

Construção de um banco óptico para atividades experimentais no ensino de física em ambientes formais e não formais

.....

Marcos Farina*

Laboratório de Biomineralização,
Instituto de Ciências Biomédicas,
Universidade Federal do Rio de
Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Erika Negreiros*

Espaço Memorial Carlos Chagas Filho,
Instituto de Biofísica Carlos Chagas
Filho, Universidade Federal do Rio de
Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Gabriella Mendes

Espaço Memorial Carlos Chagas Filho,
Instituto de Biofísica Carlos Chagas
Filho, Universidade Federal do Rio de
Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Eleonora Kurtenbach

Laboratório de Biologia Molecular e
Bioquímica de Proteínas, Instituto de
Biofísica Carlos Chagas Filho,
Universidade Federal do Rio de
Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

RESUMO

Neste artigo, propomos a construção de um banco óptico para a utilização em ambientes formais (escolas) e não formais (museus e espaços de divulgação científica), evidenciando conteúdos dos últimos anos do Ensino Fundamental e do Ensino Médio. Detalhes sobre a obtenção e a fabricação das peças e montagem do equipamento são fornecidos. O banco óptico produzido permite a formação de imagens por lentes convergentes e divergentes; espelhos; obtenção da distância focal de lentes, por diferentes métodos; a montagem de instrumentos de óptica, como o microscópio e o telescópio, além da demonstração de relações matemáticas elementares como semelhança de triângulos, razões e proporções etc. Grande parte dos esquemas e cálculos apresentados em livros didáticos sobre a óptica geométrica pode ser representada na prática, com o banco óptico. O equipamento/produto final

Autor de correspondência. E-mail: marcos.farina.souza@gmail.com.

apresentou estabilidade e reprodutibilidade na fabricação e na demonstração de fenômenos ópticos, além de baixo custo e facilidade de montagem, sendo os materiais utilizados de fácil obtenção no mercado.

Palavras-chave: óptica; banco óptico; ensino de física

.....

1. Introdução

Os aspectos experimentais das ciências físicas e da matemática são fundamentais para a consolidação de conceitos teóricos apresentados na sala de aula pelo professor. Nesse sentido, não apenas as demonstrações práticas são importantes, mas também desafios propostos aos alunos, baseados nos tópicos discutidos e demonstrados previamente.

Tem sido mostrado que a experimentação na disciplina de física é uma importante ferramenta para que os alunos possam enfrentar as dificuldades na assimilação de conteúdos, tornando a aprendizagem mais significativa, pelo estabelecimento de vínculos entre conceitos físicos e fenômenos naturais vivenciados [1, 2]. Portanto, o uso de atividades experimentais, de forma especial no Ensino Médio, pode ser considerado um caminho metodológico para a compreensão de conceitos e sua relação com as ideias discutidas em sala de aula [3].

A óptica apresenta grande potencial para este fim, pois já de início permite a aproximação entre a física e a geometria, na demonstração, por exemplo, da relação entre a dimensão do

objeto e da imagem por uma lente convergente ou em demonstrações sobre a dispersão da luz por um prisma. Se, por um lado, a análise da dispersão da luz ajuda o aluno a entender a origem do arco-íris e dos defeitos ou aberrações das lentes, por outro, combinações de diferentes lentes e suas posições relativas no banco óptico permitem ao aluno montar instrumentos importantes para a ciência, como o microscópio e o telescópio.

A literatura especializada apresenta diversas maneiras de construir um banco óptico. O equipamento é formado basicamente por um trilho sobre o qual deslizam lentes presas a suportes apropriados, de forma a gerar imagens com dimensões diversas e aspectos particulares, dependendo das distâncias relativas entre o objeto, lentes e anteparo, no caso de imagens reais, ou entre o objeto, lentes e o olho, no caso de imagens virtuais [4, 5]. Nesse segundo caso,

a lente do olho projeta uma imagem real na retina.

No presente artigo, propomos a construção de um modelo de banco óptico de baixo custo, para utilização em instituições de ensino formal e não

formal. As dimensões propostas permitem demonstrações para grande número de alunos/pessoas, usando lentes facilmente encontradas no comércio, como em papelarias ou via internet. O equipamento pode ser redimensionado para ambientes diversos em função da escolha das distâncias focais das lentes.

