

CONVERGÊNCIA E DIVERGÊNCIA DE RAIOS DE LUZ POR LENTES E ESPELHOS: UM EQUIPAMENTO PARA AMBIENTES PLANEJADOS DE EDUCAÇÃO INFORMAL⁺*

Osmar Henrique Moura da Silva
Amarildo Ramos de Almeida
Ferdinando Vinicius Domenes Zapparoli
Sérgio de Mello Arruda
Museu de Ciência e Tecnologia – UEL
Londrina – PR

Resumo

Este artigo descreve a elaboração de um equipamento automatizado de óptica geométrica que abrange demonstrações de convergência e divergência de raios de luz por lentes e espelhos. O equipamento foi desenvolvido para o Museu de Ciência e Tecnologia de Londrina (MCTL), situando-se no âmbito da educação informal em ambientes planejados. O trabalho se insere em um projeto mais amplo de instalação de experimentos interativos de óptica bem como de investigações sobre o ensino desse conteúdo no ensino básico no MCTL. O equipamento, de fácil construção, também poderia ser utilizado para demonstrações em sala de aula.

Palavras-chave: *Convergência e divergência de raios de luz. Experimento de óptica geométrica. Ambientes planejados de educação informal.*

⁺ Convergence and divergence of light rays by lenses and mirrors: an equipment for designed environments of informal education

^{*} *Recebido: novembro de 2012.*
Aceito: abril de 2013.

Abstract

This paper describes the development of an automated equipment of Geometric Optics covering demonstrations of convergence and divergence of light rays by lenses and mirrors. The equipment was developed for the Museum of Science and Technology of Londrina (MCTL), standing under the informal education in designed environments. The work is part of a broader project of installation of interactive experiments in Optics as well as research on teaching this content in basic education in MCTL. The equipment, easy to construct, could also be used for classroom demonstrations.

Keywords: *Convergence and divergence of light rays. Geometric Optics experiment. Designed environments of informal education.*

I. Introdução

O presente artigo situa-se dentro de um projeto mais geral sobre o ensino da óptica, tanto em ambientes planejados de educação informal – ou seja, museus, centros de ciência e congêneres (NRC, 2009, p. 48) – quanto na escola. Inicialmente os equipamentos ou experimentos – em geral demonstrativos e interativos – estão sendo construídos e instalados no Museu de Ciência e Tecnologia de Londrina¹. Paralelamente, trabalhos de pesquisa estão sendo conduzidos, vinculados a mestrados e/ou doutorados em andamento, cujos objetivos são investigar a utilização dos equipamentos por estudantes do ensino básico que interagem com eles durante visita ao museu, bem como a sua utilização no contexto da educação formal, em particular, nas experiências didáticas, realizadas em escolas públicas de Londrina, por estudantes da licenciatura em Física envolvidos no Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID).

Centros educacionais como museus de ciência e tecnologia (MCTs) procuram diferenciar-se do ensino escolástico tradicional visando complementá-lo (VALENTE *et al.*, 2005, p. 198) ou ir além disto (MARANDINO, 2001, p. 97; BERTELLI; NASCIMENTO, 2011). Constituídos por uma diversidade de atividades de cunho experimental, interativo e lúdico, estes ambientes sempre almejam

¹ Exemplos divulgados: Silva e Laburú (2009); Silva, Zapparoli e Arruda (2012).

possibilitar que os visitantes alcancem melhores reestruturações do conhecimento de senso comum em direção ao que cientificamente se encontra estabelecido (PEREIRA *et al.*, 2008, p. 104). Coerentemente, as necessidades de ampliação e aprimoramento das demonstrações de suas áreas de exposições públicas permanentes são constantes preocupações a fim de que as visitas sejam momentos cada vez mais ricos e intensos de aprendizagem. Dentro da perspectiva da aprendizagem por livre escolha (DIERKING, 2005) em variabilidade ao ensino formal, estes ambientes corriqueiramente disponibilizam demonstrações em que os visitantes, por si só, interajam livremente no que se espera ser uma maneira diferente e prazerosa de envolver o conhecimento científico. Para isto, muitos equipamentos são automatizados constituindo-se em confiáveis “brinquedos”, compostos por comandos que conduzem o que fazer e observar, além de textos explicativos adaptados ao público alvejado. Assim preparados, estes equipamentos suplantam o papel dos experimentos simples e de custo reduzido sugeridos para escolas sem laboratórios (CHINELLI *et al.*, 2008, p. 4505-4509) e, conforme Pereira *et al.* (2008, p. 100), após interação com uma aglomeração desses equipamentos em atividades museais, é sensível o impacto benéfico de maior empenho dos participantes em saber mais sobre algum tópico evidenciado.

