

## USANDO UMA CÂMARA ESCURA PARA A DETERMINAÇÃO EM SALA DE AULA DE ALGUMAS LEIS DA ÓPTICA GEOMÉTRICA

Rafael Pinheiro<sup>a</sup> [03\_e-mail (rps71@hotmail.com)]  
Ricardo Hadlich<sup>a</sup> [03\_e-mail (rhadlich@hotmail.com)]  
Vitorvani Soares<sup>a</sup> [vsoares@if.ufrj.br]

<sup>a</sup> Instituto de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro

### RESUMO

Analisando o desenvolvimento histórico dos conceitos óticos, observamos que o emprego de uma câmara escura permite desenhar com perfeição as formas e as cores dos objetos e imagens reais. Estas observações nos motivaram a construir e a empregar uma câmara escura em sala de aula, de forma a inserir o aluno do ensino médio no processo científico e auxiliá-lo na construção do seu conhecimento. Por meio de um questionário, realizamos uma avaliação diagnóstica do conhecimento prévio vivencial destes alunos sobre o assunto e verificou-se que determinados conceitos óticos como, por exemplo, inversão de imagens, ou não está claro para o aluno no seu dia-a-dia ou ele não o associa com a teoria. Ao aplicar o questionário, também observamos que os alunos não estavam muito interessados em mostrar seu conhecimento preciso, porém, ficaram bastante curiosos sobre o assunto.

Após a análise do questionário, uma câmara escura foi montada utilizando-se materiais de baixo custo para ser trabalhada experimentalmente com os alunos. A experiência foi realizada relacionando-se o tamanho da imagem à distância da câmara ao objeto, para diferentes profundidades da câmara. Partindo da análise deste gráfico, foi trabalhado com a turma o desenvolvimento de um modelo matemático, onde determinamos as equações que descrevem os fenômenos óticos ocorridos na câmara. Em seguida, foi entregue novamente o mesmo questionário apresentado inicialmente para compararmos as novas respostas às respostas anteriores à experiência. Analisamos que houve uma melhora significativa por parte dos alunos nos seus conceitos óticos e na associação com os fenômenos do cotidiano. Consideramos, ainda, que a prática em sala de aula apresentada aqui é uma ferramenta necessária e motivadora para professor e aluno, pois observamos que, após a realização da experiência, os alunos se mostraram mais interessados em responder ao questionário, mesmo de forma incorreta.

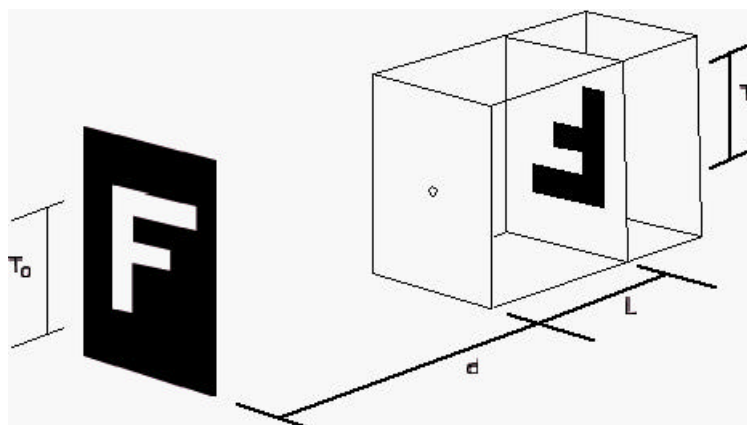
### INTRODUÇÃO

Os gregos, por volta de 500 a.C., ainda não compreendiam como o olho funcionava, e formularam um conceito no qual a visão se produzia através de raios luminosos que saíam dos olhos como tentáculos e tocavam o objeto tornando-o visível. Foi somente no século X, que o estudioso árabe Alhazen vai criar a primeira câmara escura, mais tarde aprimorada por Giovanni Battista della Porta. Entre os mais de 200 trabalhos de grande importância de Alhazen, traduzidos na Europa, estavam incluídas discussões sobre sistemas óticos, reflexões, espelhos esféricos e parabólicos, refração, teoria da visão, e a formação da imagem ótica de um dado objeto, utilizando-se somente um pequeno orifício em uma caixa, definindo assim o princípio da câmara escura. Entretanto, teremos que esperar até 1558 para que Giovanni Battista della Porta, aprimore a câmara escura, colocando no pequeno buraco lentes para poder focar a imagem em uma superfície e, desse modo,

ver com nitidez as formas e as cores dos objetos mirados. Della Porta observou, então, que a câmara escura trabalhava semelhante ao olho: A imagem entra pela pupila, como pelo buraco de uma janela, é focalizada pela córnea e pelo cristalino, onde é refratada, e em algum lugar do centro do olho ela é invertida, aparecendo de cabeça para baixo na retina, conforme acontece na câmara escura. No século XVI, astrônomo Johannes Kepler [5] e o filósofo-matemático René Descartes [6], apreciaram que o mundo é visto pelo cérebro em imagens como uma câmara escura do olho, obedecendo as leis da física ótica. Atualmente, é natural que todos aceitem o olho como aparelho captador de imagens, realizando um processo é semelhante a uma câmara fotográfica, surgida final do século XVIII e início do século XIX.

