laser numa das extremidades do cabo de fibra ótico esticado e enrolado. Peça ajuda dos alunos; Comente o resultado;
- ▲ Faça dois raios se cruzarem num mesmo plano, no ar, dentro da água e dentro de alguns sólidos. Comente o resultado. O princípio da propagação retilínea foi respeitado? O princípio da Independência foi respeitado?
- ▲ Com um mesmo espelho peça para dois alunos se auto observarem. Comente o resultado. Peça para explicarem o que aconteceu usando os princípios da reversibilidade e propagação retilínea da luz.

c) Realize as demonstrações experimentais abaixo



Figura 43- Princípios da Ótica Geométrica A) Propagação Retilínea B) Propagação Retilínea C) Reversibilidade dos Raios D) Luz em Meio Não Homogêneo

Fonte: Próprio autor

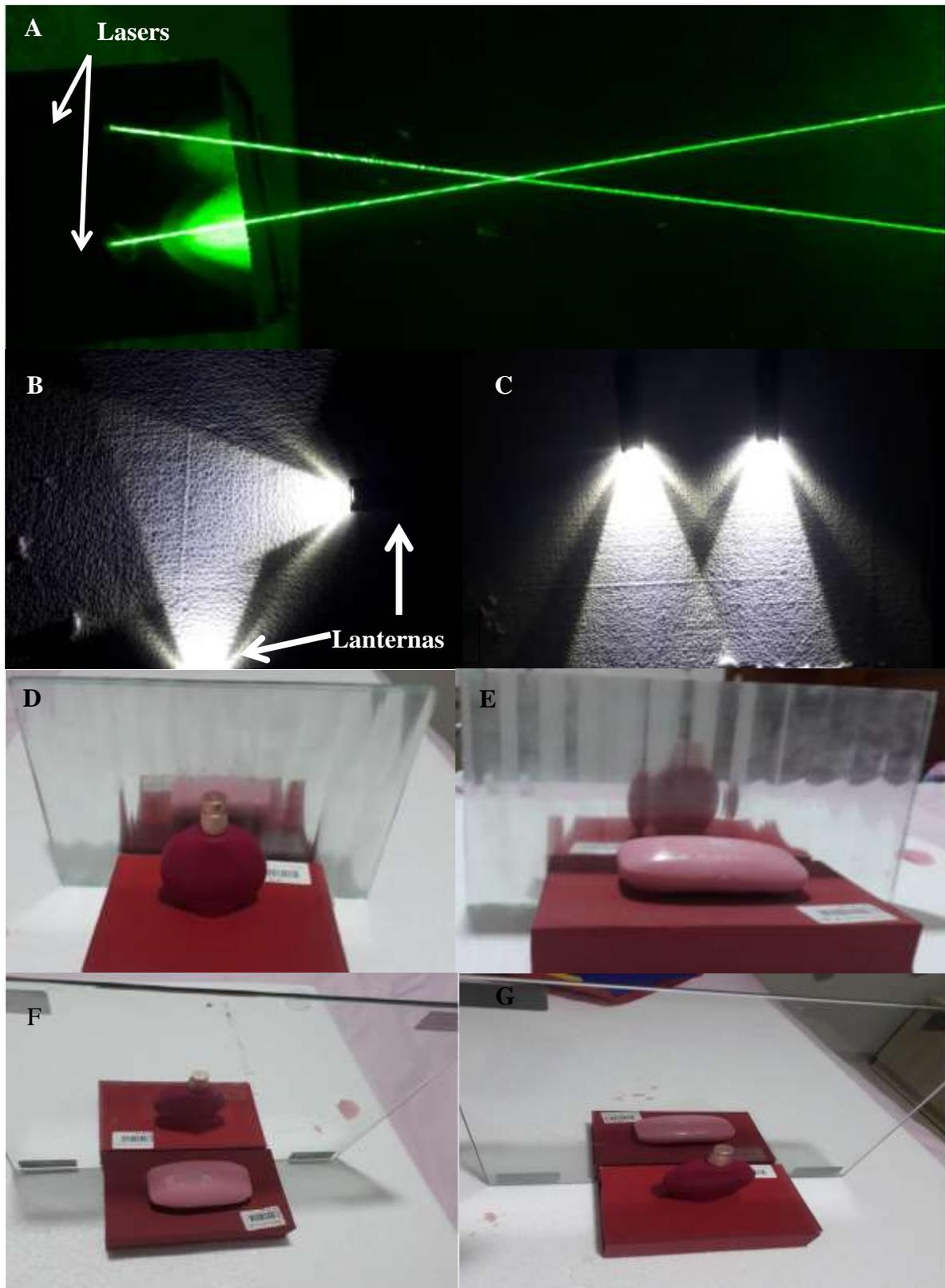


Figura 44- Princípios da Óptica Geométrica e Meios de Propagação A) Feixes Independentes B) Feixes Independentes C) Raios Independentes D) Meios Translúcidos E) Meios Translúcidos F) Meios Transparentes G) Meios Transparentes

Fonte: Próprio autor

6.4 Tema da Aula 04. Reflexão e Formação de Imagens

I) Duração: 150 min

II) Quantidades de Aulas: 03

III) Objetivos

a) Geral

- ▲ Observar como os raios de luz se comportam ao incidirem em espelhos planos ou superfícies planas, lisas refletoras e suas consequências para a formação de imagens virtuais;

b) Objetivos Específicos

- ▲ Explorar, observar, comprovar e aplicar as Leis da Reflexão Regular em Espelhos Planos;
- ▲ Observar, discutir, analisar aspectos da reflexão regular nas superfícies de lâminas de vidro transparentes, superfícies internas e externas de prismas, lâminas de água e em superfícies contendo óleo vegetal.
- ▲ Discutir e compreender o aspecto da reversão das imagens conjugadas por espelhos planos;
- ▲ Explorar aspectos das dimensões físicas envolvidas no processo de formação de imagem em espelhos planos, tais como altura da imagem, posição da imagem

IV) Conteúdos

- ▲ Leis da Reflexão Regular e Formação de Imagens
- ▲ Formação de Imagens por 1 e por 2 Espelhos Planos em Repouso
- ▲ Enantiomorfismo

V) Sugestão de Problematização

- Como podemos observar os objetos que encontramos no dia-dia?
- A deve ser refletida ou absorvida pelos corpos?
- Existe reflexão perfeita?

- A reflexão com formação de imagens só ocorre em espelhos planos?
- Os ângulos de incidência e reflexão serão iguais se o espelho for esférico?
- Como é construído um espelho plano simples? Como o que temos em nossos banheiros?
- Uma imagem virtual pode ser projetada num anteparo?
- As palavras escritas num papel podem mudar quando, observadas com um espelho plano?
- O que acontece com a direção do raio de luz após a reflexão?
- Onde está a imagem formada por um espelho plano?
- Você conhece alguma aplicação tecnológica da reflexão regular da luz?

VI) Sugestões e Orientações para as Intervenções Experimentais Demonstrativas

a) Materiais das Práticas da Aula 04:

Tabela 8 – Materiais das Práticas da Aula 04

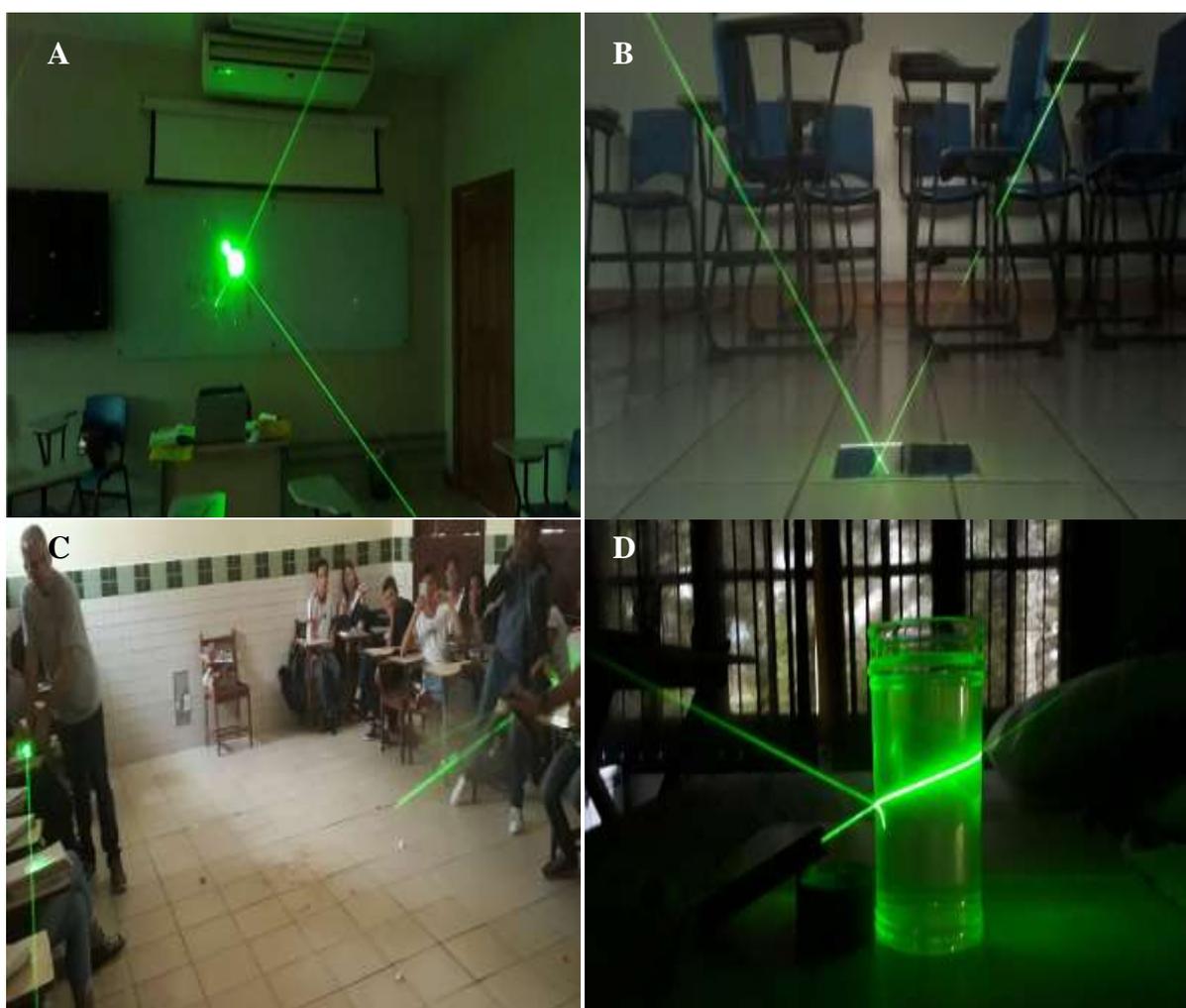
Quant	Especificação
01	Fonte Laser de Rubi
01	Recipiente retangular ou cilíndrico de plástico transparente com água
01	Um frasco aerossol (spray) de desodorante sem perfume
01	Prisma de Vidro
02	Espelhos Planos
01	Lâmina de Faces Paralelas
01	Água
01	Óleo Vegetal
01	Transferidor