Com a pretensão de contribuir para aqueles compromissados com os ambientes planejados para a educação científica informal (NRC, 2009, p. 48),² este trabalho divulga a elaboração de um equipamento de óptica geométrica que abrange as demonstrações de convergência e divergência de raios de luz por lentes e espelhos, sendo orientadas por comando e textos explicativos dos fenômenos. Tecnicamente, o equipamento apresenta automatização adaptada à energia elétrica padrão de 127V, cujas demonstrações físicas são realizadas pelo simples acionamento de um botão.

II. Materiais utilizados e construção do equipamento

Na pretensão de melhor orientar esta construção, apresentam-se três subseções relacionadas assim denominadas: O arranjo experimental dos raios de luz (lasers) incidentes nas lentes e espelhos; a automatização por circuito eletrônico; e a montagem final. Na montagem final, também se apresenta um modelo criado relativo ao comando de orientação com textos explicativos dos fenômenos para se vincular no equipamento.

² Do museu de ciência e tecnologia da instituição onde se encontram os autores.

II.1 O arranjo experimental dos raios de luz (lasers) incidentes nas lentes e espelhos

Os materiais necessários ao arranjo experimental dos raios de luz incidentes nas lentes e espelhos desta etapa da montagem são: 12 lasers vermelhos com potência aproximada de 5mW e 4,5V (DC); 1 lente cilíndrica biconvexa de acrílico (convergente) de 7cm de comprimento e 1cm de espessura; 1 lente cilíndrica biconcava de acrílico (divergente) de 7cm de comprimento e 1cm de espessura; 1 espelho cilíndrico côncavo de 7cm de comprimento e 3cm de altura (podendo-se usar chapa fina curvada de acrílico espelhado ou de aço inox polido); 1 espelho cilíndrico convexo de 7cm de comprimento e 3cm de altura (podendo-se usar chapa fina curvada de acrílico espelhado ou de aço inox); 4 cilindros pequenos (maciços) de vidro, cada um com 7cm de comprimento e 1cm de diâmetro; 4 chapas pequenas de acrílico. Cada uma com (7x2,5)cm de área e 1cm de espessura; 8 arames de clips de 1,5mm de diâmetro; fio tipo cabinho e solda estanho; adesivo epóxi de secagem rápida.

A princípio, como esses lasers originalmente funcionam por meio de pilhas, estas são eliminadas e internamente, nos terminais positivo e negativo de cada um deles, soldam-se com estanho dois fios condutores (tipo cabinho) para que todos os lasers sejam posteriormente conectados ao circuito eletrônico que os alimentará, seguindo o esquema da próxima subseção. A Fig. 1 exemplifica um típico laser adquirido no comércio então utilizado e que possui dois botões, um para acionar o laser, e outro, neste caso desnecessário, que aciona um led branco.



Fig. 1 – Foto do laser vermelho com fios tipo cabinho soldados nos terminais de alimentação positivo e negativo. O fio que atravessa o furo da tampa é soldado na mola interna (terminal negativo).