## O EXPERIMENTO

A câmara escura empregada em nosso trabalho foi construída utilizando-se os materiais citados a seguir: (i) uma caixa de sapatos, de medidas  $37,5\text{ cm} \times 16,5\text{ cm} \times 14\text{ cm}$ , com um orifício de aproximadamente  $3\text{ mm}$  de diâmetro; (ii) uma “tela-imagem” feita com papel vegetal, onde foi impresso um quadriculado de  $10\text{ cm} \times 10\text{ cm}$  com espaçamentos de  $2\text{ mm} \times 2\text{ mm}$ , e moldura de papelão. Esta moldura é que ficará dentro da caixa de sapato, onde será observado o tamanho da imagem ( $T_i$ ); (iii) uma extensão com bocal e lâmpada, que ficará atrás da “tela-objeto” (aqui foi escolhida uma lâmpada fluorescente, pois a lâmpada incandescente funciona como uma fonte de luz pontual, o que prejudica a leitura dos dados); (iv) uma “tela-objeto” de papelão e papel vegetal na forma de F, para servir de objeto a ser visto, e para medição do tamanho do objeto ( $T_o$ ); (v) régua e trena, para medições das distâncias  $d$  e  $L$ ; (vi) papelão, cola e fita crepe; (vii) tinta guache preta e pincel, para pintar o interior da caixa de sapato de preto. A Fig. 1 representa esquematicamente o nosso arranjo experimental: A lâmpada ilumina a tela-objeto (translúcida), que está a uma distância  $d$  da parede da caixa de sapato com o orifício, onde a luz a atravessa e passa pelo orifício até chegar à tela-imagem (translúcida), que está a uma distância  $L$  do orifício, onde pode ser vista, pelo outro lado da caixa, a imagem do objeto invertida.

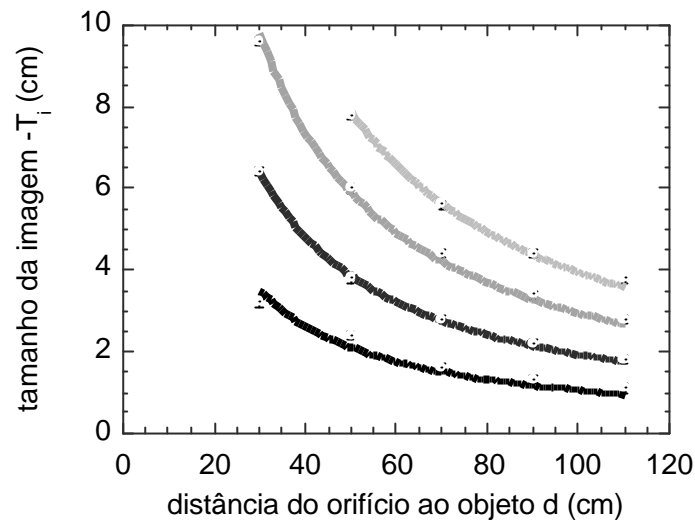


**Figura 1. Representação esquemática da câmara escura empregada com os alunos. Veja o texto para explicação dos símbolos empregados**

## DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

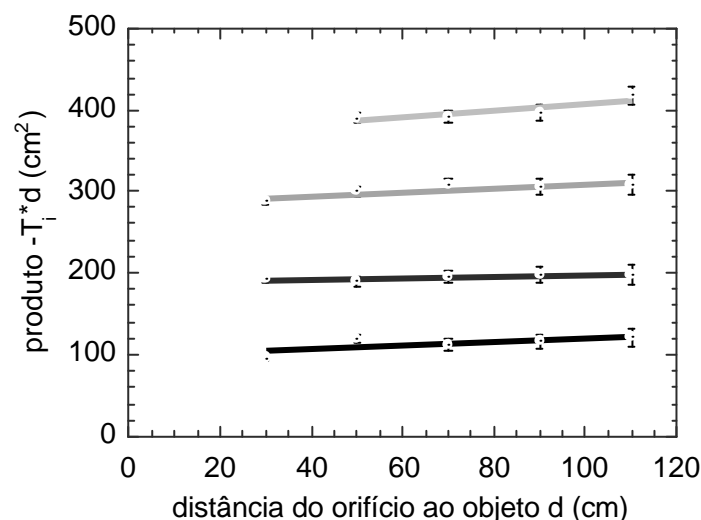
Depois de montar a câmara escura, os alunos percebem que existe uma correlação entre o tamanho da imagem invertida  $-T_i$ , produzida na câmara, em função da distância  $d$ , do objeto à câmara,. Para analisar esta correlação, inicialmente, dividimos a turma em grupos. Cada grupo fez

uma série de medidas para diferentes profundidades  $L$  da câmara. Construímos, então, um gráfico  $-T_i \times d$ , formando para cada  $L$  uma curva diferente [Fig. 2];



**Figura 2.** Tamanho da imagem no interior da câmara escura para diferentes distâncias da câmara ao objeto. Foram consideradas câmaras com profundidades  $L = 5, 10, 15$  e  $20$  cm.