Fonte: Próprio autor

b) Procedimentos para as Demonstrações Experimentais

- ▲ Faça provocações antes, durante e depois das demonstrações;
- ▲ Com o Laser e um espelho plano, demonstre, explore e comprove a Primeira Lei e Segunda Lei da Reflexão. Utilize o spray de desodorante para melhor visualizar/materializar os raios incidentes e refletidos, use uma folha de papel sulfite ou mesmo o quadro branco da sala e um espelho plano. O espelho/quadro deve ficar perpendicular ao espelho. Incida o raio do Laser. Anote, discuta e comprove o observado;
- ▲ Observe e discuta com os alunos as regularidades entre os ângulos de reflexão e incidência;
- ▲ Procure com o auxílio de um transferidor realizar medidas aproximadas dos ângulos de incidência e reflexão, faça isso de modo que um número grande de alunos possa observar, para isso peça ou solicite a participação dos mesmos;

- ▲ Observe a reflexão regular nas superfícies internas e externas das lâminas de faces paralelas. Problematize e discuta com os alunos a validade das leis da reflexão e os princípios da óptica geométrica;
 - ▲ Com um objeto posicionado na frente de um espelho plano, discuta o conceito de imagem virtual, posição da imagem, velocidade de aproximação e afastamento;
 - ▲ Explore os aspectos de reversão das imagens conjugadas, escrevas palavras reversas e observe as imagens formadas;
 - ▲ Peça pra um aluno se posicionar defronte ao espelho e levantar o braço direito e pergunte ao mesmo qual braço de sua imagem foi levantado;
 - ▲ Aproxime e afaste o objeto do espelho. Observe o que acontece. Discuta e comente com os alunos;
- c) Realize as demonstrações experimentais abaixo;



.Figura 45- Leis da Reflexão da Luz A) Reflexão Regular em Vidro Liso Transparente B) Reflexão Regular em Espelho Plano C) Reflexão Regular Múltiplas em Espelhos D) Reflexão Regular em Superfícies Curvas

Fonte: Próprio autor

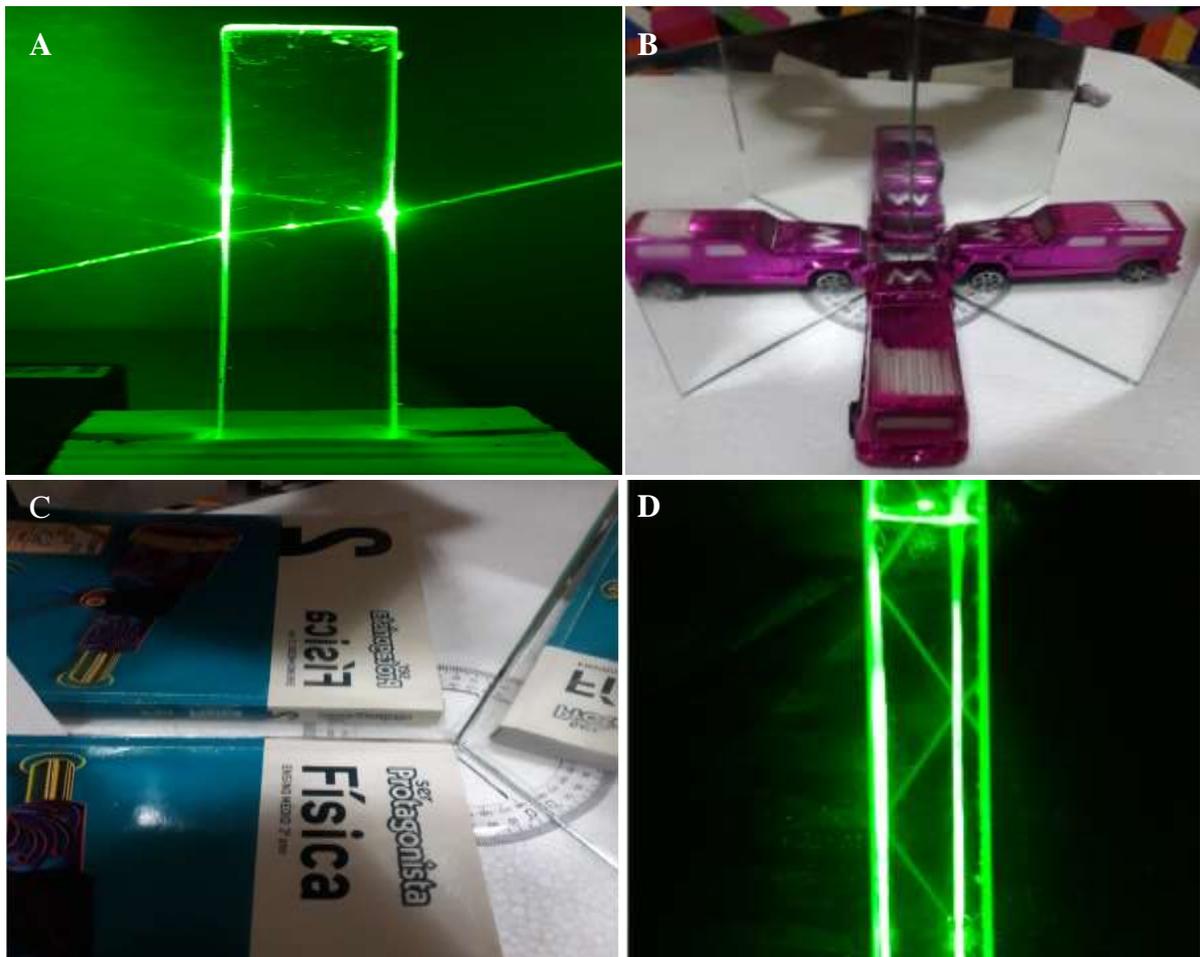


Figura 46- Leis da Reflexão A) Reflexão Regular Interna e Externa em Lâmina de Faces Paralelas B) Imagens Formadas por Dois Espelhos C) Enantiomorfismo D) Reflexão Interna Total em Lâmina de 15 mm

Fonte: Próprio autor

6.5 Tema da Aula 05. A Dispersão da Luz e a Cor de Um Corpo

I) Duração: 100 min

II) Quantidade de Aulas: 02

III) Objetivos

a) Geral

- ▲ Caracterizar a cor dos corpos em função da cor da luz refletida /absorvida;
- ▲ Discutir a composição espectral da luz branca.

d) Objetivos Específicos

- ▲ Conceituar fenômenos de absorção e reflexão em superfícies coloridas;
- ▲ Explicar a cor dos corpos em função da cor refletida pelo mesmo;

- ▲ Conceituar luz monocromática e policromática;
- ▲ Descrever o espectro visível;

IV) Conteúdo

- ▲ Luz Policromática e Monocromática;
- ▲ Espectro Visível e Dispersão da Luz Branca;
- ▲ A Cor de um corpo por Reflexão;
- ▲ Absorção e Reflexão do Espectro Visível.

V) Sugestão de Problematização

- ▲ A luz branca pode ser composta de outras cores? Quais?
- ▲ Que tipos de fenômeno(s) ocorre(m) quando a luz da lanterna encontra um CD ou DVD?
- ▲ Existe alguma semelhança entre o espectro observado e o arco-íris?
- ▲ Por que a luz verde do laser não sofre dispersão quando incide no CD ou DVD ou mesmo um prisma?
- ▲ Que tipo de fenômeno(s) ocorre(m), quando a luz verde do laser incide no CD ou DVD?
- ▲ Em que tipo de situações podemos observar a decomposição da luz branca?
- ▲ A luz do laser pode ser decomposta em outras cores?
- ▲ Um corpo pode mudar de cor?
- ▲ Por que uma camiseta preta se aquece mais que uma de cor branca?
- ▲ Uma camiseta verde absorve quais cores do espectro visível? E qual (is) pode(m) refletir?
- ▲ O disco de Newton pode servir para demonstrar que a luz branca pode ser formada de outras cores?

VI) Orientações e Sugestões para as Intervenções Experimentais Demonstrativas

a) Materiais das Práticas para a aula 05

Materiais das Práticas para a aula 05

Quant	Especificação
01	Fonte Laser de Rubi
01	Cartolina Branca, Vermelha, Preta, Verde.
01	Disco de Newton
01	Lanterna Comum
01	CD/DVD Comum /Usado

Fonte: Próprio autor

b) Procedimentos para as Demonstrações Experimentais

- ▲ Apague as luzes da sala de aula;
- ▲ Faça provocações, antes durante e após as demonstrações;
- ▲ Incida a luz da lanterna no DVD/CD, de maneira que se consiga projetar no quadro branco ou verde, um padrão retangular ou semicircular de dispersão com boa resolução.
- ▲ Destaque com os alunos as principais cores. Anote a ordem das cores. Compare com a ordem do espectro visível do livro.
- ▲ Tente um espectro com pelo menos 4 cores bem nítidas;
- ▲ Solicite aos alunos que indiquem quais cores tem mais energia e frequência em ordem crescente.
- ▲ Peça aos alunos para pesquisarem no livro texto, ou outra fonte, o espectro visível da luz, e destaque os valores máximos e mínimos de comprimento de onda e frequência;
- ▲ Incida a luz do laser no DVD/CD, varie o ângulo de incidência. Anote o observado. Justifique/explique pra os alunos que ocorreu.
- ▲ Incida a luz da lanterna nas cartolinas branca, verde, azul e amarela. Observe e discuta com os alunos o que ocorreu. Houve absorção/reflexão?
- ▲ Projete um raio do laser paralelo ao plano das cartolinas branca, verde, azul e amarela. Observe e anote a cor percebida da cartolina. Observe e discuta com os alunos o que ocorreu. Houve absorção/reflexão?
- ▲ Construa em sala um disco de Newton. Gire o mesmo e comente com os alunos o que ocorreu. Para isso peça aos alunos que levem CD ou DVD usados para sala e cartolinas com as cores do espectro visível da luz;
- ▲ Priorize a produção do espectro de dispersão com o CD.

a) Com os materiais do kit faça as demonstrações abaixo

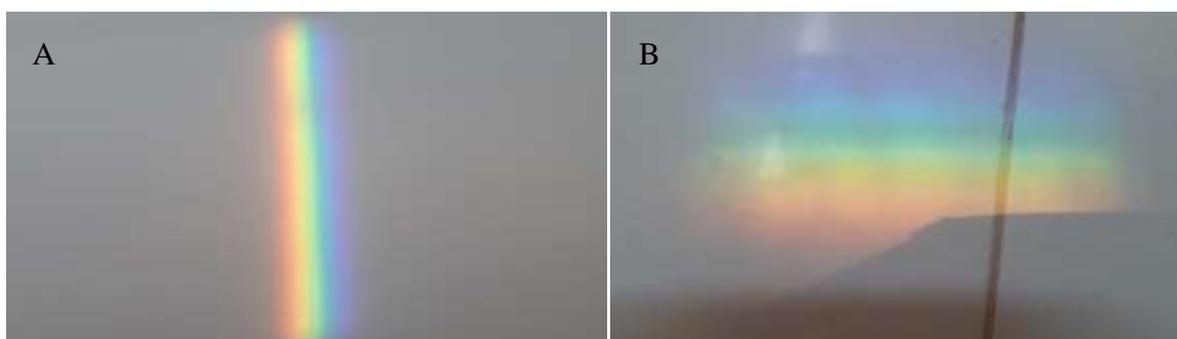


Figura 47-Dispersão da Luz Solar A) Espectro de Dispersão em Vidro B) Espectro de Dispersão em Vidro

