



## **CONSTRUÇÃO DE INSTRUMENTOS ÓPTICOS COM MATERIAIS DE BAIXO CUSTO: CALEIDOSCÓPIO, PERISCÓPIO, PRISMA E IMAGEM NA RETINA**

### **ARTIGO ORIGINAL**

BARBOSA, Lucas Lourenço<sup>1</sup>, RODRIGUES, Clóves Gonçalves<sup>2</sup>

BARBOSA, Lucas Lourenço. RODRIGUES, Clóves Gonçalves. **Construção de instrumentos ópticos com materiais de baixo custo: caleidoscópio, periscópio, prisma e imagem na retina.** Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano. 07, Ed. 06, Vol. 06, pp. 92-110. Junho de 2022. ISSN: 2448-0959, [Link](#) de acesso: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/educacao/instrumentos-opticos>, DOI: 10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/educacao/instrumentos-opticos

### **RESUMO**

Contexto: A óptica está presente em vários instrumentos utilizados com frequência pela sociedade e também por diversas áreas de pesquisa. Dessa forma, a compreensão da óptica é essencial na construção de vários instrumentos ópticos para as mais diversas finalidades. Devido a esta importância prestada pela óptica à sociedade, ela é tema da disciplina de física no ensino médio. Questão norteadora/pergunta problema: No entanto, existe uma escassez de recursos financeiros para aquisição de materiais e equipamentos para aulas experimentais no ensino de física. Então, seria possível a construção de equipamentos didáticos no campo da óptica utilizando materiais de baixo custo? Objetivo geral: Portanto, o principal objetivo desse artigo é mostrar que é possível a construção de instrumentos de óptica voltados para a realização de experimentos didáticos para o

<sup>1</sup> Graduando em Licenciatura em Física. ORCID: 0000-0002-8284-5909.

<sup>2</sup> Orientador. Doutorado. ORCID: 0000-0003-0140-9847.



ensino da disciplina de óptica utilizando materiais de baixo custo. Metodologia: A metodologia aplicada na construção dos equipamentos são as técnicas laboratoriais e de instrumentação empregadas na Física. Resultados e conclusões: Foi mostrado que é factível a elaboração de instrumentos de óptica utilizando materiais de baixo custo dirigidos para a prática e ensino da disciplina de óptica sendo mostrado que os instrumentos apresentados neste artigo podem ser aplicados para explicar conceitos físicos da óptica geométrica ministrada no ensino médio.

**Palavras-chave:** Experimentos de baixo custo, Ensino de ciências, Ensino de física, Instrumentos ópticos.

## **INTRODUÇÃO**

A óptica é o ramo da Física que estuda os fenômenos provocados pela energia radiante. A óptica explica o funcionamento de espelhos, a projeção de imagens, os defeitos da visão, a natureza da luz, a estrutura atômica, etc. (ALONSO, 1992). Além de ser utilizada na ciência de ponta (lasers, sensores, detectores ópticos, etc.) a óptica está presente em nosso dia a dia como, por exemplo, nos faróis e retrovisores dos automóveis, nos refletores das luminárias, nos óculos, nos espelhos, etc.

A óptica não se detém somente à radiação visível (luz), mas também às radiações invisíveis como a infravermelha, ultravioleta, ondas de rádio, microondas, raios X, raios gama, etc. (RODRIGUES, 2020). Dessa forma a óptica se enquadra como uma parte do eletromagnetismo. Alguns fenômenos da óptica pertencem à mecânica quântica devido à dualidade onda-partícula. O estudo da óptica pode ser dividido da seguinte forma:

- Óptica geométrica: trata a luz como um conjunto de raios que obedecem ao princípio de Fermat. Usa uma construção geométrica e leis empíricas, com as trajetórias dos raios de luz consideradas como linhas retas. Faz parte do seu estudo a transmissão da luz em meios homogêneos, a reflexão e a refração. Classifica os corpos em dois tipos: 1) luminosos, aqueles que produzem e



emitem luz, e 2) iluminados, aqueles que não produzem luz (RESNICK, 2009).

- Óptica ondulatória: considera a luz como uma onda, sendo suas principais características o comprimento de onda e a frequência. A óptica ondulatória explica os fenômenos da difração e interferência, os quais seriam impossíveis de se explicar pela óptica geométrica (RODRIGUES, 2020).
- Óptica eletromagnética: considera a luz como uma onda eletromagnética, explicando a reflexão, a transmissão, fenômenos de polarização e anisotropias da matéria (REITZ, 1982).
- Óptica quântica: estuda a interação da radiação com a matéria, considerando a dualidade onda-partícula da física quântica (EISBERG, 1985).