Em todas as quatro demonstrações aqui sugeridas, faz-se necessário o atrelamento de, pelo menos, três lasers. A intenção é produzir três raios de luz lançados em paralelo e espaçados regularmente utilizando três lasers em cada demonstração. Para isso, igualmente nas quatro chapas pequenas de acrílico são rea-

lizados três furos onde, de forma justa, se encaixam os lasers. Uma acomodação destas é mostrada na Fig. 2, onde se vê o alinhamento de três lasers em uma dessas chapas. Na Fig. 2, também se vê adaptado o cilindro de vidro, com extremidades fixadas (com cola epóxi) nos arames laterais que o seguram em frente ao alinhamento dos três lasers. Esta disposição do cilindro permite que os lasers o atravessem produzindo os desejados raios de luz visíveis na superfície de observação³. Conforme a Fig. 2, os dois arames laterais transpõem a chapa de acrílico, sendo curvados e fixados na base, logo, sustentam toda a armação. Esta sustentação de arame é conveniente, pois permite que se a incline para frente e para trás, melhor ajustando o direcionamento dos raios de luz na superfície de observação. Os botões de cada laser são permanentemente pressionados usando abraçadeiras de plástico, vistas na Fig. 2 na cor preta.

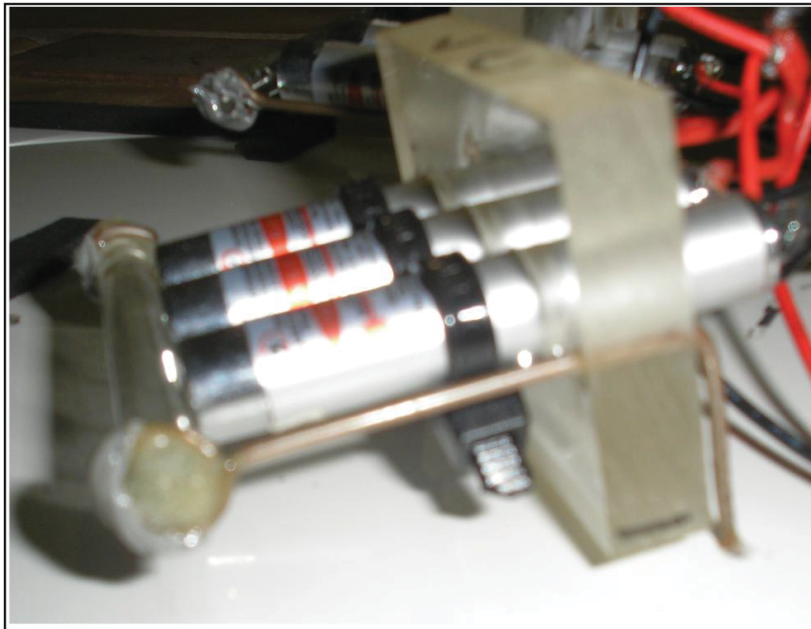


Fig. 2 – Alinhamento de três lasers na chapa de acrílico com acomodação frontal do cilindro de vidro, sustentados pelos arames laterais.

³ Devido à sua dimensão indicada, a função deste cilindro é permitir uma determinada refração que diverge o feixe do laser ao atravessá-lo. Com isso, gera-se um raio e luz que percorre toda uma superfície desejada às demonstrações.

As fiações positivas e negativas de cada laser devem ser ligadas em paralelo para, de acordo com a próxima subseção, conectá-los ao circuito eletrônico. Apresenta-se na Fig. 3 um desenho das quatro demonstrações de convergência e divergência de raios de luz, almejadas com as lentes e espelhos especificados. Nessa Fig. 3 há uma orientação da ligação em paralelo da fiação dos doze lasers usados e de como se sugere estarem dispostos neste arranjo experimental com as lentes e espelhos que, assim distribuídos, compõem um quadro óptico a finalizar.

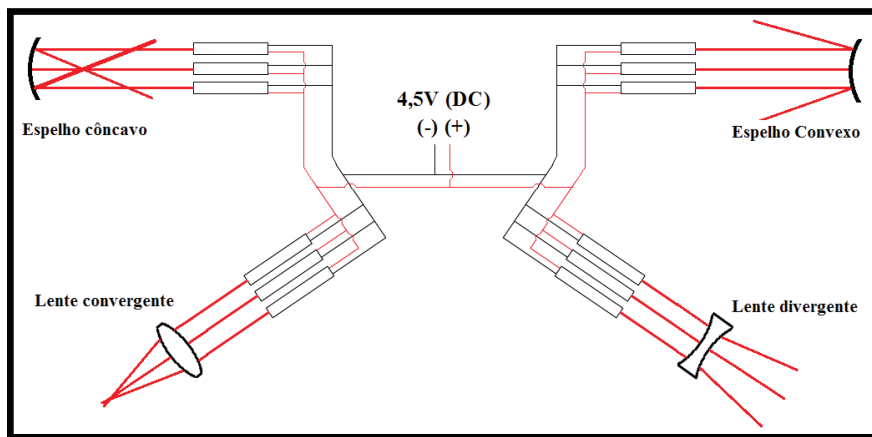


Fig. 3 – Arranjo experimental dos raios de luz incidentes nas lentes e espelhos.