Fonte: Próprio Autor

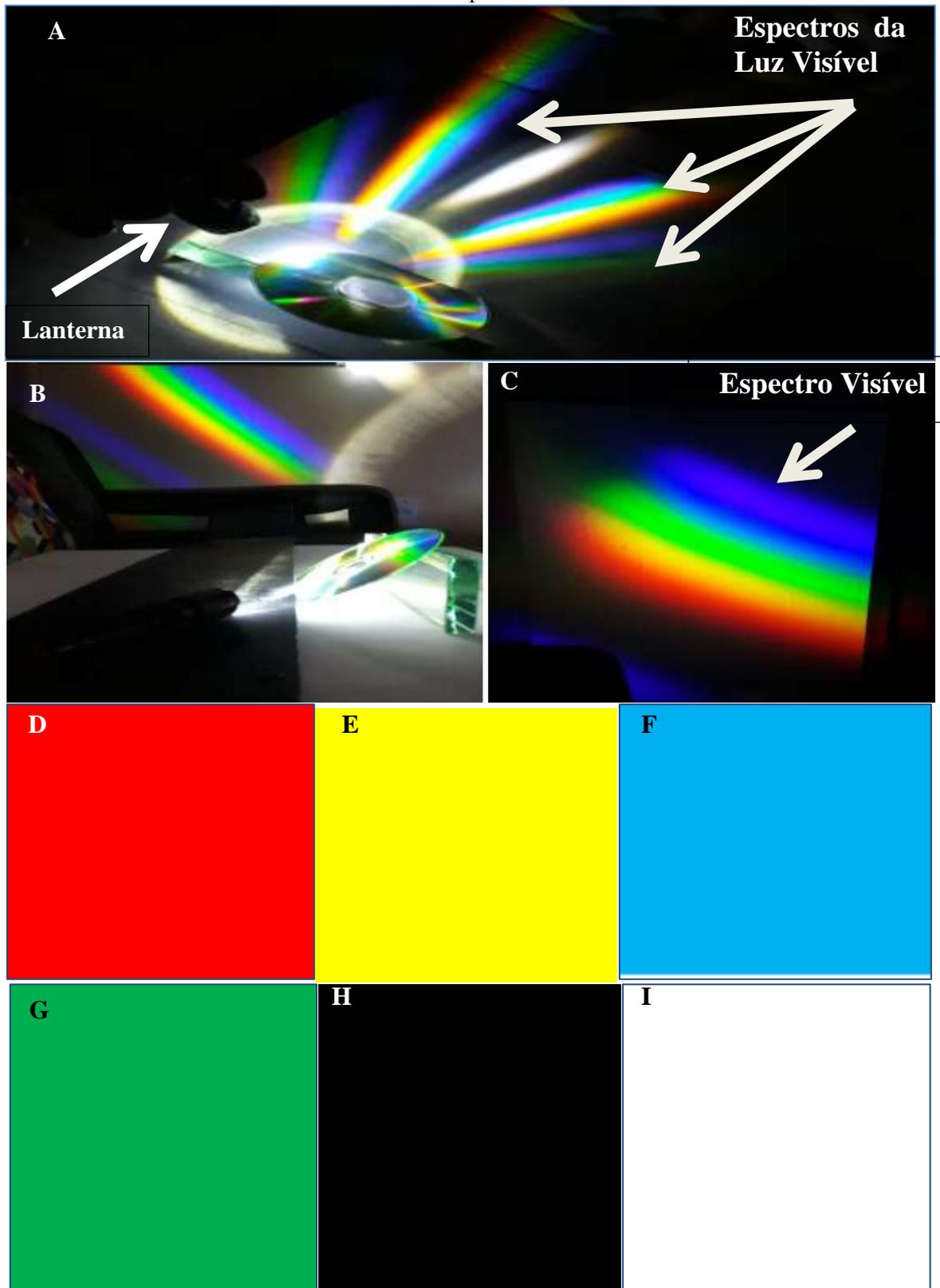


Figura 48- Dispersão da Luz Branca e Cor dos Corpos. A) Projeção de Vários Espectros de Dispersão em CDR B) Projeção de Espectro de Dispersão C) Dispersão da Luz Branca D) Cartão Vermelho para Estudo de Cores E) Cartão Amarelo para Estudo de Cores F) Cartão Azul para Estudo de Cor G) Cartão Verde para Estudo de Cores H) Cartão Preto para Estudo de Cor I) Cartão Branco para Estudo de Cores.

Fonte: Próprio autor

6.6 Tema da Aula 06: Refração da Luz e Reflexão Interna Total

I) Duração da aula: 100 min

II) Quantidade de aulas: 02 aulas

III) Objetivos

a) Geral

Caracterizar e definir o fenômeno em meios refringentes, enfatizando seus aspectos principais e discutir algumas consequências e implicações como formação de imagens e reflexão interna total.

b) Específicos

- ▲ Discutir e caracterizar índice de refração absoluto para meios sólidos e líquidos;
- ▲ Observar e caracterizar refração com e sem desvio;
- ▲ Verificar e aplicar a lei de Snell-Descartes em meios líquidos
- ▲ Discutir e observar a mudança de posição dos corpos em função da refração;
- ▲ Discutir, observar e compreender o fenômeno da reflexão interna total, em um meio líquido, sólido e em um cabo de fibra ótica;

IV) Conteúdo:

a) Índice de Refração Absoluto

b) Refração da luz em Sólidos e Líquidos

c) Leis da Refração: Lei de Snell Descartes

d) Reflexão Interna Total e Fibra Óptica

e) Imagem por Refração

V) Sugestão de Problematização

- ▲ Você conhece alguma aplicação prática da refração?
- ▲ A refração é importante para a visão dos objetos?
- ▲ O que acontece com a velocidade da luz quando se refrata?
- ▲ Podemos observar o Sol ou a Lua após se “pôr”, ou antes, de “nascer”?
- ▲ As estrelas observadas todos no céu estão realmente nas posições percebidas

- ▲ A posição dos objetos imersos em água é real ou aparente?
- ▲ Pode um prisma funcionar como um espelho?
- ▲ É possível confinarmos a luz dentro da água ou dentro de um cabo de fibra ótica?
- ▲ Um raio de luz sofre refração quando atinge nosso olho?
- ▲ Um corpo pode se tornar invisível dentro de um líquido?

VI) Orientações e Sugestões para as Intervenções Experimentais Demonstrativas

a) Materiais das Práticas para a aula 06

Tabela 10-Materiais das Práticas para a aula 06

Quant	Especificação
01	Fonte Laser de Rubi
01	Recipiente retangular ou cilíndrico de plástico transparente com água
01	Um frasco aerossol (spray) de desodorante sem perfume
01	Prisma de Vidro de 4 mm de espessura
01	Forma de vidro refratário
02	Lâminas de Faces Paralelas de 4 mm e 15 mm de espessura
01	Cabo de Fibra Óptica Mono Modo (4m)
01	Óleo Vegetal
01	Barra de Sabão/Sabonete
01	Transferidor
01	Bastão de Silicone Transparente/Translúcido

Fonte: Próprio autor

b) Procedimentos

- ▲ Faça provocações antes, durante e após as demonstrações;
- ▲ Com o Laser de Rubi, explore em uma lâmina de faces paralelas, aspectos visíveis da refração, para isso incida o raio do laser em ângulos variados e explore a refração com desvio e sem desvio. Observe e comente com os alunos;
- ▲ Varie o ângulo de incidência e comente com os alunos o observado;
- ▲ Procure com o auxílio de um transferidor realizar medidas dos ângulos de incidência e refração em uma lâmina de faces paralelas;
- ▲ Incida o raio do laser em ângulo variados e peça aos alunos para observarem na outra extremidade a chegada da luz. Explore aspectos sobre o ângulo de incidência, ângulo

limite e ângulo crítico.

- ▲ Explore com os alunos aspectos relevantes da reflexão interna total na água, em óleo, em prisma e nas lâminas de faces paralelas de 4 mm e 15 mm. Comente com os alunos a possibilidade de confinar a luz dentro de um determinado meio mediante a reflexão interna total;
 - ▲ Explore características da formação de imagens por refração para objetos imersos em água. Discuta com os alunos aspectos da posição real e aparente dos corpos/objetos imersos em líquidos.
- c) Realize as demonstrações abaixo

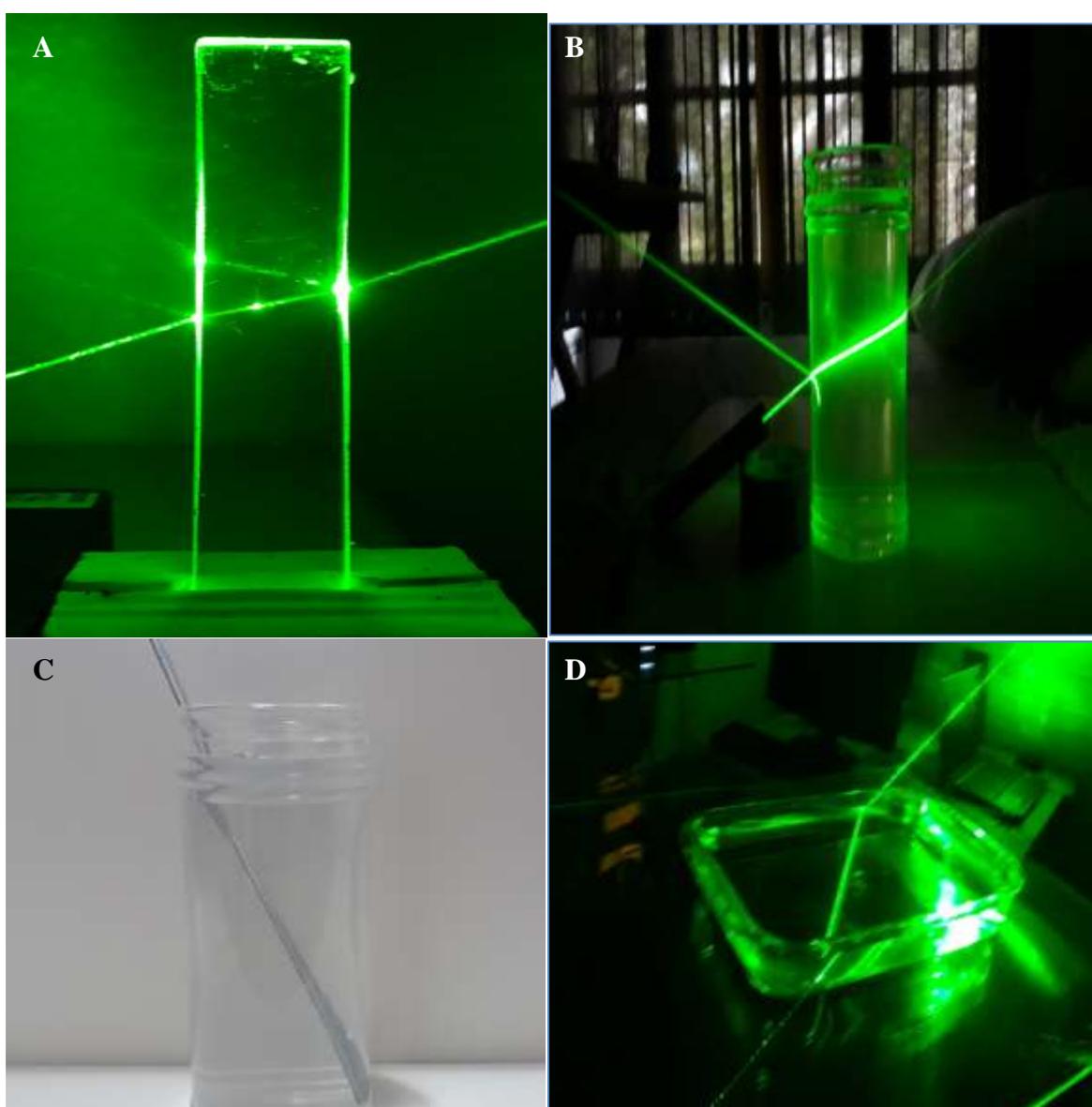


Figura 48- Leis da Refração. A) Refração em Duas Faces B) Refração em Líquidos C) Imagem por Refração D) Refração e Desvio Lateral