A óptica está presente em diversas áreas de estudo. Na medicina, por exemplo, o conhecimento dos fenômenos luminosos permitiu grandes avanços, como o estudo do olho humano e das lentes corretivas, o uso de lasers em procedimentos cirúrgicos, o diagnóstico e tratamento do câncer. De acordo com Bagnato e Pratavieira (2015):

... o número de aplicações das ciências da vida envolvendo luz é praticamente inesgotável. O tópico é tão importante, que recebe um nome para si: biofotônica. Trata-se da interação da luz com células a fim de podermos diagnosticar doenças ou mesmo tratá-las. (...) a luz interage com a matéria, a excitação eletrônica permite depositar calor no tecido biológico, ou mesmo tornar as moléculas mais reativas, alterando o metabolismo natural, ou ainda podemos coletar a luz reemitida pelo tecido biológico e utilizá-lo como uma impressão digital das biomoléculas ali presentes, fato que pode diagnosticar uma doença, como câncer ou outra. (BAGNATO e PRATAVIEIRA, 2015, p. 4206).

A óptica está também presente em vários instrumentos utilizados por diversas outras áreas, como na astronomia através dos telescópios (BORGES, 2022), na fotografia com as lentes, na agronomia com o refratômetro, na medicina com os lasers, etc. A compreensão da óptica é então essencial na construção de vários instrumentos utilizados com frequência pela sociedade.



Devido a esta importância prestada pela óptica à sociedade, ela é um dos tópicos abordados na disciplina de física no ensino médio, e segundo Ausubel (2003) e Guimarães (2009) a experimentação é essencial para se alcançar uma aprendizagem significativa. A experimentação faz com que os discentes não fiquem apenas no campo da teoria, inserindo-os no mundo da prática (BISPO, 2020) e (MARTINS, 2022). No entanto, existe uma escassez de recursos financeiros para aulas experimentais no ensino de ciências em geral, tanto em nível fundamental quanto médio. Mas seria possível a construção de experimentos didáticos no campo da óptica utilizando materiais de baixo custo?

Neste sentido, o objetivo principal deste artigo é a elaboração de instrumentos ópticos para experimentação com finalidade didática e construídos com materiais de baixo custo financeiro. Os materiais empregados na construção desses instrumentos podem ser adquiridos de forma fácil em papelarias, ferragistas, fábricas de espelhos, ou pontos de materiais reciclados. A metodologia aplicada são as técnicas laboratoriais e de instrumentação empregadas na Física. Nas próximas seções apresentamos os procedimentos de construção desses instrumentos a partir de materiais de baixo custo e suas aplicações utilizando os conceitos físicos da óptica geométrica ministrada no ensino médio.

## **INSTRUMENTO 1: CALEIDOSCÓPIO**

### **OBJETIVO**

Construir um aparelho que tem como base a associação de espelhos planos observando a formação de imagens.

### **MATERIAIS UTILIZADOS**

Três espelhos (6 cm 18 cm); plástico transparente (10 cm 10 cm); cartolina; cola; objetos coloridos; liga elástica; tesoura. Estes materiais podem ser adquiridos em papelarias, ferragistas, ou em pontos de coleta de materiais reciclados. Os espelhos

RC: 118841

Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/educacao/instrumentos-opticos>

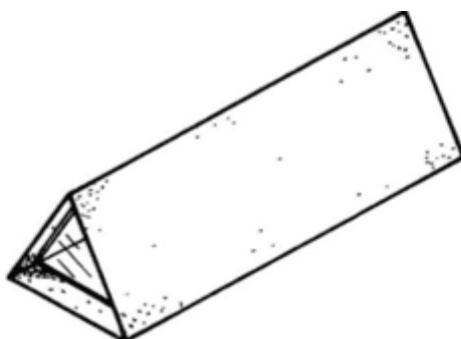


podem ser adquiridos também em fábricas de espelhos que descartam partes menores recortadas e que não serão utilizadas para venda pela fábrica.

## PROCEDIMENTOS DE CONSTRUÇÃO

- a) Coloque os três espelhos para formar um prisma triangular de modo que as superfícies espelhadas fiquem para o lado de dentro, Figura 1.

Figura 1 – Esquema de um prisma.