Utilizamos uma fonte de luz com lâmpada de halogênio, cujo filamento faz o papel do objeto, do qual são obtidas as imagens em um anteparo. Dessa

Tem sido mostrado que a experimentação na disciplina de física é uma importante ferramenta para que os alunos possam enfrentar as dificuldades na assimilação de conteúdos, tornando a aprendizagem mais significativa

forma, muitos fenômenos da óptica geométrica foram observados/obtidos com facilidade. Incluímos, como um exemplo de aplicação, a construção de modelos simples do olho, para demonstrar (com o objetivo de evidenciar) que a visualização de um objeto implica na formação de uma imagem real na retina.

Usamos os modelos para discutir “imagem virtual”, como no caso da observação da bula de um remédio com uma lupa, cujo objeto (bula) está mais próximo da lupa do que a distância focal da lente. Nesse caso, a primeira imagem obtida é virtual. A visualização da bula através da lupa só é possível devido à existência de uma segunda lente, que é a lente do olho, sem a qual não seria possível projetar uma imagem real na retina. A montagem de uma situação semelhante no banco óptico é decisiva para levar o aluno a compreender que isso ocorre, porque para essa segunda lente (a lente do olho), a primeira imagem (virtual) que agora será o objeto, está a uma distância maior do que sua distância focal, gerando uma imagem real no fundo do olho.

Com estes modelos também demonstramos os defeitos/imperfeições geométricas da visão, hipermetropia e miopia.

2. Visão geral do banco óptico e seus componentes

A Fig. 1 apresenta uma visão geral do banco óptico proposto e alguns de seus componentes. Em particular, estão indicados fonte luminosa com lâmpada de halogênio (nessa montagem, o filamento da lâmpada corresponde ao objeto), lente, suportes de madeira para adaptação dos tubos com as lentes, trilho sobre o qual deslizam os suportes, tela para observação de imagens reais projetadas. Na Fig. 1 aparecem dois trilhos de alumínio, com larguras de 5,0 cm e 7,5 cm. Sugerimos o uso de trilhos com 7,5 cm de largura (trilho mais inferior na figura), por permitirem maior estabilidade.

3. Materiais utilizados

Na Tabela 1 estão listados os materiais utilizados para confecção do banco óptico proposto neste artigo. Todas as partes citadas correspondem a materiais de baixo custo e de fácil

aquisição em mercados locais.

O trilho (“régua de pedreiro”), tubos de PVC, parafusos, massa epóxi, cola, fita adesiva reforçada de tecido, brocas chatas para furadeiras de bancada e broca normal para furadeira comum podem ser encontrados em lojas de materiais de construção; as peças de madeira, em marcenarias ou madeireiras; a fonte de luz com lâmpada de halogênio, em lojas especializadas em iluminação, e as lentes de aumento e telas de pintura, em papelarias.

4. Detalhamento das partes

A Fig. 2 mostra as peças que adaptam a lente ao suporte que desliza sobre o trilho, e suas denominações estão indicadas na Tabela 1. O suporte é composto da base retangular e das peças laterais (Figs. 2 e 3). As peças laterais são fixadas à base retangular com cola de madeira e reforçadas com pregos. Em uma das peças laterais, realiza-se um furo com broca chata de 5/16 in diâmetro, visando a produção de sulcos para introduzir o parafuso francês (Fig. 4). A rosca para o parafuso é produzida ao se forçar sua entrada no furo da peça de madeira, cujo diâmetro é ligeiramente