Fonte: Próprio autor

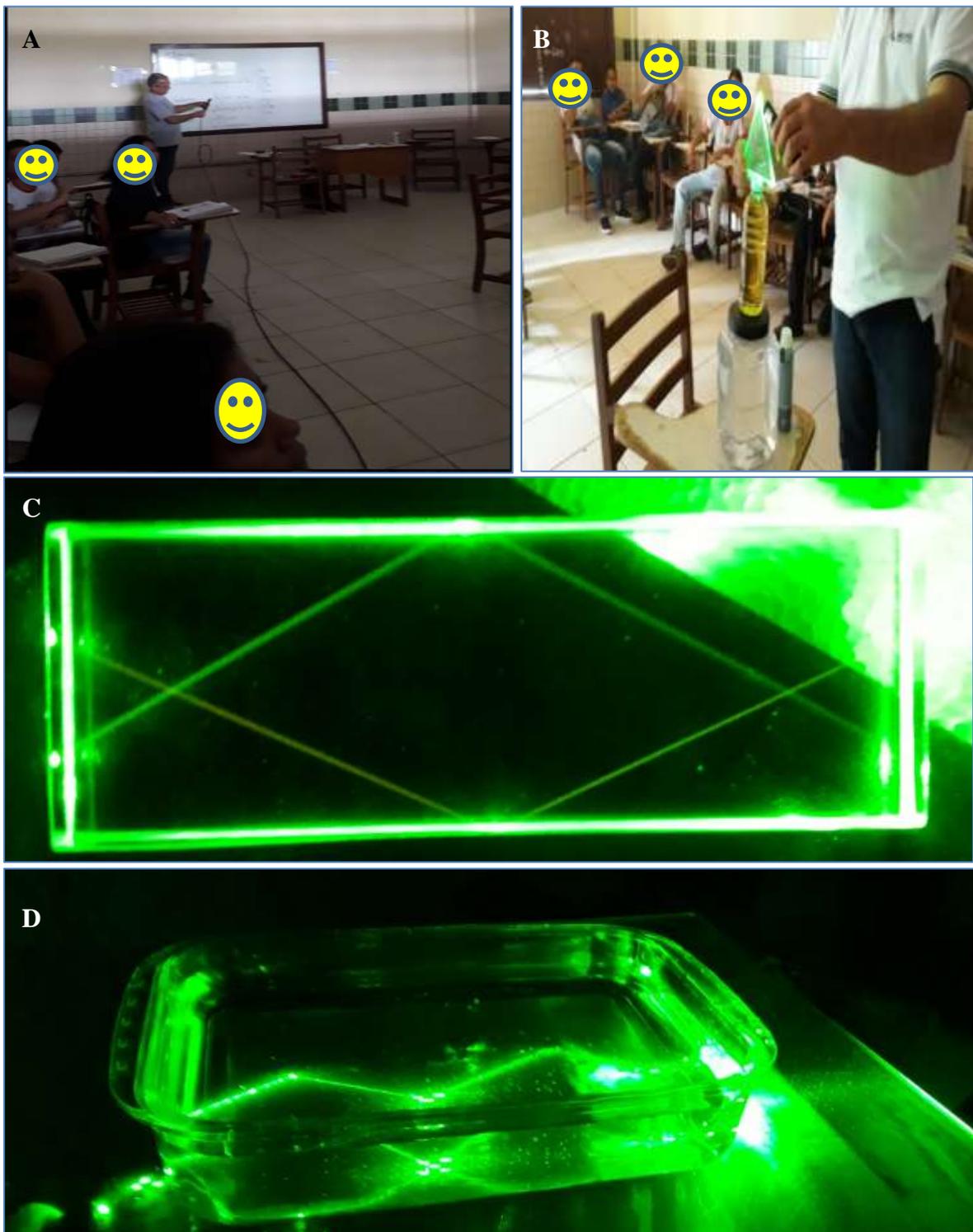


Figura 44- Leis da Refração A) Refração e Reflexão Total em Fibra Ótica B) Refração e Reflexão Total em Meios Líquidos e Sólidos C) Reflexão Interna Total em Lâmina de Faces Paralelas de 15 mm D) Reflexão Interna Total em Água

Fonte: Próprio autor

6.7 Tema da Aula 07: Ótica Física : Conceitos e Fundamentos

I) Duração da Aula: 100 min

II) Quantidade de Aulas: 02

III) Objetivos

a) Geral

▲ Caracterizar e definir ondas mecânicas e eletromagnéticas, e discutir os conceitos fundamentais como velocidade, propagação e difração de frente de ondas na superfície de um líquido.

b) Específico

- ▲ Definir e discutir conceitos sobre ondas, velocidade de propagação, comprimento de onda; e frequência;
- ▲ Definir e discutir o conceito de frentes de ondas;
- ▲ Estudar e observar a propagação de frentes de ondas mecânicas circulares na superfície da água;
- ▲ Caracterizar, definir e observar, o fenômeno da difração de frentes de ondas mecânicas circulares na água;
- ▲ Introduzir o conceito de ondas eletromagnéticas, com suas características e fundamentos;
- ▲ Realizar uma microscopia a laser de água, com organismos presentes;

IV) Conteúdo

- ▲ Ondas: Classificação, Conceitos e Fundamentos;
- ▲ Frentes de Ondas na Superfície da Água;
- ▲ Difração de Ondas na Água;
- ▲ Ondas Eletromagnéticas: Microscopia a Laser em Água

V) Sugestão de Problematização

- ▲ O que é uma onda? Como é produzida? Que tipo de ondas você conhece? O que elas transportam?
- ▲ Pode uma onda transportar matéria do meio?
- ▲ Toda onda precisa de meio para se propagar?
- ▲ A luz pode ser considerada uma onda eletromagnética?

- ▲ O que é uma frente de onda?
- ▲ O que acontece quando uma frente de onda circular, na água, encontra uma fenda ou obstáculo com pequena abertura?
- ▲ Uma onda pode contornar obstáculos?
- ▲ Ondas podem produzir imagens?

VI) Orientações e Sugestões para as Intervenções Experimentais Demonstrativas

a) Materiais das Práticas da Aula 07

Tabela 11- Materiais das Práticas da Aula 07

Quant	Especificação
01	Fonte Laser de Rubi
01	Forma Retangular de Vidro Refratário
01	Lanterna Comum
01	Tocos de Madeira
03	Seringa de Plástico 10 ml
01	Barra de Sabão
01	Placas de Madeira ou Plástico

Fonte: Próprio autor

b) Procedimentos

- ▲ Encha a forma de vidro com água
- ▲ Apoie a forma de vidro em dois pontos. Você pode usar duas cadeiras para isso.
- ▲ Acenda a lanterna e aproxime da forma. Você poderá projetar a imagem da forma da água no teto ou no piso da sala. Procure uma posição em a distância de projeção da imagem seja a maior possível. Isso facilita
- ▲ Com a lanterna acesa e projetando a imagem no teto ou no piso, com o seu dedo ou a ponta de um lápis, produza um ou dois pulsos na água. Peça aos alunos para observar e desenhar a forma da água após a perturbação.
- ▲ Comente o formato da frente de onda. Discuta o conceito de ondas e propagação.
- ▲ Repita várias vezes o procedimento e permita que os alunos possam observar as imagens das ondas projetadas;
- ▲ Coloque uma bolinha de isopor na água. Produza um pulso. Peça aos alunos para descrever o que acontece quando a onda passa pela bolinha. Comente com os alunos o aspecto da onda não transportar matéria;

- ▲ Coloque os tocos de madeira dentro da forma de vidro. Deixe um espaço de 2 cm aproximadamente. Produza a onda circular. Peça aos alunos para observarem o que acontece quando a onda passa pela abertura.
- ▲ Tente produzir imagens nítidas. Realize o procedimento de produzir ondas e mude/diminua a distância entre os tocos. Produza ondas e peça aos alunos para observarem o que ocorre quando a onda passa pela fenda. Explore o conceito da difração da frente de onda e explore a relação entre o comprimento de onda e a dimensão.
- ▲ Para a realização da microscopia a laser, peça aos alunos/providencie água para realizar a microscopia. Você pode usar água mineral, água da torneira e também água suja, de preferência que esteja contaminada com micro-organismos.
- ▲ Em uma seringa coloque água mineral, em outra água da torneira e por último, água contaminada.
- ▲ Deixe uma pequena gota ser formada na saída das seringas. De preferência bem esférica e pequena.
- ▲ Posicione o feixe do laser de modo que possa tangenciar a gota, e desta forma produzir e projetar uma imagem real na parede, quadro ou tela. Você verá micro-organismos em forma esférica, cilíndrica, aglomerados, organismos estáticos e em movimento frenético. Faça isso para as outras seringas;
- ▲ Planeje antecipadamente e se possível convide um professor de Biologia

c) Realize as demonstrações abaixo:

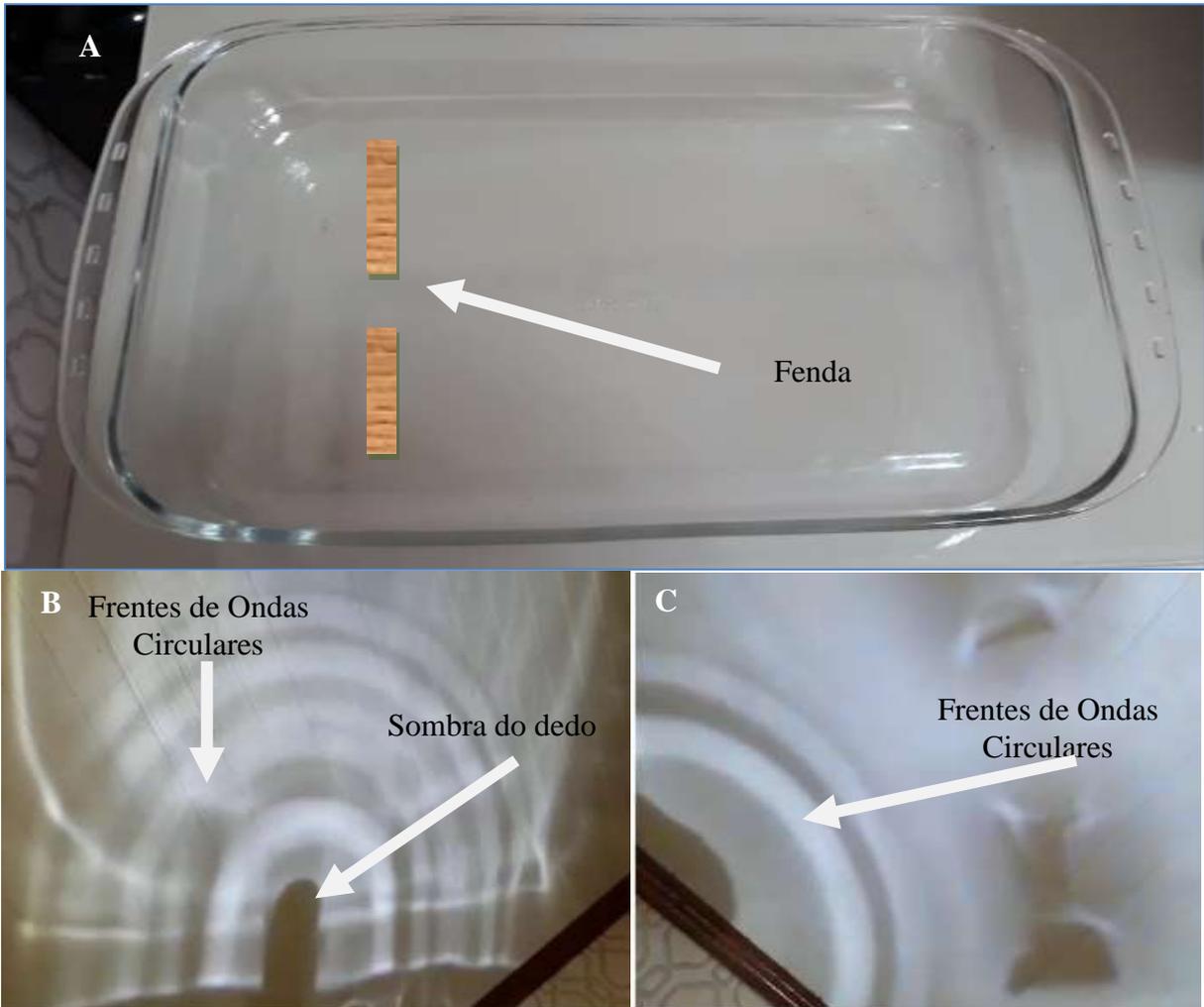
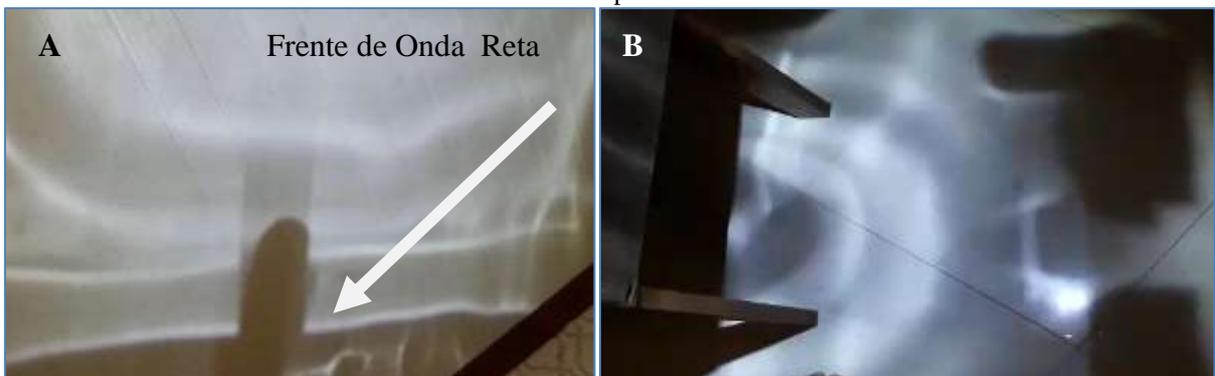


Figura 45 - Ondas e Frentes de Ondas Mecânica na Água A) Dispositivo para Estudo de Ondas e Frentes de Mecânicas B) Produção e Propagação de Frentes de Ondas Circulares C) Propagação de Frentes de Ondas Circulares.

Fonte: Próprio autor



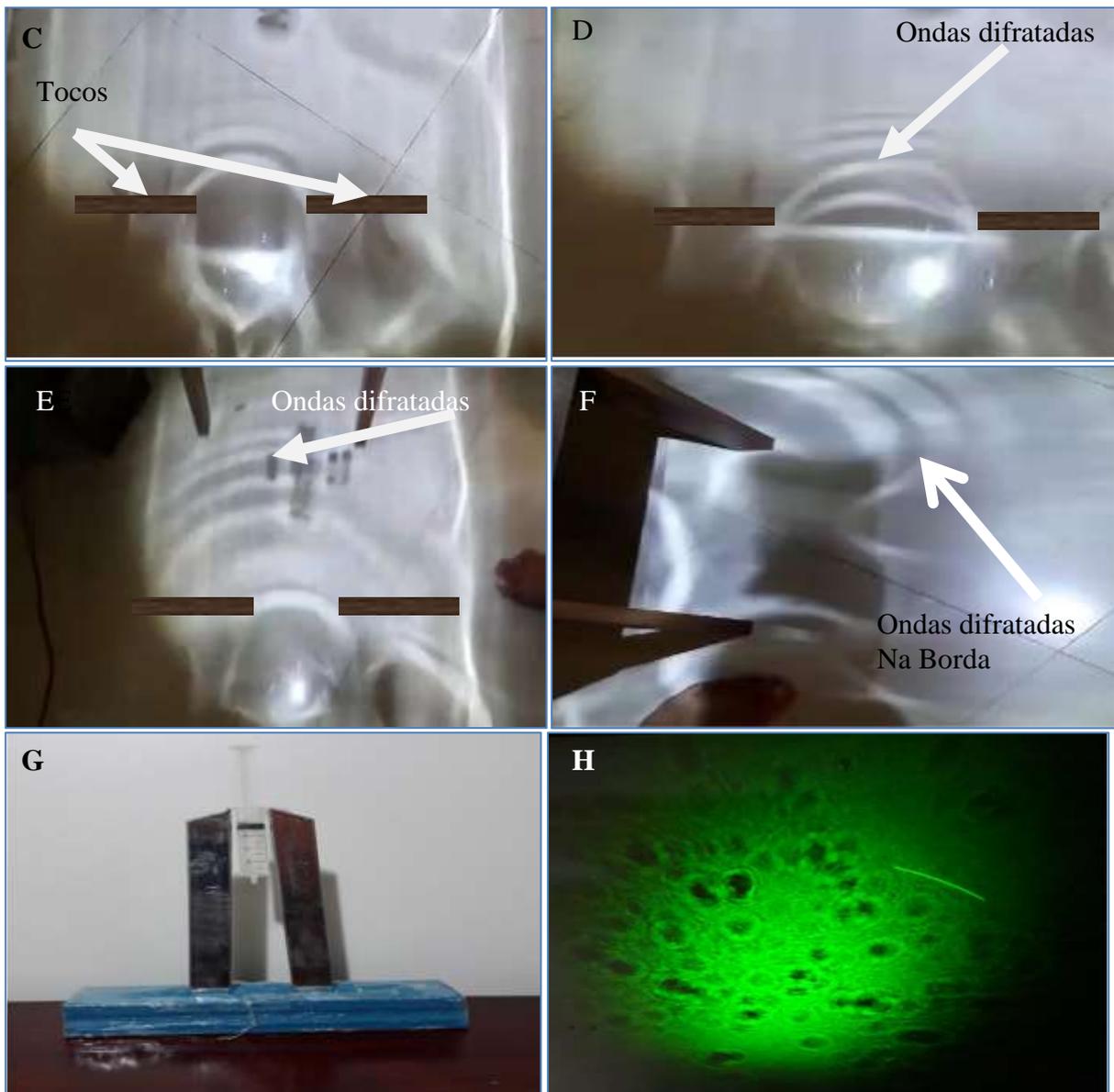


Figura 46- A) Propagação de Frentes de Ondas Retas B) Frentes de Ondas Circulares C) Difração de Ondas Circulares D) Difração de Ondas Circulares E) Difração de Ondas F) Difração na Borda da Fenda G) Dispositivo para Estudo da Microscopia H) Imagem da Microscopia

Fonte: Próprio autor

6.8 Tema da Aula 08: Difração da Luz

I) Duração: 100 min

II) Quantidade de Aulas:02

III) Objetivos:

a) Geral

▲ Discutir, observar e caracterizar, conceitualmente os fenômenos de difração da luz em fios, lâminas e placas, que possam justificar o aspecto ondulatório da luz e inferir sobre a

dificuldade em explicar tais fenômenos exclusivamente via Óptica Geométrica

▲ Apresentar o conceito de interferência de luz para explicar completamente as franjas formadas

b) Específicos

▲ Estudar e definir difração e interferência da luz, em nível conceitual, para obstáculos com dimensões próximas ao comprimento de onda da luz;

▲ Discutir, observar e reproduzir difração e interferência da luz em fios de cabelo, lâminas de barbear, placas e fendas estreitas construídas com placas e lâminas de barbear, destacando os máximos e mínimos de ordens diversas.

▲ Observar, discutir e diferenciar as difrações de Fresnel e Fraunhofer, em fios de cabelos e lâminas de barbear

IV) Conteúdos

Difração

V) Sugestão de Problematização

▲ Um raio de luz ao passar por uma fenda bem estreita ou fio e cabelo, pode mudar de direção, dependendo das dimensões da fenda ou fio?

▲ A luz, sendo uma onda eletromagnética, pode, dependendo do tamanho do obstáculo, contorná-lo?

▲ A luz sendo uma onda eletromagnética, além de poder contornar certos obstáculos, interagir com ela mesma e produzir numa região, luz mais intensa?

▲ A luz sendo uma onda eletromagnética, além de poder contornar certos obstáculos, interagir com ela mesma e produzir numa região, escuridão total ou parcial?

▲ Quando uma franja de difração é projetada num anteparo, o que representam as regiões brilhantes? Existe realmente luz localizada neste local? Existe energia distribuída neste local?

▲ Quando uma franja de difração é projetada num anteparo, o que representam as regiões escuras? Existe realmente luz localizada neste local? Existe energia distribuída neste local?

▲ Você consegue observar uma variação ou diminuição na intensidade da luz, quando se

afasta do centro brilhante?

- ▲ Existe certa periodicidade na disposição dos máximos e mínimos?
- ▲ O que será que acontece com a região de máximos, quando aumentamos a distâncias entre as lâminas? E se diminuirmos as distâncias?
- ▲ Fixando-se a distância entre o obstáculo e o anteparo/parede de projeção das franjas, podemos observar diferenças na forma das franjas, caso o laser esteja distante (1,0 m) ou muito próximo (0,2 cm) do obstáculo?

VI) Orientações e Sugestões para as Intervenções Experimentais Demonstrativas

a) Materiais das Práticas da Aula 07

Tabela 11-Materiais das Práticas da Aula 07

Quant	Especificação
01	Fonte Laser de Rubi
01	Caixa de Gilete de barbear
01	Fios de Cabelo
01	Caixa de Remédio Vazia
01	Barro de Sabão/sabonete
01	Placas de plástico retangular
01	Fita adesiva branca
01	Placas de Madeira ou Plástico

Fonte: Próprio autor

b) Procedimentos

- ▲ Com as placas de plástico monte o aparato para estudar a difração por fenda estreita e fio de cabelo. Lembre-se que será a mesma que foi usada para estudar a microscopia a laser da água.
- ▲ Incida o raio e mantenha as fendas a uns 3 metros da parede ou tela de projeção. Incida o raio com as fendas separadas comece com 1 cm e vá aproximando até ser formada a figura de difração. Procure manter o laser a 1 ou 0,5 metro de distância da fenda/fio de cabelo. O comprimento da onda é importante para que o fenômeno ocorra? Comente e discuta com os alunos o que ocorreu. A luz anda em linha reta neste caso?
- ▲ Explore com os alunos o porquê da formação das regiões brilhantes e escuras. Nomeie as regiões brilhantes e escuras, começando pelo centro brilhante.
- ▲ Explore os conceitos de interferência construtiva e destrutiva, parcial e total.
- ▲ Peça aos alunos para fotografar ou desenhar a figura formada nos cadernos.
- ▲ Com o mesmo aparato abra as placas e fixe um fio de cabelo perpendicular às placas. Peça

o fio de cabelo para um aluno. Pergunte aos mesmos qual é a espessura de um fio de cabelo. Pergunte aos alunos o que poderá acontecer após o raio do laser passar/incidir no fio?

▲ Com as caixinhas de remédios (8 unidades) e as giletes, monte várias fendas com espessuras diferentes, e produza vários padrões de difração e interferências.

▲ Peça aos alunos para fotografar ou desenhar nos cadernos as figura formadas.

▲ Comente e explore a resolução do padrão observado na parede. É melhor ou pior em relação ao padrão das placas?

▲ Coloque duas giletes na barra de sabão ou sabonete bem próximas, formando uma fenda em forma de V, incida o laser nas lâminas. Observe, explore e discuta com os alunos o que ocorre. Aproxime gradativamente as lâminas e explore com os alunos a relação aproximada entre a diminuição da abertura e o formato geométrico dos máximos.

▲ Tome cuidado para não produzir cortes nas mãos. O aluno não manipula as giletes.

▲ Repita os procedimentos acima, pelo menos um procedimento, pode ser o fio ou a gilete. Retire o colimador da extremidade do laser e deixe bem próximo do obstáculo (0,5 cm), por exemplo, incida o raio. Observe e comente com os alunos o novo padrão de imagem. Procure trabalhar o aspecto da distância da fonte, podendo estar longe ou perto.

▲ Com as caixinhas de remédios (8 unidades) e as giletes, monte várias fendas com espessuras diferentes, e produza vários padrões de difração e interferências.

c) Realize as demonstrações abaixo

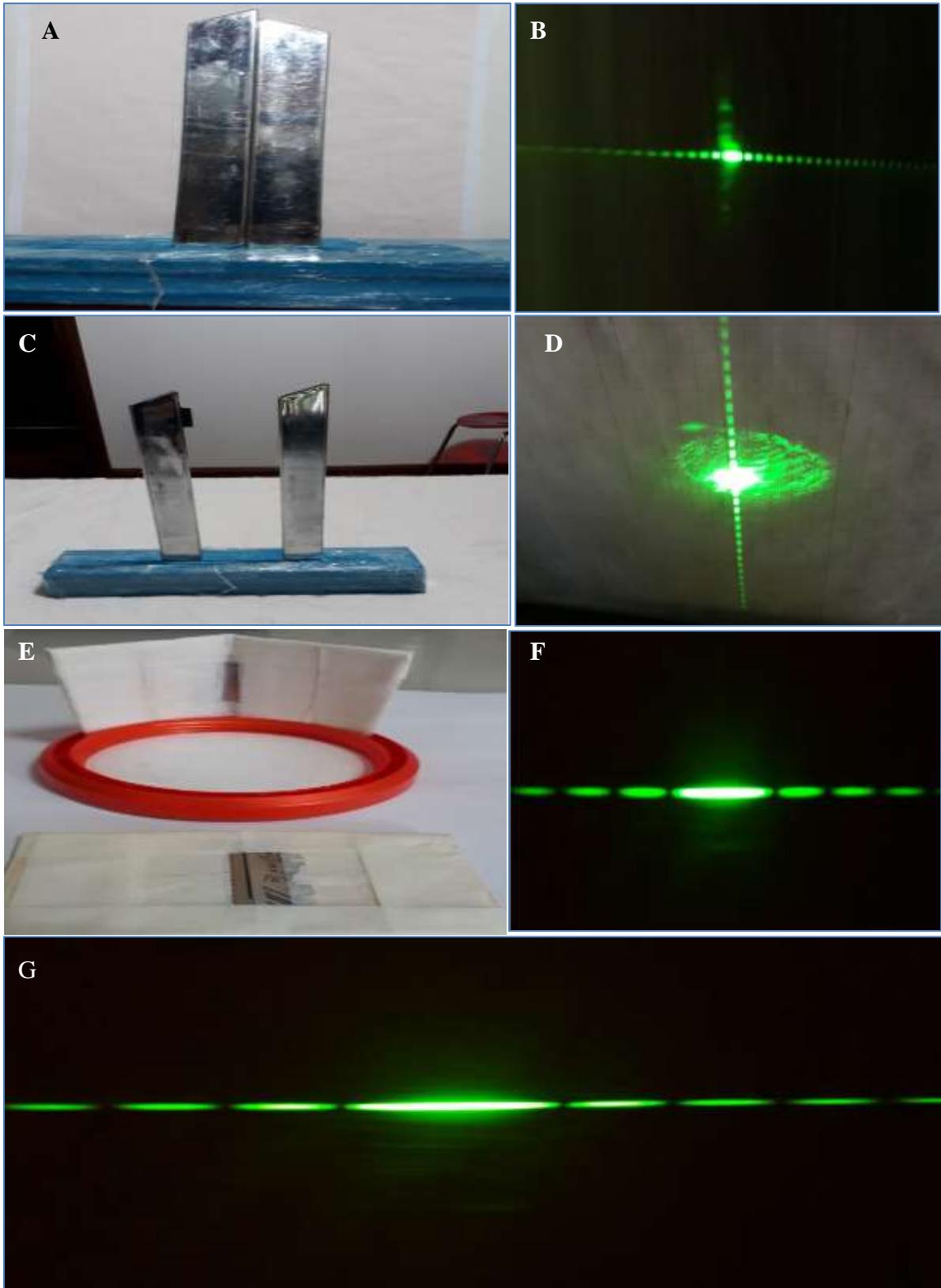


Figura 47- Difração da Luz do Laser A) Montagem de Fenda Vertical B) Imagem da Difração C) Montagem da Difração em Fio D) Imagem da Difração E) Montagem de Fenda com Gilete F) Imagem da Difração G) Imagem da Difração

Fonte: Próprio autor

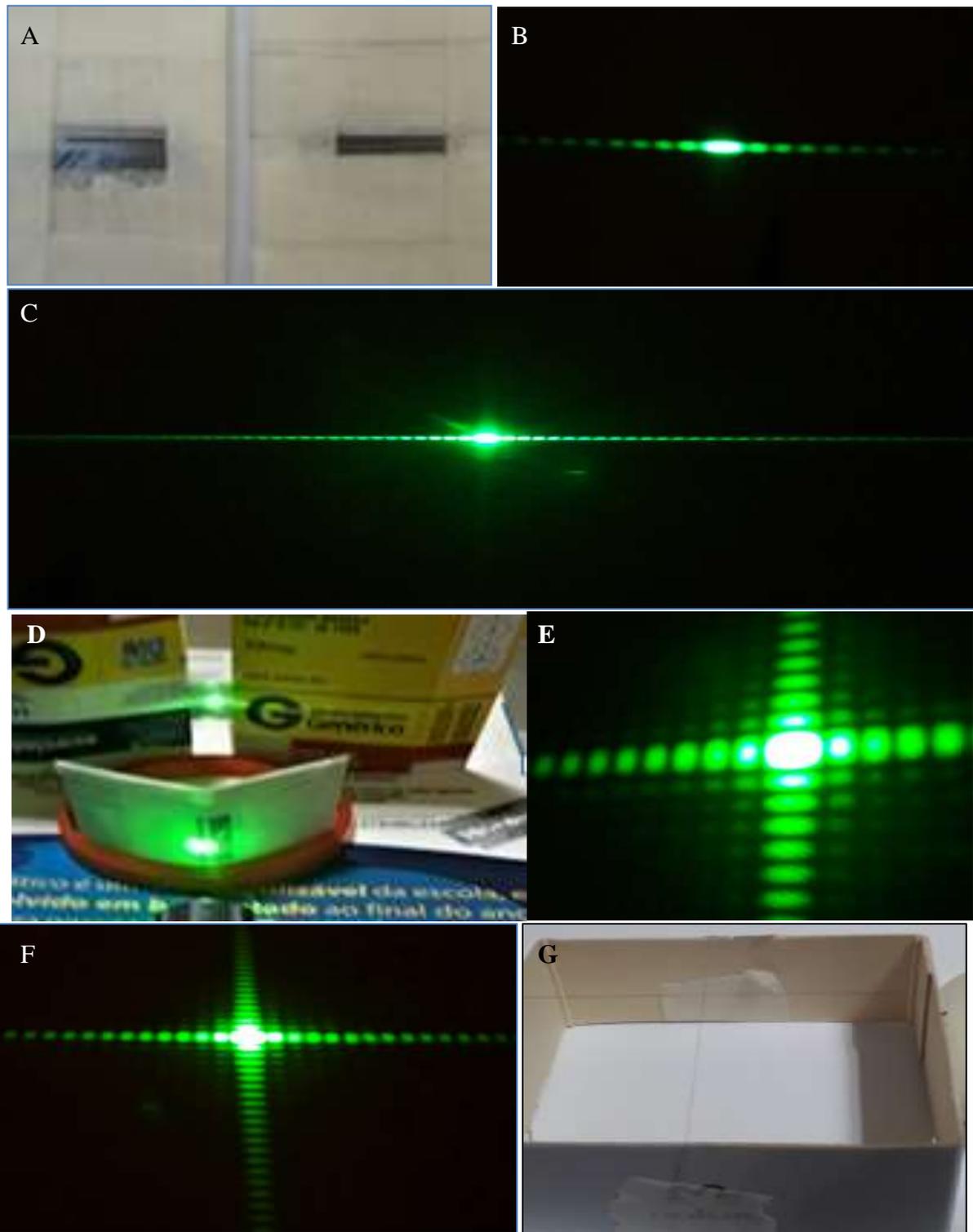


Figura 48- Difrção da Luz do Laser A) Fendas de Gilete 1,5 mm e 1,0 mm B) Imagem de Difrção C) Imagem de Difrção D) Montagem de Fendas Ortogonais E) Imagem de Difrção F) Imagem de Difrção G) Montagem de Difrção com Fios de Cabelo Perpendiculares

Fonte: Próprio autor

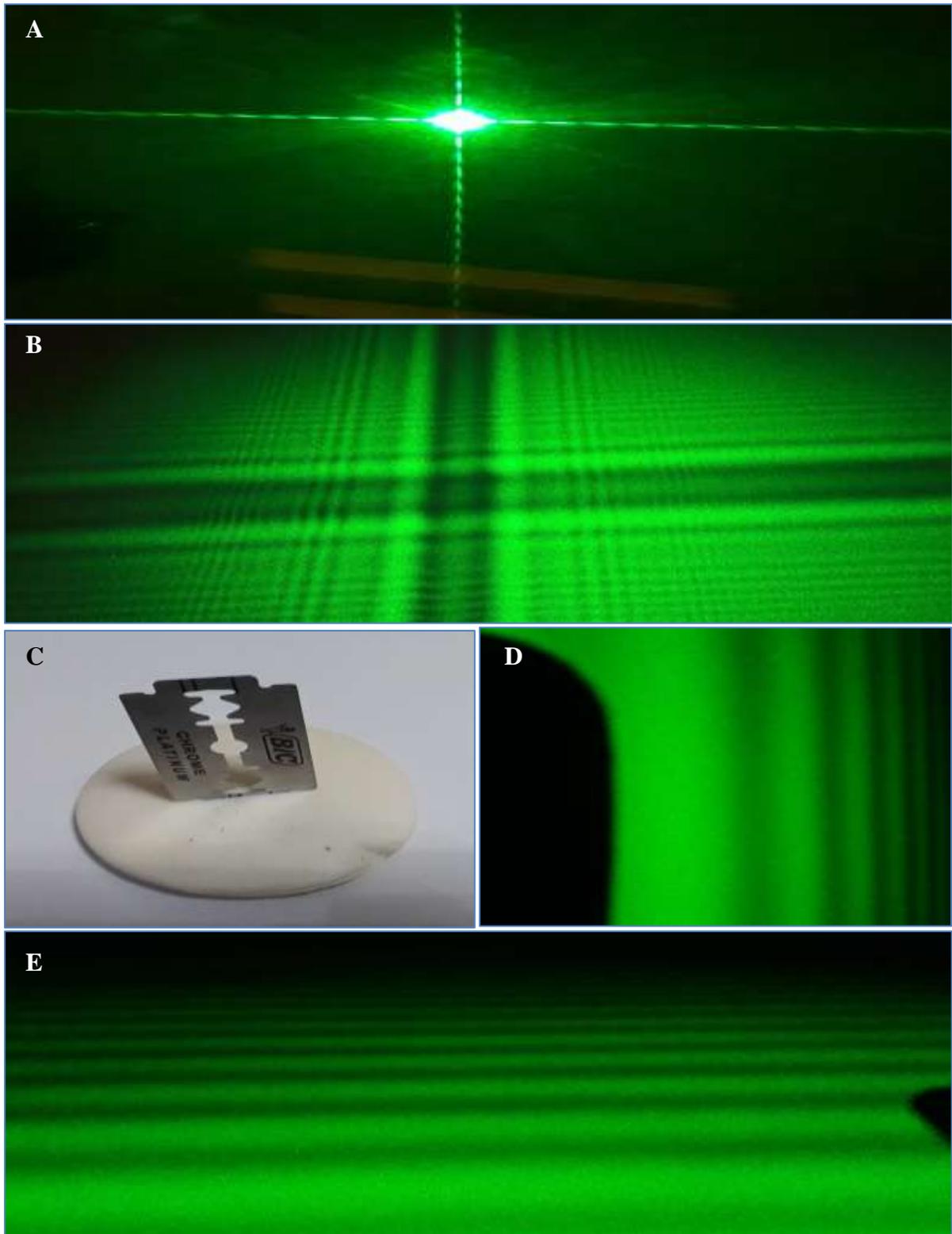


Figura 49- Difração da Luz do Laser A) Imagem da Difração em Fios Perpendiculares C) Imagem de Difração de Campo Próximo com Fios Perpendiculares C) Montagem da Difração de Borda D) Imagem da Difração de Campo Próximo de Borda de Gillete E) Imagem de Difração

Fonte: Próprio autor

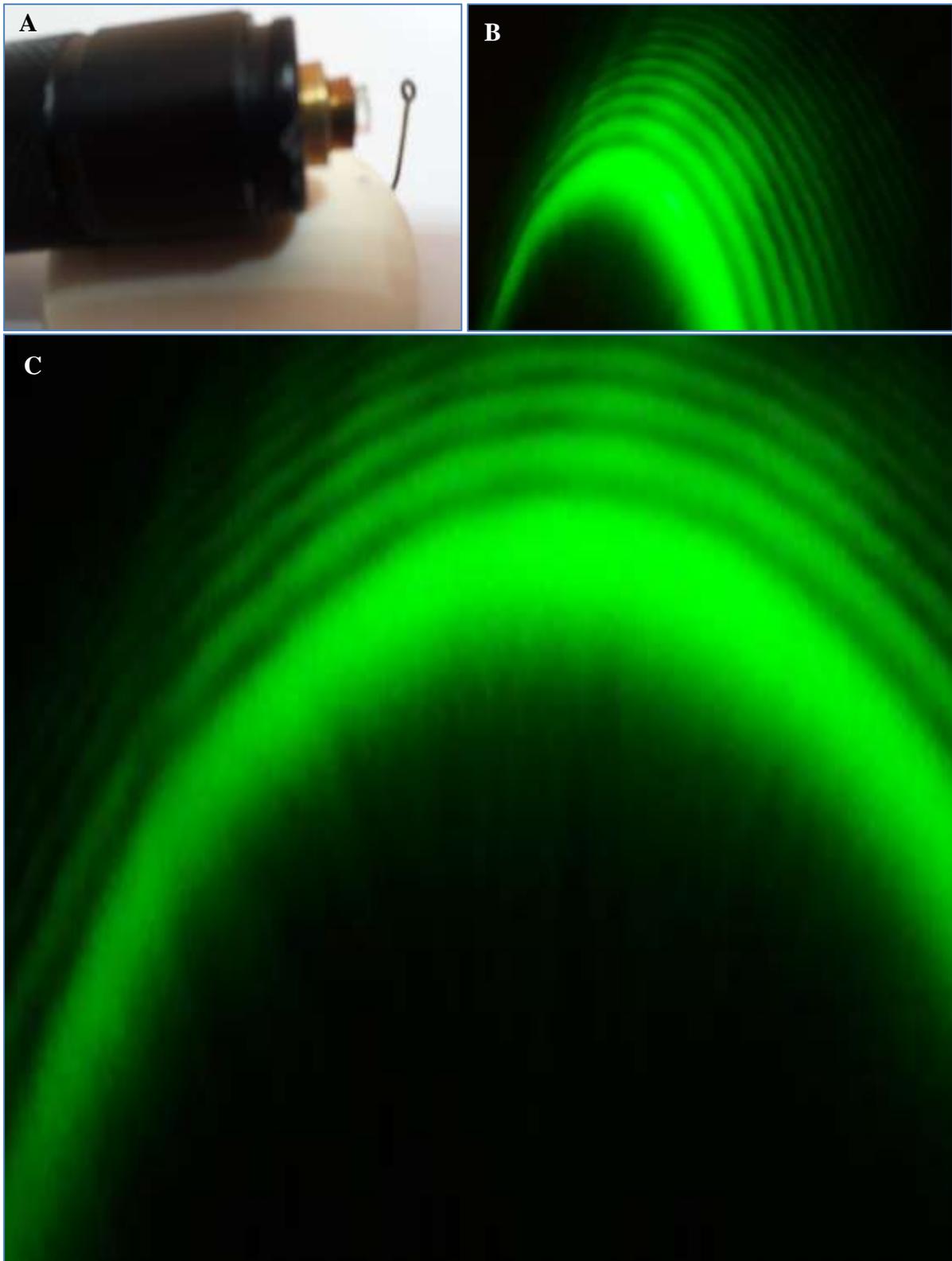
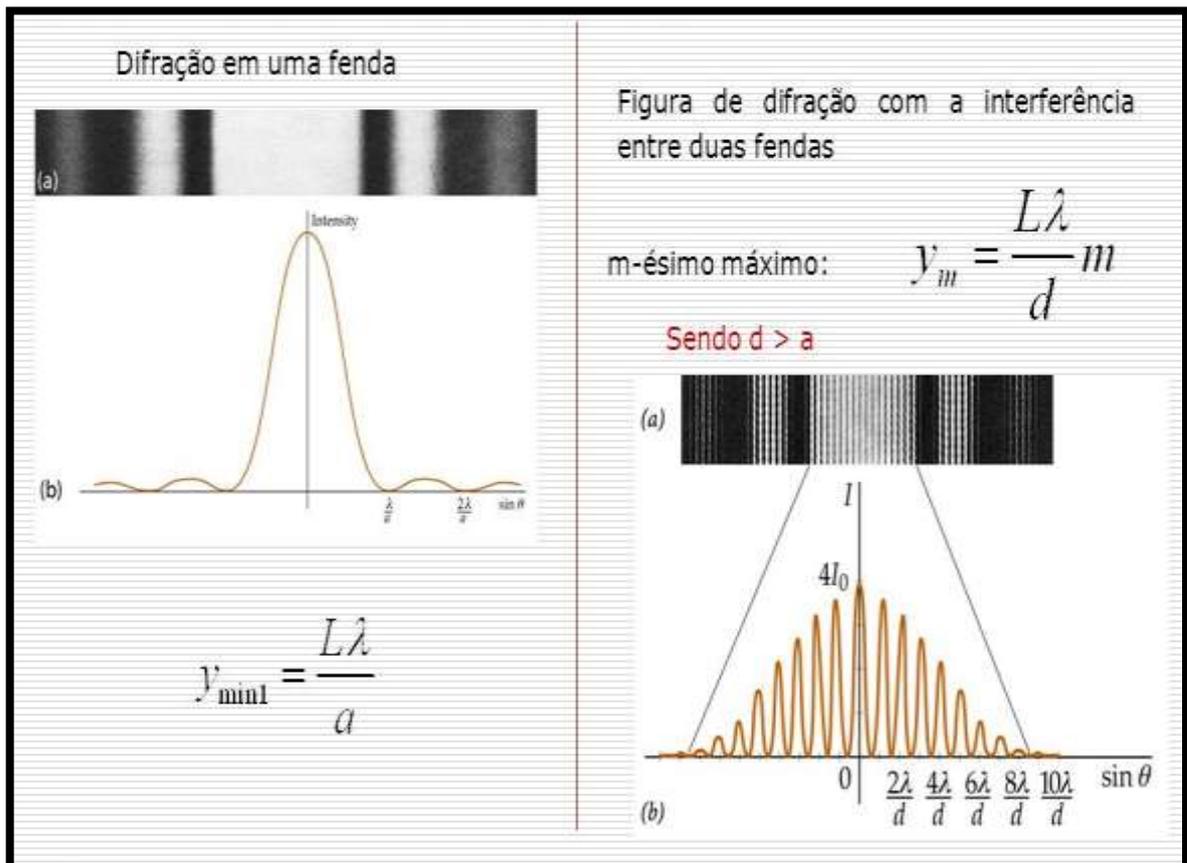


Figura 50. Difração da Luz do Laser A)Montagem de Difração de Campo Próximo de Anzol B) Imagem de Difração de Campo Próximo C) Imagem de Difração de Campo Próximo

Fonte: Próprio autor

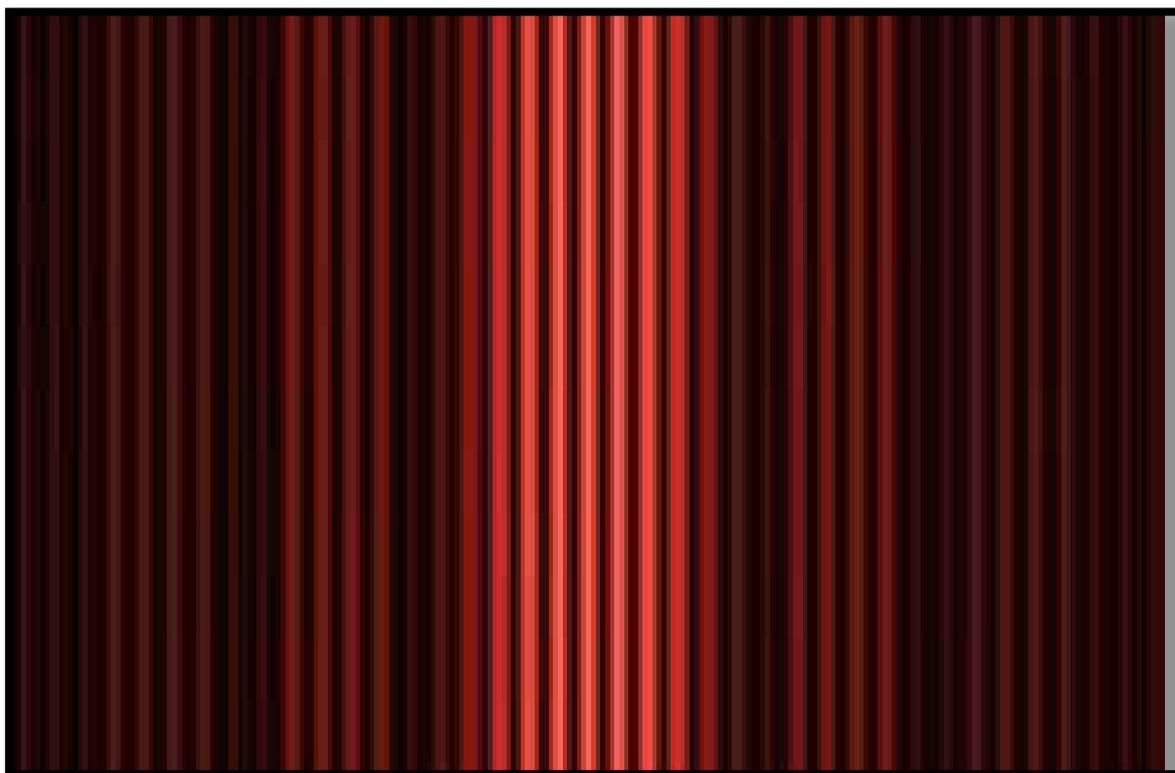
Uma observação importante se faz necessária neste momento, o fenômeno da difração é indissociável do fenômeno de interferência, no entanto é possível sim, estudar apenas os aspectos de interferência luminosa, se respeitadas as condições de contorno, que são encontradas em equipamentos de laboratórios com alto grau de precisão, o que nos impediu, com os nossos materiais do kit, de reproduzir, sendo assim para efeito de comparação é interessante o professor trabalhar alguns aspectos intrínsecos da interferência em comparação coma difração, tais como as condições para que ocorra, as relações de intensidades das franjas bem como sua regularidade, e o aparato experimental necessário, desta forma vamos apresentar algumas imagens que nos remete à interferência da luz, já que um dos protocolos para se obter um padrão ou franja de interferência necessitaríamos de fendas de $3\mu\text{m}$ separadas por uma distância de $150\mu\text{m}$, além de uma boa fonte laser.

Figura 51. Difração e Interferência da Luz por Fendas



Fonte: Disponível em: <<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fslideplayer.com>> Acesso em Dez. 2020

Figura 52. Detalhes das Franjas de Interferência



JOHN; SERWAY, 2012

6.9 Tema da Aula 09: Avaliação Final

I) Duração: 50 min

II) Quantidade de Aulas:01

III) Objetivos:

a) Geral

▲ Verificar/identificar indícios de retenção de significados das frentes de ótica explorados pelo produto educacional

b) Específicos

▲ Verificar/identificar indícios de retenção de significados sobre princípios de ótica geométrica e suas principais implicações na compreensão e descrição de certos fenômenos;

▲ Verificar/identificar indícios de retenção de significados acerca de reflexão, refração, absorção e dispersão da luz;

▲ Verificar/identificar indícios de retenção de significados acerca de difração e interferência

da luz.

IV) Descrição da Avaliação Geral Aplicada

I). Em nossa prática da incidência inclinada da luz do laser na lâmina de vidro, ao desligarmos o interruptor da lâmpada, quando a luz do laser interage com o vidro transparente, o que percebemos?

- A. Traços de cor verde que mantêm a direção da emissão da luz
- B. Traços de cor verde que mudam de direção da emissão da luz
- C. Traços de cor verde que mantêm e mudam em relação a direção da emissão da luz

II). A experiência vivenciada na prática do item I, revela o quê sobre a trajetória da luz?

- A. Retilínea
- B. Não retilínea

III). Na prática da passagem da luz pelo cabo de fibra ótica, no qual foi dado um nó no mesmo, faz com que repensemos o quê da trajetória da luz?

- A. Sempre retilínea
- B. Pode apresentar outros formatos

IV). Na prática sobre Propagação de Faixas de Água:

1 - O efeito de bater repetidas vezes na água contida na forma de vidro com a régua, faz com que a água, suba e desça em relação ao nível antes das batidas.

2 - Percebendo de cima, o subir e descer da água adquire um formato de faixas retas e estreitas umas distantes das outras. Essas distâncias, em média, não mudam. Essas faixas propagam da região de onde batemos na água com a régua para as paredes da forma de vidro.

3 - Também variamos a distância de dois tocos de madeira, os quais ficaram na região de onde batemos na água com a régua e as paredes da forma de vidro.

4- Olhando para o teto, onde a propagação dessas faixas retas e estreitas foram projetadas, na região após os tocos, percebemos as faixas estreitas de água:

A. Curvadas

B. Retas

V). Na prática “Fenda e Sabonete”, quando as lâminas de plástico estão próximas das extremidades do sabonete, a luz do laser ao incidir no anteparo (folha branca) produz uma mancha no formato de um círculo verde. A medida em que a distância das lâminas de plástico é diminuída drasticamente, o que ocorre com a mancha verde no anteparo (folha branca)?

A. muda, surgindo manchas verdes separadas umas das outras à uma distância aparentemente fixa, e cuja espessuras vão diminuindo na direção do centro para as extremidades do anteparo.

B. Não muda

VI). Tanto na prática “Fenda e Sabonete” quanto na prática “Propagação de Faixas de Água” :

1) A luz do laser e as faixas retas e estreitas de água interagiram com obstáculos estruturalmente semelhantes: os tocos e lâminas de plásticos ficam separados à uma distância que pode variar. Esses obstáculos, podem ser chamados de fenda simples.

2) Podemos dizer que a luz do laser e as faixas de água interagiram contornando esses obstáculos.

3) Visualmente, o fato de duas coisas diferentes (faixas de água e luz do laser), contornarem obstáculos estruturalmente semelhantes, em relação às faixas de água e da luz do laser, pode-se dizer que:

A. Contornam os obstáculos com trajetórias retilíneas.

B. Não contornam os obstáculos com trajetórias retilíneas.

VII). A resposta da questão VI, somado ao fato de que a propagação das faixas de águas estreitas da prática “Propagação de Faixas de Água” ser ondulatória, permite dizer que a luz do laser na prática “Fenda e Sabonete” se propagam como ondas?

A. Sim

B. Não

CONCLUSÃO

O ensino médio, etapa final da educação básica, prevê o aprofundamento dos conceitos e significados adquiridos no ensino fundamental, bem como inúmeras prerrogativas educacionais a que o estudante têm direito, sendo que a experimentação em ciências naturais, em específico, dentro da disciplina de Física, possibilita e permite a incorporação de inúmeros conceitos importantes, além de servir como um modelo de construção humana de ciências, neste sentido, é que se buscamos neste trabalho, adaptar uma parte da metodologia científica, dentro da realidade dos nossos estudantes, frente às demandas por uma educação de qualidade, que prima pela interdisciplinaridade, pelo protagonismo cognitivo, pelo questionamento e sem deixar de mencionar pela nova realidade que será submetida a nossa educação, traduzida pelas diretrizes inovadoras que se faz presentes dentro da BNCC.

Nesta perspectiva educacional, o nosso produto, balizado pela teoria de Ausubel, permite a inserção de significados costumeiramente tratados sem o devido cuidado, introduzir recortes de experimentalismo a um custo baixo e com boa qualidade visual, atingindo um número grande de alunos, ajudando na aplicação do currículo dentro de sala de aula. É nesse sentido que propomos um percurso didático com uma abordagem experimental, que faz uso de materiais alternativos de baixo custo, onde procuramos intervir no currículo formal, através de inúmeras demonstrações experimentais provocativas, dentro do conteúdo de ótica, sempre procurando mediar o entendimento dos conteúdos da disciplina de Física, que normalmente são ensinadas na segunda série do ensino médio.

O professor pode utilizar esse percurso, total ou parcial, adequando-o a sua realidade, pois sabemos que o conteúdo de ótica física, não faz parte da maioria dos livros didáticos utilizados no Brasil, outrora, dentro do eixo temático, matéria e energia, esse assunto é bem atual, som e imagem, transmissão de informações, já presentes dentro da proposta de construção dos novos currículos de ensino de Física.

O kit é de fácil construção e execução, podendo inclusive, adaptável dentro de outras modalidades de ensino de Física, podendo inclusive, servir como instrumento dentro de uma abordagem experimental mais empírica, como aquelas executa dentro dos laboratórios estruturado, dessa forma objetivamos por uma aprendizagem em que possamos verificar algum nível de indícios de *aprendizagem significativa*, em que ocorra retenção de significados de temas recorrentes na frente da Ótica.

Desta forma e por tudo que fora exposto e levando-se em consideração as contingências e realidades presentes, propomos a aplicação deste produto, com as devidas adaptações suficientes, com o intuito de tentar tornar o ensino de ótica efetivo, assertivo e provocativo, por acreditar em sua potência, oferecemos ao professor esse percurso metodológico.

REFERÊNCIAS

ALVES FILHO, J. P. (2000). Regras da transposição didática aplicada ao laboratório didático. *Cad. Cat. Ens. Fis.*, 17 (2): 174-178.

AUSUBEL, D.P. (1963). **The psychology of meaningful verbal learning**. New York: Grune& Stratton.

AUSUBEL, D.P. (2000). **The acquisition and retention of knowledge**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

GASPAR, A. Cinquenta anos de ensino de física: muitos equívocos, alguns acertos e a necessidade do resgate do papel do professor. In: XV Encontro de Físicos do Norte e Nordeste, 1995, Natal-RN. Anais..., 1995. Disponível em: http://plato.if.usp.br/2-2007/fep0358d/texto_5.pdf. Acesso em 12 nov.. 2020.

Imagens de Difração em Fenda Única e Interferência da Luz em Fenda Dupla . Disponível em:<<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fslideplayer.com>> Acesso em Dez. 2020.

JEWETT JR., J W; SERWAY, R A. Física para cientistas e engenheiros. **Luz óptica e física moderna**, 8ª ed. v.4 p 100. São Paulo. Cengage Learning, 2012.

DOLZ, J.; NOVERRAZ, M.; SCHNEUWLY, B. Sequências didáticas para o oral e a escrita. In: SCHNEUWLY, Bernard; DOLZ, Joaquim e colaboradores. **Gêneros orais e escritos na escola**. Campinas, SP: Mercado de Letras, 2004, p.95-128 ROSA, C. W. da;

LABURÚ, C. E. Seleção de experimentos de física no ensino médio: uma investigação a partir da fala dos professores. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 10, n. 2, p. 161-178, 2005.

MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B.; GUIMARÃES, C. Física Contexto e Aplicações 2: , 1ª ed. v. 2. São Paulo. Scipione, 2017.

MOREIRA, M. A. (2000). **Aprendizaje significativo: teoría y práctica**. Madrid: Visor

MOREIRA, M. A., CABALLERO, C. y RODRIGUEZ P., M.L. (2004). **Aprendizaje significativo: interacción personal, progresividad y lenguaje**. Burgos: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Burgos.

REZENDE, F. OSTERMANN, F.; FERRAZ, G. **Ensino-aprendizagem de física no nível médio: o estado da arte da produção acadêmica no século XXI.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 31, n. 1, 2009.

ROSA, A. B. da . **Ensino de Física: objetivos e imposições no Ensino Médio.** Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, v. 4, n. 1, 2006.

ZABALA, Antoni. **A prática educativa: como ensinar.** Porto Alegre: Artmed, 1998.

WESENDONK, F. S.; PRADO, L. DO. **Atividade didática baseada em experimento: discutindo a implementação de uma proposta investigativa para o Ensino de Física. Experiências em Ensino de Ciências,** Bauru, v. 10, n. 1, p. 54-80, abr. 2015.