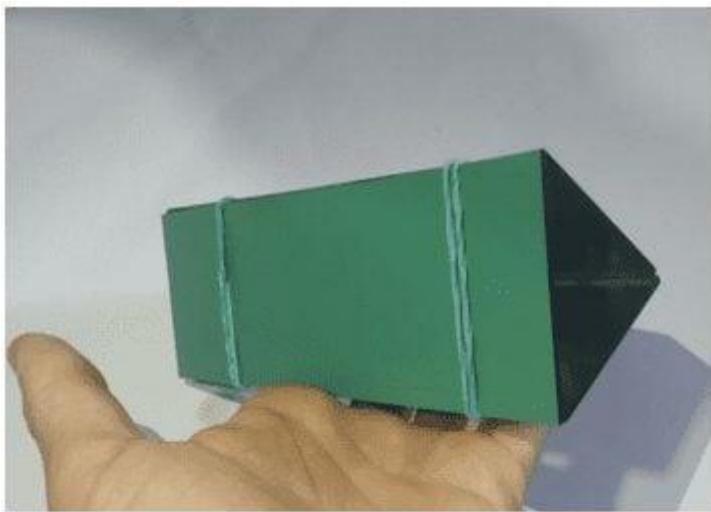


*Fonte: os autores.*

- b) Utilizando uma liga elástica, amarre o prisma formado, Figura 2. Envolve com fita transparente (durex) as extremidades e o centro. Após isso retire a liga elástica. O modelo montado ficará conforme ilustra a Figura 3.



Figura 2 – Prisma preso com liga elástica.



*Fonte: os autores.*

Figura 3 – Prisma envolvido com fita adesiva.



*Fonte: os autores.*

- c) Corte um triângulo de plástico transparente e utilizando fita transparente (durex) fixe o triângulo de plástico em uma das extremidades do prisma, Figura 4.



MULTIDISCIPLINARY SCIENTIFIC JOURNAL

**NÚCLEO DO  
CONHECIMENTO**

REVISTA

CIENTÍFICA

MULTIDISCIPLINAR

NÚCLEO

DO

CONHECIMENTO ISSN: 2448-0959

<https://www.nucleodoconhecimento.com.br>

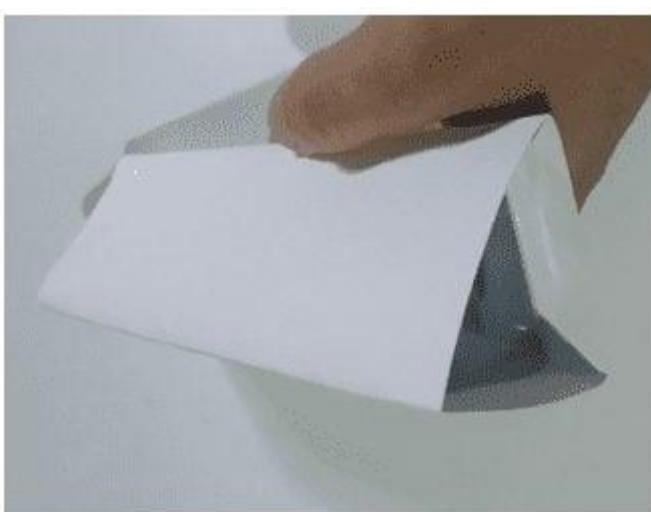
Figura 4 – Plástico transparente fixado na extremidade.



*Fonte: os autores.*

d) Encape o prisma com uma cartolina, colando-a nos espelhos um por vez, de modo que a cartolina fique com uma sobra de 1,5 cm na extremidade onde está o plástico transparente. O resultado deve ficar de acordo com o modelo da Figura 5.

Figura 5 – Prisma encapado com cartolina.



*Fonte: os autores.*

RC: 118841

Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/educacao/instrumentos-opticos>



## PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

- a) Coloque-se frente a uma janela e observe o prisma pela extremidade aberta.
- b) Observe objetos coloridos.
- c) Gire o prisma.
- d) Descreva o que você observa e tente relacionar com os fenômenos de reflexão em espelhos.

## INSTRUMENTO 2: PERISCÓPIO

### OBJETIVO

Mostrar como se pode enxergar acima da superfície do mar quando um submarino está submerso.

### MATERIAIS UTILIZADOS

Papelão (65 cm 28 cm); dois espelhos (9,5 cm 6 cm); estilete (cuidado ao manusear instrumentos cortantes); cola; transferidor; régua; caneta ou lápis; tesoura. Estes materiais podem ser adquiridos em papelarias ou ferragistas. Os espelhos podem ser adquiridos em fábricas de espelhos que descartam partes recortadas que não serão utilizadas.

### PROCEDIMENTOS DE CONSTRUÇÃO

- a) Pegue o papelão e meça as laterais nas duas extremidades do papelão no sentido do comprimento, possuindo 5 cm de comprimento e 6 cm de largura, Figura 6.



Figura 6 – Lateral da extremidade do papelão.



*Fonte: os autores.*

- b) Em seguida, prolongue as retas de comprimento das laterais até que se encontrem, formando assim as faces de um retângulo de 55 cm de comprimento e 6 cm de largura. O resultado deve ficar conforme ilustrado na Figura 7.
- c) Observe que na face 1 foi deixada uma lateral que se prolonga apenas do início ao fim do comprimento da face do retângulo e possui 2 cm de largura.

Figura 7 – Faces do retângulo.



*Fonte: os autores.*

RC: 118841

Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/educacao/instrumentos-opticos>



MULTIDISCIPLINARY SCIENTIFIC JOURNAL

**NÚCLEO DO  
CONHECIMENTO**

REVISTA CIENTÍFICA

MULTIDISCIPLINAR

NÚCLEO

DO

CONHECIMENTO ISSN: 2448-0959

<https://www.nucleodoconhecimento.com.br>

d) A partir de 4 cm da extremidade inferior da face 1 do retângulo e extremidade superior da face 3, faça um retângulo de 9,5 cm de comprimento e uma lateral de 2 cm de comprimento, Figura 8.

Figura 8 – Posição dos retângulos menores.



*Fonte: os autores.*

e) Em seguida, com o auxílio de uma régua, sobre as retas das faces no sentido do comprimento e as laterais no sentido da largura, a fim de obter o formato de uma caixa retangular.

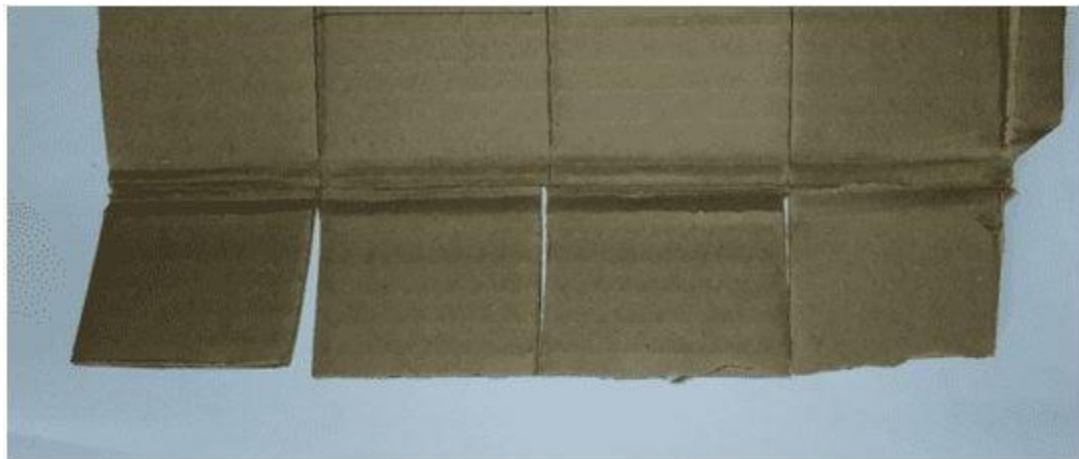
f) Recorte as laterais no sentido do comprimento como ilustrado na Figura 9.

RC: 118841

Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/educacao/instrumentos-opticos>



Figura 9 – Laterais cortadas do papelão.



*Fonte: os autores.*

g) Feche a caixa retangular. Na lateral deixada na face 1 do retângulo passe cola quente e fixe na lateral da face 4 do retângulo. O processo é indicado na Figura 10.

Figura 10 – Fechamento lateral do retângulo.



*Fonte: os autores.*

h) Em seguida, feche as quatro laterais deixadas nas extremidades do retângulo e fixe com cola quente. O resultado deve ficar de acordo com o modelo da Figura 11.



Figura 11 – Laterais da extremidade fechada.



*Fonte: os autores.*

- i) Utilizando o estilete, corte os retângulos desenhados nas faces 1 e 3, dobrando a lateral de 2 cm de comprimento, Figura 12.

Figura 12 – Recorte dos retângulos das faces.



*Fonte: os autores.*

- j) Dobre os retângulos cortados na etapa anterior para dentro da caixa, e fixe com cola a lateral de 2 cm de comprimento na parede da caixa com inclinação de 45°, conforme mostra a Figura 13.

RC: 118841

Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/educacao/instrumentos-opticos>



MULTIDISCIPLINARY SCIENTIFIC JOURNAL

**NÚCLEO DO  
CONHECIMENTO**

REVISTA CIENTÍFICA

MULTIDISCIPLINAR

NÚCLEO

DO

CONHECIMENTO ISSN: 2448-0959

<https://www.nucleodoconhecimento.com.br>

Figura 13 – Dobrando os retângulos cortados.



*Fonte: os autores.*

k) Pegue os dois espelhos e utilizando cola quente, cole sobre os retângulos da etapa anterior, deixando a parte espelhada para fora. O resultado deve ficar conforme mostra a Figura 14.

l) Note que na posição onde foram colados os espelhos, eles ficarão frente a frente, possibilitando a reflexão dos raios de luz.

Figura 14 – Espelho fixado no retângulo.



*Fonte: os autores.*

RC: 118841

Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/educacao/instrumentos-opticos>



## PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

- a) Posicione algum objeto sobre uma superfície mais elevada que a sua própria altura.
- b) Em seguida, pegue o periscópio e coloque uma das suas extremidades com o espelho frente ao objeto.
- c) Olhando pela outra extremidade, busque observar os objetos.
- d) Faça um esquema indicando a posição dos espelhos e a trajetória do raio luminoso.

## INSTRUMENTO 3: PRISMA

### OBJETIVO

Mostrar experimentalmente o comportamento da luz ao atravessar um prisma.  
Mostrar o espectro da radiação solar.

### MATERIAIS UTILIZADOS

Três vidros transparentes (20 cm 8 cm) com 5 mm de espessura; 1 vidro triangular com 10 cm de cada lado, e 5 mm de espessura; água; 1 bisnaga de silicone (50 g). Estes materiais podem ser adquiridos em lojas de aquários, ferragistas, ou em pontos de coleta de materiais reciclados. Os vidros podem ser adquiridos em fábricas de box para banheiros.

### PROCEDIMENTOS DE CONSTRUÇÃO

- a) Utilizando a bisnaga de silicone, cole os três vidros em um formato de prisma triangular de 20 cm de altura. Faça com que as extremidades do prisma fiquem paralelas.

RC: 118841

Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/educacao/instrumentos-opticos>



MULTIDISCIPLINARY SCIENTIFIC JOURNAL

**NÚCLEO DO  
CONHECIMENTO**

REVISTA CIENTÍFICA

MULTIDISCIPLINAR

NÚCLEO

DO

CONHECIMENTO ISSN: 2448-0959

<https://www.nucleodoconhecimento.com.br>

- b) Deixe secar por um período de 24 horas.
- c) Cole o vidro triangular em uma extremidade do prisma. Este servirá como base para o prisma. Deixe secar novamente por um período de 24 horas.
- d) Após estar bem colado e seco, coloque água até 2 cm da borda do prisma, Figura 15.

Figura 15 – Prisma finalizado já com água em seu interior.



*Fonte: os autores.*

## PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

- a) Coloque o prisma em posição vertical e aproxime-o do olho para enxergar os objetos em volta.
- b) Observe que os objetos parecem deslocados do lugar.
- c) Gire o prisma lentamente diante do olho, até observar os objetos coloridos em suas extremidades.

RC: 118841

Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/educacao/instrumentos-opticos>



- d) Observe que as cores são diferentes em cada um dos lados do objeto.
- e) Em seguida, em um ambiente que há iluminação do sol, coloque o prisma diante dos raios solares, preferencialmente no horário em que o sol está perto do horizonte (no início da manhã ou no fim da tarde).
- f) Gire o prisma diante dos raios solares e observe em uma parede, teto ou outros objetos, a formação do espectro solar.
- g) Quanto mais longe estiver o prisma do lugar onde se forma o espectro, mais nítidas aparecerão as diversas cores.
- h) Relacione esta experiência com a formação do arco-íris.
- i) Essas luzes separadas e recolhidas num anteparo recebem o nome de “espectro da luz solar”.
- j) Caso não estiver fazendo sol, basta fazer incidir nas paredes do prisma a luz de uma lâmpada ou lanterna, e será possível projetar o espectro em um anteparo (uma parede branca, por exemplo).

## INSTRUMENTO 4: DURAÇÃO DA IMAGEM NA RETINA

### OBJETIVO

Mostrar que uma sensação recebida pelo olho humano tem certa duração (aproximadamente 0,1 segundo).

### MATERIAIS UTILIZADOS

Uma placa de madeira ou de vidro (14 cm 9 cm); uma folha de papel branco A4 (ou similar); lápis; borracha; caneta esferográfica; 2 barbantes de 1 metro de comprimento; fita adesiva; tesoura. Estes materiais podem ser adquiridos em papelarias e em pontos de coleta de materiais reciclados.

RC: 118841

Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/educacao/instrumentos-opticos>



MULTIDISCIPLINARY SCIENTIFIC JOURNAL

**NÚCLEO DO  
CONHECIMENTO**

REVISTA CIENTÍFICA

MULTIDISCIPLINAR

NÚCLEO

DO

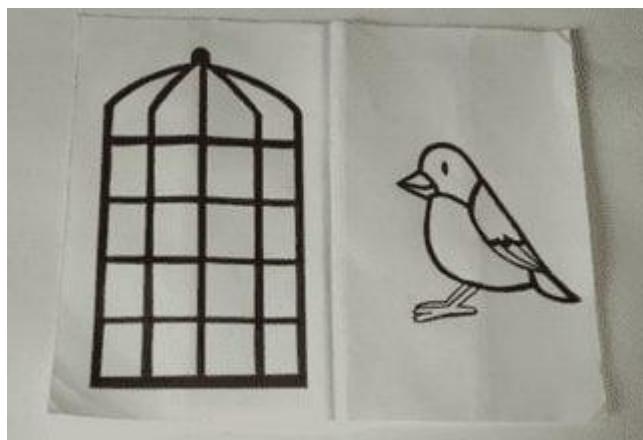
CONHECIMENTO ISSN: 2448-0959

<https://www.nucleodoconhecimento.com.br>

## PROCEDIMENTOS DE CONSTRUÇÃO

- a) Desenhe um retângulo de 18 cm de comprimento e 14 cm de largura.
- b) Com a tesoura recorte o retângulo e dobre ao meio.
- c) Em seguida no lado da esquerda desenhe uma gaiola e no lado direito um passarinho. Contorne o desenho com caneta esferográfica assim como o modelo da Figura 16. Observe que o tamanho do passarinho deve ser menor que o tamanho da gaiola.

Figura 16 – Desenho da gaiola e passarinho em suas posições.



*Fonte: os autores.*

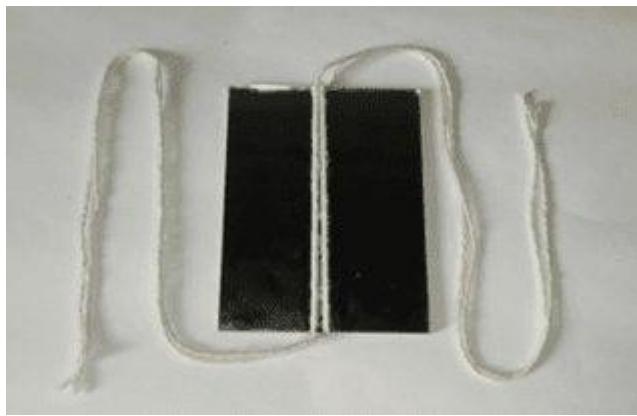
- d) Em seguida, envolva a placa com um barbante na posição vertical na direção central e dê um nó na extremidade. Repita esse processo para o outro barbante posicionado na outra extremidade, Figura 17.

RC: 118841

Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/educacao/instrumentos-opticos>



Figura 17 – Posicionamento das placas e barbantes.



*Fonte: os autores.*

e) Fixe os barbantes em ambos os lados da placa com fita adesiva, Figura 18.

Figura 18 – Barbantes fixados com fita adesiva.