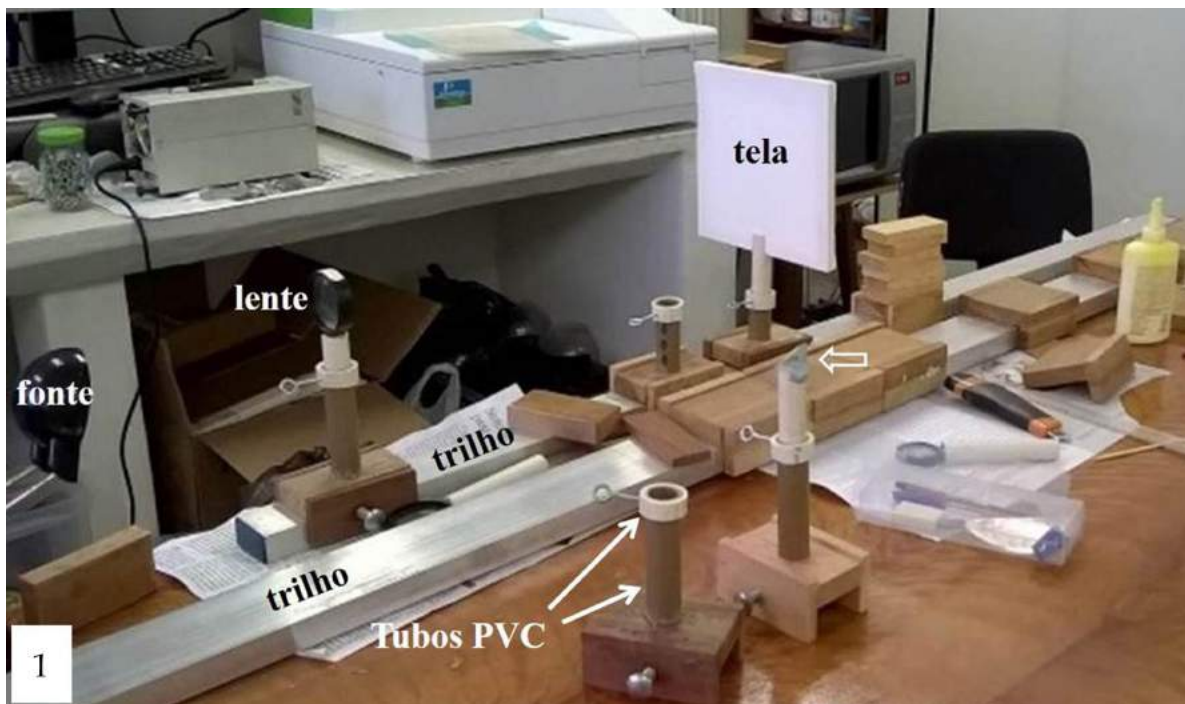


Figura 1 - Visão geral do banco óptico e de peças componentes, algumas ainda por montar, sobre mesa de trabalho. Em itálico estão destacadas as peças indicadas em detalhe, na Tabela 1 e na Fig. 2. Da esquerda para a direita: fonte com lâmpada de halogênio e feixe direcionado; trilhos para posicionamento e deslocamento das lentes sobre bases suportes; lente presa a tubo plástico (PVC branco – 2) que desliza sem folga no interior de outro tubo (PVC marrom); tubos PVC acoplados para alinhamento e fixação de lentes com parafuso *pitão* na direção vertical (setas brancas); tela para a projeção de imagens reais. A seta branca vazada indica uma peça de vidro usada como prisma para dispersão da luz. Outros acessórios, como espelhos, podem ser acoplados aos suportes para demonstrações de diversos fenômenos ópticos.

Tabela 1: Materiais utilizados na confecção do banco óptico de baixo custo. Nota: O símbolo “in” significa polegada, que equivale a 2,54 cm.

Material	Especificações
Fonte: Luminária de mesa ajustável	Lâmpada de halogênio 15 W ou 20 W, 127 V
Trilho de alumínio: Régua de pedreiro	200 cm × 7,5 cm × 2,5 cm (comprimento × largura × altura)
Lentes biconvexas (usadas para gerar imagens reais e correção de hipermetropia)	Distância focal variando de 10 a 25 cm
Lentes côncavo-convexas (usadas para correção de miopia)	- 2,0 dioptrias (distância focal 50 cm)
Tela de projeção	20 cm × 20 cm
Tubo PVC branco – 1	Comprimento 2 cm; Diâmetro da abertura 25 mm
Tubo PVC marrom	Comprimento 12 cm; Diâmetro externo, 1 in, aprox. 25 mm; Diâmetro interno aprox. 21 mm
Tubo PVC branco – 2	Comprimento 11,5 cm; Diâmetro externo 21 mm
Massa epóxi	Durepox®
Cola	Araldite®
Cola de madeira	Cascorez®
Madeira: base retangular	11 cm × 7,5 cm × 2 cm (comprimento × largura × espessura)
Madeira: peças laterais	11 cm × 4,5 cm × 1 cm (comprimento × largura × espessura)
Parafusos	Parafuso pitão; Parafuso francês
Broca chata	1 in de diâmetro
Broca chata	(5/16) in
Broca comum	1/8 in
Fita adesiva reforçada de tecido	Rolo 48 mm × 5 m
Furadeiras	Furadeira manual; Furadeira vertical de bancada
Metro de madeira	2 m de comprimento

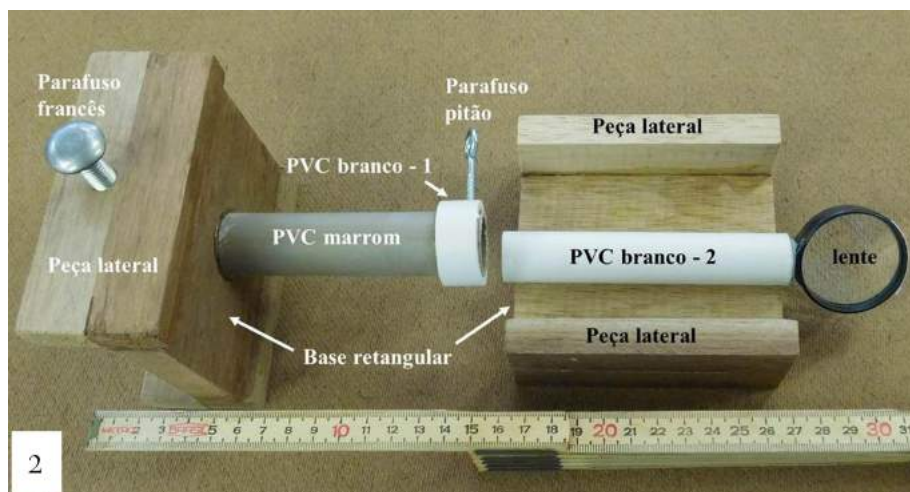


Figura 2 - Vista das partes componentes do suporte para deslocamento das lentes e acessórios do banco óptico, incluindo: *peça lateral*, *base retangular*, *tubo PVC marrom*, *tubo PVC branco – 1*, *tubo PVC branco – 2*, *lente*, *parafuso francês* e *parafuso pitão*. O metro de madeira na parte inferior da figura dá ideia das dimensões das peças. A denominação das peças em itálico é semelhante ao que está descrito na Tabela 1.

inferior ao do parafuso, o que deve ser realizado com auxílio de um alicate, devido ao alto torque necessário. Esse parafuso permite fixar o conjunto composto da *lente* e sua base de sustentação em uma posição específica no *trilho*. No centro da *base retangular* realiza-se um furo de uma polegada de diâmetro, usando *furadeira vertical de bancada*, com *broca chata* de mesma largura, onde deve ser inserido o *tubo de PVC marrom* (Figs. 2, 3 e 4). Na extremidade livre desse tubo, fixamos com *cola*

Araldite, externamente, o *tubo de PVC branco – 1*, visando produzir uma espessura de material apropriada para realizar o furo para o *parafuso pitão*, destinado a fixar o *tubo PVC branco – 2*, que fixa a *lente* na altura desejada. A *lente* é presa, introduzindo a haste da lupa original (ver lupa original na Fig. 7, objeto à esquerda na figura) no interior do *tubo PVC branco – 2* e preenchendo a região do tubo que contorna a haste com cimento de *massa epóxi*. Os dois tubos concêntricos permitem

ajuste do posicionamento vertical da *lente*, para alinhamento do eixo óptico com a altura da *fonte*. O conjunto de lentes é pré-centrado lateralmente, desde o momento em que se produz o furo circular de uma polegada.

5. Montagem e utilização do banco óptico

- O *trilho* de alumínio com comprimento de 2 m, seção transversal retangular (7,5 cm × 2,5 cm) deve ser preso a uma mesa (plana,

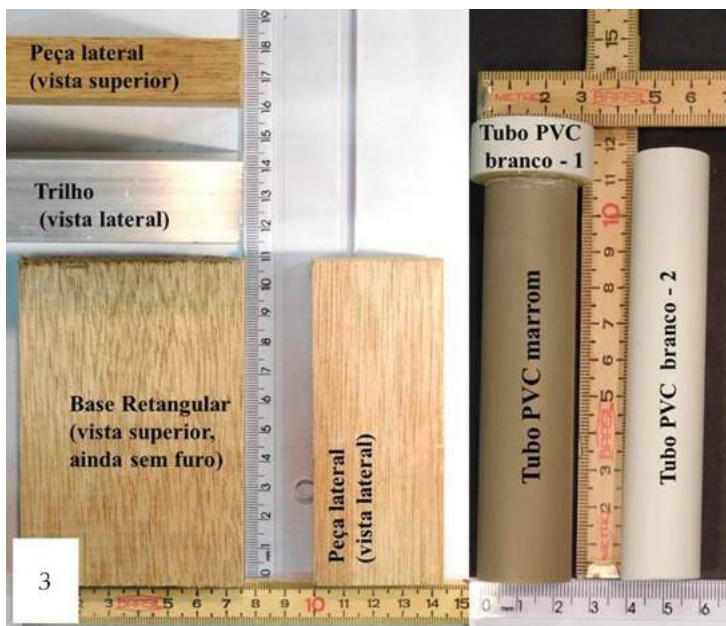


Figura 3 - Observação das peças componentes do suporte das lentes e acessórios, para deslocamento sobre o trilho, juntamente com escalas de referência.

estável, cujo comprimento exceda o comprimento do trilho) por suas extremidades, usando *fit*a adesiva reforçada de tecido, deixando um espaço livre na mesa, em uma das extremidades do *trilho*, para o posicionamento da *fonte* de luz.

- Após fixar o *trilho* à mesa, fixamos com a mesma *fit*a a *fonte* à mesa, na extremidade livre, de tal forma a permitir total aproveitamento do *trilho* para deslocamento das peças de madeira que sustentam as *lentes*.
- A *fonte* de luz e a *tela* de projeção da imagem devem ser posicionadas de tal forma que a distância do filamento à mesa seja semelhante à distância do centro da *tela* à mesa, para um melhor aproveitamento da área de projeção da imagem.
- Cada *lente* a ser utilizada deve ser ajustada no suporte e posicionada verticalmente de forma tal que projete uma imagem do filamento em um ponto próximo ao centro da *tela*. A posição desse ponto deve ser identificada/assinalada, para que todas as *lentes* a serem utilizadas projetem a imagem do filamento no mesmo ponto, pelo movimento do *tubo PVC branco - 2* e fixação com o parafuso *pitão*. Para confirmar que o feixe segue a direção do eixo óptico das *lentes*, na horizontal, deve-se aproximar e afastar a *tela* de projeção, mantendo-se a *fonte* fixa, e observar a imagem da *fonte* sobre a mesma. O centro dessa imagem (borrão

luminoso) não deve variar com o movimento da *tela*.

No modelo aqui apresentado, o filamento da *fonte* faz o papel do objeto. Portanto, as análises sobre tipo de imagem, posição relativa, orientação e aumento são feitas considerando o filamento como objeto, o qual se encontra numa das extremidades do *trilho*, oposta à extremidade onde se encontra a *tela* para projeção das imagens reais.

- A escolha das *lentes* deve levar em conta o comprimento do *trilho* (em nosso caso, 2 m). Se desejamos obter duas imagens reais em sequência, a óptica geométrica nos mostra que, para cada *lente*, com distâncias focais semelhantes de ambos os lados, a menor distância entre objeto e imagem real é de 4 vezes a distância focal. Isso significa que, se tivermos duas *lentes* convergentes com distâncias focais iguais a 10 cm, a menor distância entre o objeto (filamento, no nosso caso) e a segunda imagem, seria de $4 \times 10 + 4 \times 10 = 80$ cm. Entretanto, deve-se buscar situações com maior possibilidade de amplificação das imagens, o que leva necessariamente a *trilhos* mais longos.

6. Modelo do olho

Montagens para observação de 1) imagem real (invertida) por uma lente convergente, 2) formação de duas imagens reais em sequência por duas lentes



Figura 4 - Visão lateral da peça suporte de lentes e acessórios, contendo parte do que está apresentado de forma individualizada na Fig. 3. Observam-se (de baixo para cima): *peça lateral*, *parafuso francês*, *base retangular*, *tubo PVC marrom*, *tubo PVC branco - 1*, *parafuso pitão*. À direita observam-se as duas *brocas chatas* utilizadas nesse trabalho com *furadeira vertical de bancada*. A broca da esquerda (1 in - uma polegada) é utilizada para furar a região central da base retangular, visando a adaptação do *tubo PVC marrom*; a da direita (5/16 in) é utilizada para realizar o furo para posterior formação da rosca para o *parafuso francês*, o que é realizado durante a inserção do parafuso, ao forçar sua rotação com um alicate. A denominação das peças em itálico é semelhante ao que está descrito na Tabela 1.

convergentes (imagem final duplamente invertida, equivalendo a duas rotações de 180 graus) e 3) formação de uma imagem real a partir de uma imagem virtual original (pela utilização de uma segunda lente) são sugeridas ao professor como início de trabalho com o banco óptico. Nesse último caso, ao aproximar o objeto da lente convergente a uma distância menor do que sua distância focal, não encontramos imagem focalizada no anteparo, pois os raios luminosos divergem ao atravessar a lente.

Define-se uma imagem virtual, como aquela formada pelo prolongamento dos raios que deixam a lente, no lado oposto ao do objeto. Levamos o aluno a verificar que, para obter uma imagem real do objeto no anteparo, a partir da condição original acima, necessitamos de uma segunda lente convergente. Ao obter a imagem real, o aluno percebe que o conjunto dessa segunda lente com o anteparo é equivalente ao nosso olho, ou seja, essa segunda lente e o anteparo são equivalentes à “lente do olho” e à “retina do

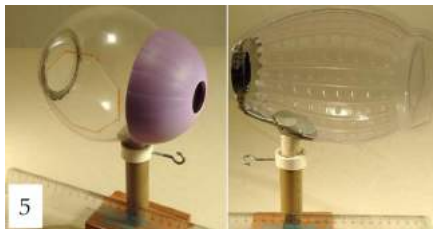


Figura 5 - Modelos de olho. À esquerda, “bombonière” de plástico com uma imitação da íris do olho (em roxo) localizada anteriormente à *lente* (não visível na imagem). O objeto roxo pode ser obtido em lojas de utensílios para cozinha e é composto de duas partes que se encaixam (aqui, apenas uma delas é mostrada). Um furo de uma polegada de diâmetro foi produzido com *broca chata*, na sua região central, para a passagem da luz. Na imagem da direita, observa-se outro modelo de olho, de plástico transparente, que corresponde à metade de um molde para confecção de ovos de Páscoa. Na região frontal (extremidade da esquerda) está adaptada a *lente*, usando *massa epóxi*. Nota: a distância focal da *lente* deve ser menor do que o comprimento do olho, para que se possa demonstrar a condição de miopia. A denominação das peças em itálico é semelhante ao que está descrito na [Tabela 1](#).

olho”.

Apresentamos na [Fig. 5](#) dois modelos de olho, que podem ser usados no banco óptico. Os modelos foram produzidos com materiais de fácil obtenção, como descrito na legenda da demonstração.

Na [Fig. 6](#) apresentamos demonstrações dos defeitos geométricos da visão conhecidos como hipermetropia e miopia, usando um modelo de olho. Na figura da esquerda, vemos que a imagem do objeto, representado pelo filamento da lâmpada (não visível na figura), está em foco num plano mais distante da lente do olho do que a retina, como é o caso da hipermetropia. À direita, vemos que a imagem se forma num plano mais próximo da lente do olho do que a retina, como é o caso da miopia. Para a



Figura 6 - Modelo de olho adaptado ao tubo PVC branco – 2 e suporte móvel, para permitir ajuste na vertical e deslizamento sobre o *trilho*. Componentes: “bombonière” de plástico transparente de onde se removeu o fundo; *Lente* (equivalente à “lente do olho”) de vidro fixada na tampa com *massa epóxi*; retina do olho (seta dupla branca); anteparo de papel branco para observar a imagem. O objeto utilizado é o filamento da lâmpada de halogênio. Imagem à esquerda: condição de hipermetropia; imagem à direita: condição de miopia. Note que em ambas situações as imagens do objeto no anteparo são invertidas. Obs.: no presente caso, a distância focal da *lente* foi de cerca de 10 cm, que é menor do que a distância entre a *lente* e o fundo, o que permite realizar a condição de miopia. A denominação das peças em itálico é semelhante ao que está descrito na [Tabela 1](#).

correção da hipermetropia, usamos óculos com lentes convergentes (lentes com aro preto na [Fig. 7](#)), e para a correção da miopia, usamos óculos com lentes divergentes (lente na parte inferior na [Fig. 7](#)).

7. Considerações finais

Consideramos o banco óptico um instrumento ideal para a iniciação em ciência e a aproximação com a matemática elementar, que é o alicerce para conhecimentos mais profundos em muitas áreas. O cálculo da ampliação da imagem do objeto por uma lente convergente leva o aluno a relembrar imediatamente o tópico de semelhança de triângulos que aprendeu em matemática, além de iniciar o entendimento, mesmo que intuitivo, de escalas de comprimento na natureza ou em sua representação, como nos mapas, plantas de



Figura 7 - Lentes a serem utilizadas nos exemplos da [Fig. 6](#), equivalentes aos óculos, para corrigir os defeitos da visão. Para corrigir a hipermetropia: introduzir, entre o olho (lente frontal do modelo de olho da [Fig. 6](#)) e o objeto, a lente convergente (cabo e aro pretos); para corrigir miopia: introduzir, entre o olho (lente frontal do modelo de olho da [Fig. 6](#)) e o objeto, a lente divergente. O objeto, no caso da [Fig. 6](#), é o próprio filamento da lâmpada de halogênio. Lentes convergentes utilizadas para corrigir os defeitos da [Fig. 6](#): distância focal 20 cm; lente divergente: - 2,0 dioptrias, ou distância focal = 50 cm. Escala: o diâmetro da lente divergente (parte inferior da figura) é de 70 mm.

terrenos ou maquetes de um edifício. Além disso, o uso do banco óptico contribui para o entendimento de todos os instrumentos de óptica, fornecendo ao aluno os fundamentos necessários para esse fim. Esperamos estimular os alunos a desenvolver experiências para permitir momentos de reflexão, criatividade, cooperação, investigação e troca de ideias e contribuir para a aquisição de novos conhecimentos.

Este trabalho teve como objetivo principal descrever a montagem de um banco óptico e a fabricação das peças componentes. Sugestões objetivas de aplicações e desafios aos alunos usando o equipamento serão assunto de um trabalho futuro.

Agradecimentos

Richard de Oliveira pela [figura 4](#), CNPq e FAPERJ por auxílios financeiros.

Referências

- [1] M.S.T. Araújo, M.L.V.S. Abib, Revista Brasileira de Ensino de Física **25**, 176 (2003).
- [2] I. Higa, O.B.A. Oliveira, Educar em Revista **44**, 75 (2012).
- [3] E.M. Grasselli, *Os Desafios da Escola Pública Paranaense na Perspectiva do Professor PDE* (SEED, Curitiba, 2014).
- [4] E.S. Oliveira, I.S. Lima, G. Dutra, Física na Escola **13**(1), 10 (2012).
- [5] T.R. da Silva, Física na Escola **5**(1), 15 (2004).