II.2 A automatização por circuito eletrônico

O equipamento é provido de um dispositivo eletrônico para desligamento automático com tempo programado que ativa simultaneamente as quatro demonstrações por apertado de um botão. Os componentes necessários para desenvolvê-lo são: 1 fonte de 5V(DC) frequentemente usada para carregar baterias de celulares; 1 potenciômetro pequeno com cerca de 300Ω ; 1 placa para montagem de circuito eletrônico perfurada (pré-furada) de (16×10) cm; 1 transformador 127/12V (0,5A); 2 diodos IN 4007, 1 capacitor de $1000\mu\text{F}$ de 16V; 1 capacitor de $20\mu\text{F}$ de 16V; 1 capacitor de $10\mu\text{F}$ de 16V; 1 chave liga-desliga; 1 botões *push-button* (tipo NA); 1 resistor de $1\text{M}\Omega$; 1 resistor de $22\text{K}\Omega$; 1 resistor de $1\text{K}\Omega$; 1 transistor BC548; 1 relé de 12V; 1 CI 555; 1 fio duplo com pino macho para ligação na tomada.

Na Fig. 4, é apresentado o esquema elétrico para se adaptar os componentes citados, encaixando-os na placa perfurada e realizando as ligações com fios tipo cabinho e solda estanho. Pode-se, também, usar uma placa comum fazendo o mé-

todo mais tradicional em que se desenha o esquema elétrico nela com caneta apropriada. Todavia, deve-se levar em conta o tempo gasto nas etapas posteriores do uso de percloroeto de ferro para remoção do cobre e da furação devidamente espaçada na chapa para encaixe dos componentes, além das soldas.

Completada as ligações procedentes na Fig. 4, este dispositivo de controle aciona todos os lasers ao mesmo tempo por aperto do botão e os desliga automaticamente após um tempo que é diferido ao se modificar o capacitor de $20\mu\text{F}$, que pode inclusive ser substituído por um capacitor variável, cujo valor dependerá do interesse em ajustar o tempo de funcionamento⁴ dos lasers; por conseguinte, das demonstrações. É importante notar que o desenho das ligações da Fig. 4 se une ao desenho da Fig. 3, tendo-se o potenciômetro ligado em série, entre a fonte de 5V e os lasers, permitindo acertar a tensão fornecida a estes últimos para o limite de 4,5V. A chave liga-desliga é uma opção para deixar o equipamento permanentemente conectado à tomada.

II.3 A montagem final

O equipamento finalizado pode ser adaptado numa bancada, mas sugere-se afixá-lo numa parede para economia de espaço físico além de comportar mais observadores simultâneos. Para isso, uma caixa de acrílico com dimensões de (35x75x10)cm, chapa de 1cm de espessura, deve ser aprontada para que nela se interiorizem os elementos já preparados (Fig. 5). Apenas o fundo da caixa deve ser de fórmica branca lisa (brilhante e não fosca) no intuito de melhorar a visualização dos raios de luz ali incidentes. A parte frontal pode ser pintada de preto deixando transparentes somente os quatro setores onde percorrem os raios de luz (Fig. 5 e 6), separando uma demonstração da outra com divisórias pretas de acrílico. O circuito eletrônico é acomodado no centro, sobressaindo o botão que aciona o equipamento. O potenciômetro pode ser colado internamente para um eventual ajuste e, externamente, numa lateral da caixa, adapta-se a chave liga-desliga incluindo-se um furo de saída para a fiação a ser ligada na tomada de 127V. Como a caixa tem 75cm de largura, pode-se parafusar uma barra de ferro de (85x3)cm (3mm de espessura) centralizada atrás dela, em que os 5cm restantes de cada lado são furados para fixar, com parafusos, a estrutura no local determinado.

⁴ Nessa finalidade pode-se também manter o capacitor de $20\mu\text{F}$ e trocar o resistor de $1\text{M}\Omega$ por um resistor variável (*trimpot*).

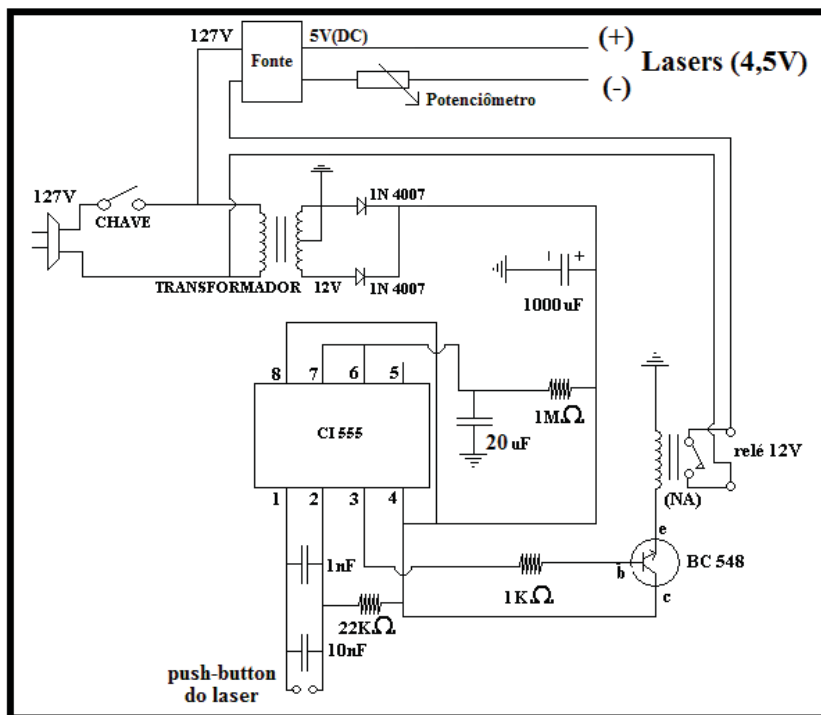


Fig. 4 – Esquema elétrico do circuito de controle automático⁵.

Acabada esta etapa da montagem, a atenção refere-se à orientação de funcionamento com textos explicativos dos fenômenos que, pela automatização feita, é necessário destacar uma frase tipo “PRESSIONE O BOTÃO” ao lado deste.

Facilmente assim ativadas as demonstrações dessa automatização, as explicações físicas devem situar os conceitos de convergência e divergência de raios de luz referente aos espelhos e lentes usados. Um modelo nesse sentido aqui estruturado encontra-se em anexo e deve ser entendido como uma alternativa ao que pode ser empregado no equipamento. A Fig. 6 apresenta uma foto do equipamento finalizado, disponível para experimentação numa área de exposição pública do MCT, em que se percebe uma distribuição dos comentários pensados a cada de-

⁵ Desenvolvimento alcançado por ideias em Saber Eletrônica
<<http://www.sabereletronica.com.br/secoes/leitura/1595>>.

monstração, objetivados a prover um envolvimento dos visitantes com o conhecimento científico dentro da perspectiva seguida em espaços educativos não formais.

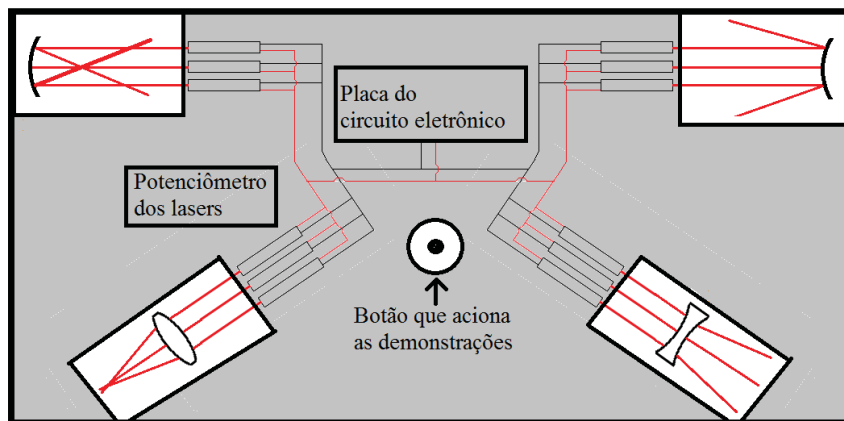


Fig. 5 – Caixa montada com os setores ilustrados em regiões claras para observação.



Fig. 6 - Foto do equipamento finalizado e fixado numa parede do MCT, podendo-se notar o design geral da montagem que incluem os comentários do anexo.

⁶ Particularmente preferiu-se dedicar um pouco mais de tempo artesanal para, ao invés das divisórias mencionadas, realizar um recorte da caixa que acompanha os setores de cada demonstração gerando esta aparência da foto. Também se preferiu desenvolver separada-

III. Considerações finais

Para os fenômenos ópticos aqui tratados, sugestões com montagens de custo reduzido são bem divulgadas e kits de experimentos relacionados podem ser adquiridos no comércio. Todavia, conforme Galiazzi *et al.* (2001, p. 250), embora seja consenso em educação científica de a experimentação ser uma atividade fundamental cuja tentativa de implantação nas escolas é admitida há mais de cem anos, a vivência escolar mostra que as atividades experimentais pouco acontecem mesmo com a crença dos professores de que, por meio delas, pode se transformar o ensino de Ciências. Professores justificam uma resistência nesse sentido devido ao tempo gasto na preparação da atividade experimental que, ainda se elaborada a partir de materiais de baixo custo, exige uma habilidade específica do educador numa almejada demonstração que substitua as dos kits comercializados, estatisticamente considerados em falta pelo INEP (2003) nas escolas de nível básico. Museus de Ciência e Tecnologia (MCTs) procuram sanar esse problema. Aos envolvidos com a educação nesses ambientes, o presente trabalho divulga a elaboração de um equipamento automatizado de óptica geométrica que pode ser bem aproveitada. A montagem é inovadora e permite que as demonstrações sejam facilmente realizadas pela automação incrementada, considerando-se o desempenho do equipamento da Fig. 6 em atendimento aos visitantes já há mais de dois anos. Dentro da perspectiva lúdica de interação com ele, espera-se possibilitar que os fenômenos observados sejam posteriormente bem resgatados da memória de um estudante em situações de sala de aula aonde o assunto venha ser abordado, permitindo que o educador possa então usufruir de tais lembranças em melhoria do aprendizado dos conceitos físicos relacionados no decorrer das discussões. Por fim, ao texto explicativo em anexo, vale ressaltar que ele constitui-se um exemplo aqui estruturado a ser fixado no equipamento e serve como auxílio educacional, mas que vale um aprimoramento seguindo-se algum critério desejado aos detalhes das explicações físicas com adequação ao público alvo.

Agradecimentos

À CAPES/PIBID e ao CNPq pelo apoio financeiro.

mente dois circuitos eletrônicos com dois botões de acionamento, um para as demonstrações superiores dos espelhos e outro para as demonstrações inferiores das lentes.

Referências

BERTELLI, M. Q.; NASCIMENTO, S. S. A dimensão educativa de um museu de ciência sob enfoque dos conceitos de identidade e papel organizacional. In: REUNIÓN BIENAL DE LA RED POP, XII, 2011, Campinas. **Atas...** Campinas: E-COLOR, 2011. p. 15-585.

CHINELLI, M. V.; PEREIRA, G. R.; AGUIAR, L. E. V. Equipamentos interativos: uma contribuição dos centros e museus de ciências contemporâneos para a educação científica formal. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, n. 4, p. 4505, 2008.

DIERKING, L. D. Lessons without limit: how free-choice learning is transforming science and technology education. **História, Ciências, Saúde – Manguinhos**, v. 12 (supplement), p. 145-160, 2005.

GALIAZZI, M. C.; ROCHA, J. M. B.; SHIMITZ, L. C.; SOUZA, M. L.; CIESTA, S.; GONÇALVES, F. P. Objetivos das atividades experimentais no ensino médio: a pesquisa coletiva como modo de formação de professores de ciências. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p. 249-263, 2001.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física**, 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1995. v. IV.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA – INEP. **Estatísticas dos Professores no Brasil** (INEP, Brasília, 2003).

MARANDINO, M. Interfaces na relação museu-escola. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 18, n. 1, p. 85-100, 2001.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Learning science in informal environments: people, places, and pursuits**. Committee on learning science in informal environments. Philip bell, Bruce Lewenstein, Andrew W. Shouse, and Michael A. Feder (Eds.). Board on Science Education, center for education. Division of behavioral and social sciences and education. Washington, DC: The National Academies Press, 2009.

PEREIRA, G. R.; CHINELLI, M. V.; COUTINHO-SILVA, R. C. Inserção dos centros e museus de ciências na educação: estudo de caso do impacto de uma atividade museal itinerante. **Ciência & Cognição**, v. 13, n. 3, p. 100-119, 2008.

SABER ELETRÔNICA: o seu portal para o universo da eletrônica – on-line. Disponível em: <<http://www.sabereletronica.com.br/secoes/leitura/1595>>. Acesso em: 31 ago. 2012.

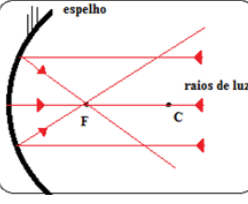
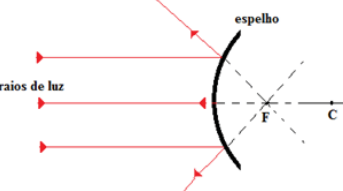
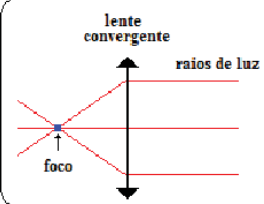
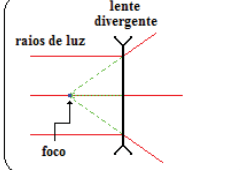
SILVA, O. H. M.; LABURÚ, C. E. Motor elétrico de Faraday: uma montagem para museus e laboratórios didáticos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 26, n. 3, p. 478-491, 2009.

SILVA, O. H. M.; ZAPAROLLI, F. V. D.; ARRUDA, S. M. Demonstrações em óptica geométrica: uma proposta de montagem para ambientes de educação não formal. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. 3, p. 1199-1199, dez. 2012.

VALENTE, M. E.; CAZELLI, S.; ALVES, F. Museus, ciência e educação: novos desafios. **História, Ciência, Saúde – Manguinhos**, v. 12 (suplemento), p. 183-203, 2005.

Anexo⁷

Experimento de convergência e divergência de raios de luz

	<p>Observe no canto superior esquerdo que os raios de luz, por incidirem paralelamente ao eixo principal, refletem na direção do foco. No espelho côncavo, este foco é um ponto real, formado pelo cruzamento dos próprios raios de luz conforme a figura.</p>
<p>Observe no canto superior direito que o foco no espelho convexo é virtual, formado pelo prolongamento dos raios de luz, conforme a figura.</p>	
<p>Observe no canto inferior esquerdo que os raios de luz chegam à lente biconvexa formando um ângulo de 90°. Como a lente é do tipo convergente, note que os raios de luz atravessam a lente (sofrem refração) e convergem para o foco, conforme a figura.</p>	
<p>Observe no canto inferior direito que os raios de luz chegam à lente bicôncava formando um ângulo de 90° (e sofrem refração), mas como ela é divergente, irá espalhá-los. Repare que se você prolongar para trás os raios que atravessam a lente eles irão se cruzar em um ponto, determinando o foco conforme se vê na figura.</p>	

⁷ Texto modelo para conduzir o visitante em o que fazer e observar durante uma experimentação. Os quatro comentários (de acordo com HALLIDAY et al., 1995) são direcionados a cada demonstração.