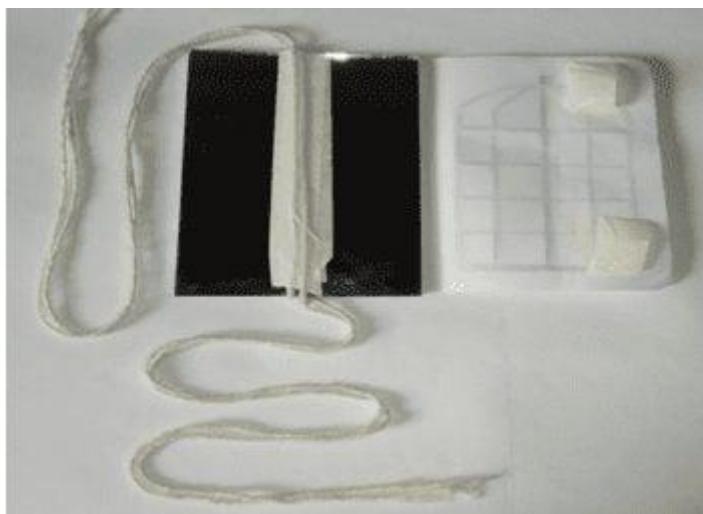


*Fonte: os autores.*

f) Logo após, cole com a fita adesiva o retângulo de papel, cuidando para que os desenhos fiquem para fora como mostrado na Figura 19. O resultado deve ficar como ilustrado na Figura 20.



Figura 19 – Colagem do papel sobre as placas.



*Fonte: os autores.*

Figura 20 – Modelo finalizado.



*Fonte: os autores.*

RC: 118841

Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/educacao/instrumentos-opticos>



## PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

- a) Segure o conjunto pela extremidade dos dois barbantes e dê um impulso na placa fazendo-a girar rapidamente.
- b) Antes que a imagem do passarinho se apague no olho, aparece a imagem da gaiola, produzindo a impressão de ver as duas imagens (gaiola e passarinho) ao mesmo tempo como um só desenho.
- c) Este princípio é utilizado pelo cinema. Antes que um quadro se apague aparece o seguinte. Os aparelhos de TV utilizam o mesmo princípio, mas ponto a ponto de sua tela.

## INSTRUMENTO 5: PONTO CEGO DO OLHO HUMANO

### OBJETIVO

Mostrar que na retina do olho humano onde se conecta o nervo ótico não há células sensíveis (bastonetes) e, portanto, qualquer imagem que se forme neste ponto não será sentida pelo sistema ótico humano.

### MATERIAIS UTILIZADOS

Uma folha de papel branco A4 (ou similar); caneta; régua; tesoura. Estes materiais podem ser adquiridos em papelarias.

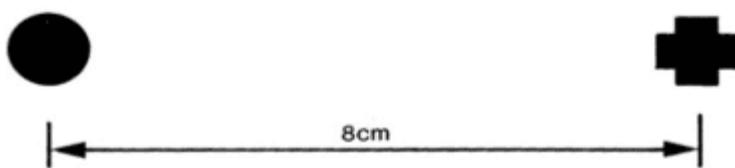
### PROCEDIMENTOS DE CONSTRUÇÃO

- a) Numa folha de papel branco faça um retângulo de 14 cm de comprimento e 4 cm de largura.
- b) Recorte o retângulo desenhado.



c) Pegue o retângulo de papel e desenhe um círculo e uma cruz de mesma dimensão. O círculo deve possuir 0,5 centímetros de diâmetro e a cruz 0,5 centímetros de altura e largura. A cruz e o círculo devem ficar a uma distância de 8,0 cm um do outro, como mostra a Figura 21.

Figura 21 – Desenho para experimentação.

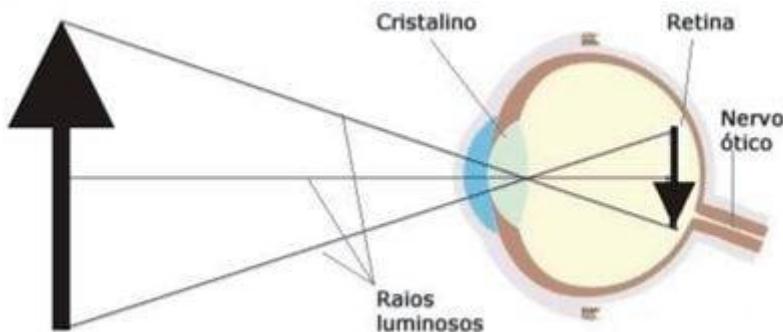


Fonte: os autores.

- a) Tampe o olho esquerdo, pegue a folha com a mão direita e coloque-a de modo que o círculo fique bem em frente ao olho direito e a cruz do lado de fora do rosto, a uma distância de 35 cm do rosto.
- b) Aproxime lentamente a folha.
- c) Observe que a certa distância, não é possível visualizar a imagem da cruz. Isso acontece devido à imagem da cruz se formar no ponto onde o nervo óptico se conecta na retina, Figura 22, um ponto onde não há bastonetes, que são as células sensíveis à luz. Este ponto é chamado de ponto cego do olho humano.
- d) Afastando ou aproximando mais a folha, a cruz retorna a aparecer.



Figura 22 – Esquema do olho humano.



*Fonte: os autores.*

Com este último instrumento, finaliza-se a construção dos instrumentos ópticos de baixo custo propostos: caleidoscópio, periscópio, prisma e formação da imagem na retina.

## COMENTÁRIOS FINAIS

A óptica está presente em vários instrumentos utilizados com frequência pela sociedade e também por diversas áreas de pesquisa. Dessa forma, a compreensão da óptica é essencial na construção de vários instrumentos ópticos para os mais diversos fins. Esta importância que a óptica presta à sociedade a torna um tema relevante na disciplina de física no ensino médio. No entanto, existe uma carência de recursos financeiros para a aquisição de equipamentos e materiais para serem utilizados em aulas práticas e experimentais para o ensino de ciências em geral, e da física em específico, tanto em nível fundamental quanto médio. Então, seria possível a construção de equipamentos didáticos no campo da óptica utilizando materiais de baixo custo? No presente artigo mostrou-se que sim: é possível construir instrumentos no campo da óptica utilizando materiais de baixo custo para uma prática didática utilizando a experimentação. Mostrou-se também que os instrumentos apresentados a partir de materiais de baixo custo neste artigo podem ser aplicados para explicar conceitos físicos da óptica geométrica ministrada no ensino médio. Enfatizamos que os instrumentos e experimentos aqui propostos



podem ser reproduzidos de forma fácil por professores, estudantes, e também por pessoas do público em geral interessadas no assunto.

## REFERÊNCIAS

ALONSO, Marcelo; FINN, Edward J. **Física**. Madri: Addison-Wesley Iberoamericana, 1992.

AUSUBEL, David Paul. **Aquisição e retenção de conhecimentos**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2003.

BAGNATO, Vanderlei Salvador; PRATAVIEIRA, Sebastião. Luz para o progresso do conhecimento e suporte da vida. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 37, n. 4, p. 4206, 2015.

BISPO, Edivania Sousa; RODRIGUES, Clóves Gonçalves. Sugestões de experimentos de fácil acesso para o ensino de termodinâmica. **Physicae Organum**, v. 6, pp. 89-102, 2020.

BORGES, Cindy Lisiani Sales; RODRIGUES, Clóves Gonçalves. Astronomia: breve história, principais conceitos e campos de atuação. **Brazilian Applied Science Review**, v. 6, pp. 545-577, 2022.

EISBERG, Robert; RESNICK, Robert. **Quantum Physics of Atoms, Molecules, Solids, Nuclei, and Particles**, second edition. John Wiley e Sons: New York, 1985.

GUIMARÃES, Cleidson Carneiro. Experimentação no ensino de Química: caminhos e descaminhos rumo à aprendizagem significativa. **Química Nova na Escola**, n. 3, pp. 198-202, agosto, 2009.

MARTINS, Wendel Vendregler Araujo; RODRIGUES, Clóves Gonçalves; ANDRADE, Edson Vaz. O ensino sobre força de empuxo auxiliado por experimentos de fácil acesso. **Revista Mais Educação**, v. 5, pp. 1082-1092, 2022.



MULTIDISCIPLINARY SCIENTIFIC JOURNAL

**NÚCLEO DO  
CONHECIMENTO**

REVISTA CIENTÍFICA

MULTIDISCIPLINAR

NÚCLEO

DO

CONHECIMENTO ISSN: 2448-0959

<https://www.nucleodoconhecimento.com.br>

REITZ, John R., MILFORD, Frederick J.; CHRISTY, Robert W. **Fundamentos da teoria eletromagnética**. Campus: Rio de Janeiro, 1982.

RESNICK, Robert; HALLIDAY, David. **Fundamentos de Física**, v. 4, 8<sup>a</sup> edição. LTC: Rio de Janeiro, 2009.

RODRIGUES, Clóves Gonçalves. **Ondas, acústica, psicoacústica e poluição sonora**. Goiânia: do Autor, 2020. ISBN: 9786500068467

Enviado: Julho, 2021.

Aprovado: Junho, 2022.

RC: 118841

Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/educacao/instrumentos-opticos>