Para cada curva obtida na Fig.2, o produto  $T_i \times d$ , ou seja, a área de cada ponto do gráfico, resulta em uma constante, levando em conta a aproximação de valores devido a incertezas nas medições. Isto pode ser verificado em um gráfico  $-T_i \times d$ , onde se observa para cada  $L$  uma reta de valor  $-T_i \times d$  praticamente constante [Fig. 3]:

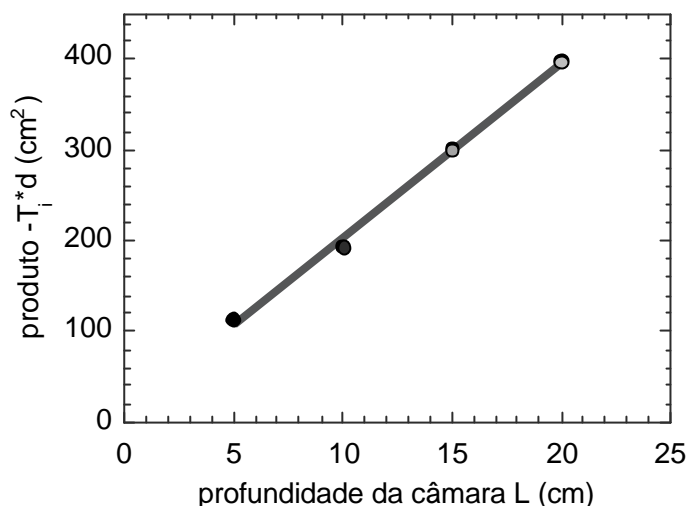


**Figura 3.** Ao manter-se fixa a profundidade  $L$  da câmara e aumentar-se a distância  $d$  do objeto à câmara, o tamanho  $T_i$  da imagem diminui e o produto  $-T_i \times d$  permanece constante.

Entretanto, esta constante varia segundo o valor da profundidade  $L$ . Este comportamento pode ser investigado em um novo gráfico, representado na Fig. 3. A partir deste gráfico, observa-se que também existe uma relação linear entre estes dois parâmetros, cujo coeficiente linear é nulo:

$$-T_i d = aL.$$

Uma inspeção geométrica junto com os alunos revela que o coeficiente angular  $a$  corresponde ao tamanho  $T_o$  do objeto,. Calculando-se o valor numérico de  $a$ , a partir do gráfico da Fig. 4, encontra-se  $a = 20 \text{ cm}$ , que coincide exatamente com o valor do tamanho do objeto  $T_o$ , apesar de um ponto estar fora da reta. Além disso, ao se prolongar a reta da Fig. 3, observa-se que, ao reduzir-se a profundidade  $L$  da câmara, o produto  $-T_i \cdot d$  é nulo. Por conseqüência, o tamanho da imagem também deve se anular. Isto é facilmente verificado experimentalmente pelos alunos como verdadeiro.



**Figura 4.** Variação do produto  $-T_i \cdot d$  com a profundidade  $L$  da câmara.

## CONCLUSÕES

Este trabalho se refere à construção dos conhecimentos de ótica geométrica que envolvem uma câmara escura através da prática em sala de aula, seguindo a orientação dos Parâmetros Curriculares Nacional - PCNs, no que se refere a reunião de informações e o ao desenvolvimento de conhecimentos, competências, habilidades e valores por meio de instrumentos reais de percepção, satisfação, interpretação, julgamento, atuação, desenvolvimento pessoal ou de aprendizado permanente.

Por meio da experiência, ajudamos o estudante a construir o conhecimento ao inseri-lo em um projeto científico que prioriza o aspecto experimental: ordenando os conceitos, planejando as estratégias de trabalho, promovendo atitudes críticas e objetivas, mostrando os caminhos e métodos de investigação quando se encontram frente a uma situação desconhecida. A experimentação motiva os estudantes, ativa a curiosidade, desenvolve a capacidade de controlar resultados e a troca de conceitos com o professor se torna mais estreita.

## REFERÊNCIAS

- [1] Luz e Visão, Time-Life, José Olympio, Rio de Janeiro, 1968.
- [2] Gregory, Richard L., Eye and Brain, Princeton University Press, 1990.
- [3] Grande Enciclopédia Delta Larousse, Delta-Larousse, 1971.
- [4] Cohen, Isaac Bernard, O Nascimento de uma Nova Física, Perspectiva, Rio de Janeiro, 1988.
- [5] Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM).