

INVISIBILIDADE DA GARRAFA: UM EQUIPAMENTO DEMONSTRATIVO DE ÓPTICA GEOMÉTRICA PARA AMBIENTES DE EDUCAÇÃO INFORMAL

BOTTLE INVISIBILITY: GEOMETRIC OPTICS DEMONSTRATION EQUIPMENT FOR INFORMAL EDUCATION ENVIRONMENTS

Osmar Henrique Moura da Silva¹ [osmarh@uel.br]

Sergio de Mello Arruda^{1,2} [sergioarruda@sercomtel.com.br]

¹ *Universidade Estadual de Londrina, Museu de Ciência e Tecnologia. Rodovia Celso Garcia Cid, Pr 445 Km 380, Campus Universitário, Cx Postal 10.011, CEP 86057-970, Londrina-PR.*

² *Com apoio do CNPq*

RESUMO

Museus de Ciência e Tecnologia (MCTs) e similares comumente buscam ampliar seus acervos de experimentos com os quais os próprios visitantes interagem livremente no que se almeja ser uma maneira diferente e divertida de envolver o conhecimento científico. Este trabalho apresenta a elaboração de um equipamento automatizado à energia elétrica padrão (127 V) que possibilita ao experimentador visitante realizar, por simples manuseio de chave comutadora, a demonstração do desaparecimento de uma garrafa ao inseri-la em um líquido, fazendo-a aparecer novamente quando emersa. Contribui-se com essa alternativa montagem que vem a ser tipicamente proveitosa a esses ambientes de educação informal.

PALAVRAS-CHAVE: óptica geométrica, montagem de experimento, invisibilidade da garrafa, museus de ciência e tecnologia.

ABSTRACT

Science and Technology Museums and others alike are usually interested in engaging demonstrations with which visitors can freely interact in a fun and different way in order to acquire scientific knowledge. This work presents the development of a 127v electric automated machine which enables visitors to demonstrate, by simply handling a switch key, the disappearance of a bottle when it is immersed in a liquid and to make it reappear when immersed. The equipment and demonstration contribute to the development of alternative scientific environments which are extremely useful as far as informal education is concerned.

KEYWORDS: *geometrical optics, assembly experiment, bottle invisibility, Science and Technology museums.*

INDRODUÇÃO

Museus de Ciência e Tecnologia (e similares) têm-se expandido no Brasil (DENTILLO, 2013). Embora a Associação Brasileira de Centros e Museus de Ciência (ABCMC) esteja preparando um registro atual de quantos deles existem no país, para além do levantamento inicial de 2005 a 2009 que indicou um crescimento próximo de 73%, estimando cerca de 190 desses ambientes, a quantidade é avaliada insuficiente ao atendimento de mais de cinco mil municípios (idid.). Aliás, essa totalidade aferida constitui uma amostra heterogênea, pois se encontram sobressaídos os museus mais populares (“de grande porte”) somados com os demais que, comparativamente, se mostram ainda em etapa inicial de elaboração e ampliação de suas atividades interativas (SILVA, 2015, p. 911). Muitas dessas atividades concebem a interação do público visitante com uma multiplicidade de aparatos que ocorrem, majoritariamente, “ou por manuseio de manivelas ou por aberto de botões” (ISZLAJI, 2012: 90), almejando-se uma perspectiva de entretenimento (CHELINI e LOPES, 2008: 228 e 235; VALENÇA, 2006: 333). Para Pavão e Leitão (2007: 41), além do entretenimento e informação, os experimentos interativos “*representam um progresso ao oferecerem certo envolvimento lúdico do público*”, entendimento este exemplificado por Bonatto et al. (2007: 49). Nesse contexto, diversos equipamentos automatizados são desenvolvidos como sendo “*um seguro ‘brinquedo’ com o propósito de gerar uma impressão divertida de abarcar o conhecimento científico, constituídos por comandos que conduzem o que fazer e observar, além de textos explicativos apropriados ao público alvo*” (SILVA et al., 2013: 429; SILVA et al., 2012: 1189). Assim preparados, tem-se avaliado que eles superam o papel daqueles experimentos simples e de custo reduzido que são indicados para escolas sem laboratórios (CHINELLI et al., 2008: 4505-4509) e, quando conglomerados em atividades museais, em complemento à educação científica formal (VALENTE et al., 2005: 198), é perceptível um maior envolvimento dos visitantes em saber mais sobre algum tema exposto após participação nas atividades (PEREIRA et al., 2008: 100).

Todavia, grande parte dos MCTs acaba adquirindo suas demonstrações de fabricantes específicos que as comercializam a custo considerável ou de outros MCTs que possuem uma equipe técnica capacitada em fabricá-las. Situação, esta última, presenciada por um dos autores do presente trabalho ao participar e interagir com integrantes de um evento nacional intitulado “Design e construção de equipamentos interativos”, realizado anos atrás num dos maiores MCTs do país. Diante disso, o presente trabalho apresenta a elaboração de um equipamento automatizado à energia elétrica padrão (127V) que possibilita o experimentador visitante realizar, por simples manuseio de chave comutadora, a demonstração do desaparecimento de uma garrafa ao inseri-la num líquido, fazendo-a aparecer novamente quando emergida. Contribui-se com essa alternativa montagem que vem a ser tipicamente proveitosa a esses ambientes de educação informal, na medida em que as comunidades de profissionais atuantes em pequenos e médios museus e centros de ciência, estando em fase inicial de elaboração ou não, seguem a meta de continuamente aprimorarem e ampliarem seus acervos de equipamentos interativos numa perspectiva de entretenimento e simulações.

Materiais utilizados e construção do equipamento

Para o seguimento da proposta de montagem da demonstração no contexto do ensino informal tratado, discutir-se-á um mecanismo automatizado de controle da suspensão e submersão da garrafa, uma estrutura de acabamento feita de acrílico, e um comando de acionamento com texto explicativo do fenômeno que deve ser anexado no equipamento quando finalizado.

Para isso, a lista dos principais materiais empregados contém: micro switch (2 unidades); motor elétrico pequeno de 12 V com engrenagens diminuidoras de velocidade de rotação (1 unidade). Este motor é facilmente encontrado em aparelhos domésticos (Ex.: radio gravador, vídeo cassete etc) Nesta montagem foi utilizado um motorzinho, já com as engrenagens prontas (foto na figura 1), retirado de um projetor de slides queimado; pequena garrafa cilíndrica de vidro com superfície lisa, transparente e incolor (equivalente às de pimenta que se encontra no mercado); chave comutadora de 6 terminais ON/ON (1 unidade); fiação com pino macho para ligação em tomada padrão; fonte para celular com tensão de cerca de 9 V e amperagem superior a 500 mA (1 unidade). Obs.: O motor aqui usado é originalmente alimentado com 12 V (DC) e uma fonte com tensão menor que 7,5 V talvez não seja capaz de fazê-lo girar as engrenagens e movimentar a garrafa. Pode-se também obter uma fonte equivalente através da retificação comumente conhecida que se faz de um transformador, no caso de 127 V para 12V, com pontes de diodo e capacitor; rodana de plástico ou PVC com Diâmetro de 2 cm e espessura de 5mm (1 unidade). Alguns tipos de grampos para varais encontrados no comércio têm uma roldana semelhante que pode ser adaptada, embora ela seja facilmente confeccionada em um torno; chapas de acrílico de 10 mm e 5 mm; cantoneira de ferro (mais à frente especificada); glicerina; copo de vidro cilíndrico liso, transparente e incolor de 250 ml (1 unidade).

A figura 1A apresenta um esquema elétrico para efetuar as ligações entre os componentes ali mostrados, em que a chave comutadora desenhada é vista por trás, onde se identificam seus 6 terminais.

É interessante notar que as ligações entre a fonte de 9 V, o motor e essa chave comutadora permitem que, em determinada posição, a chave estabelece um sentido da corrente elétrica no circuito e, noutra posição, ela inverte esse sentido; o que implica em inversões dos sentidos de rotação do motor. Já cada micro switch é interligado no circuito por seus terminais laterais de modo que um ligeiro deslocamento de sua haste interrompe a corrente elétrica (figura 1C). Dois desses componentes atuam para cessar o funcionamento do motor, ora num sentido de rotação ora noutro. A foto no canto superior esquerdo da figura 1A ilustra as engrenagens redutoras de velocidade, típicas do motor especificado, e indica onde se pode acoplar uma pequena roldana.

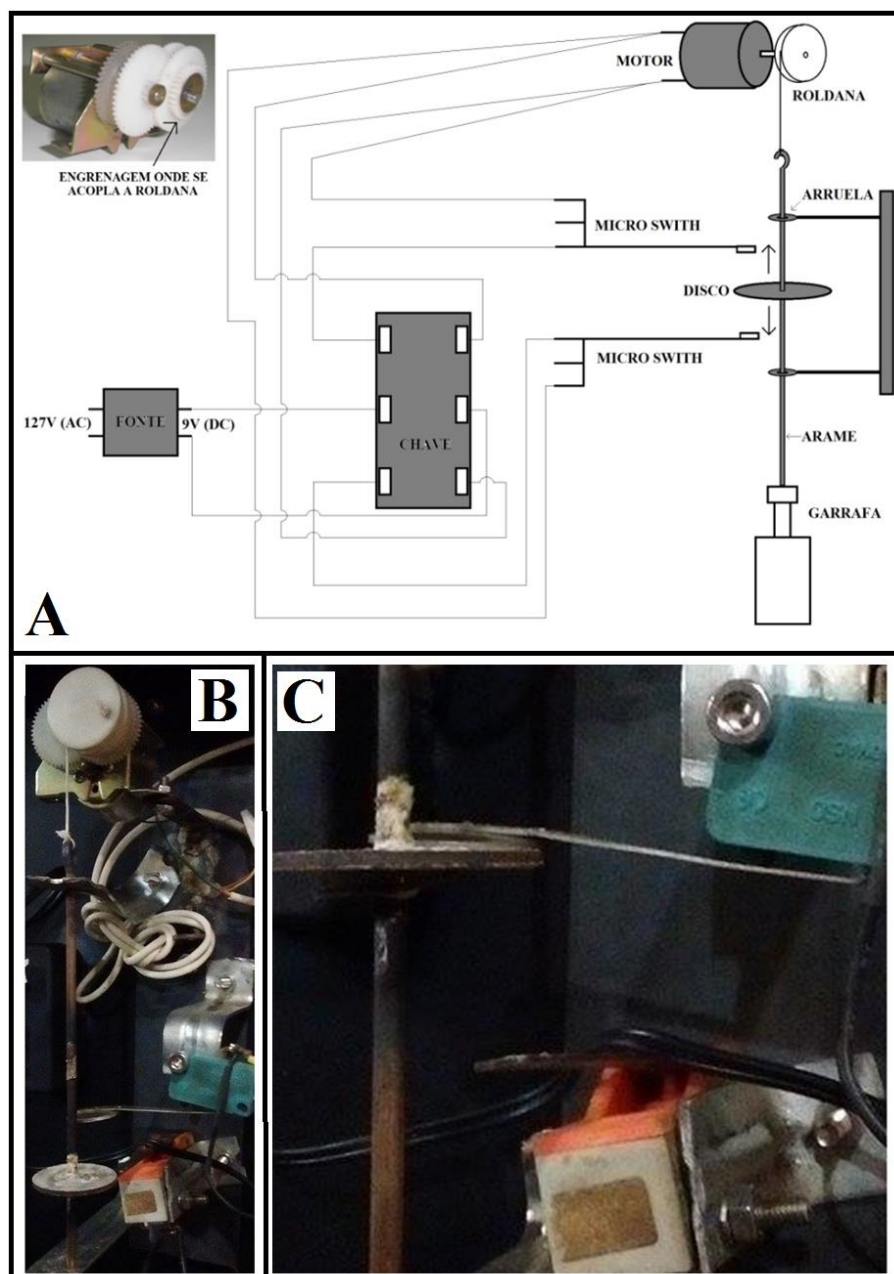


Figura 1. Esquema elétrico e disposição das peças do mecanismo.

No lado direito da figura 1A há uma representação das disposições das peças do mecanismo que se aprontou na foto da figura 1C. A roldana apresenta um curto barbante com extremidade colada em sua canaleta e com outra extremidade presa num gancho do arame de ferro vertical (de 3 mm de diâmetro), cuja extremidade inferior é fixa na tampa da garrafa. Em determinada posição deste arame (semelhante ao esquema na figura 1), solda-se um disco pequeno de ferro (figura 1C), que serve para tocar nas hastes de cada micro switch, deslocando-as. O ajuste da distância vertical de cada haste em relação ao disco (conforme a figura 1) depende do quanto se avalia necessário levantar ou abaixar a garrafa até o fim do copo pela quantidade de glicerina que nele há. Quantidade esta previamente avaliada à demonstração do fenômeno sem o mecanismo (SILVA e LABURÚ, 2004). Cabe dizer que, além da glicerina no copo, a

garrafa também é completamente cheia desse líquido (A figura 2B permite uma comparação da garrafa quando imersa e quando submersa). Para manter um melhor direcionamento vertical do sistema, duas arruelas são úteis como guia ao arame. Essas arruelas são soldadas em outros arames, dispostos numa horizontal e fixados internamente na parede da caixa de acrílico a ser mais à frente mencionada.

Externamente, sugere-se deixar a chave comutadora para manipulação (lado direito da figura 2A), tendo-a posicionado na convenção: 'chave para cima', retira-se a garrafa do líquido e, 'chave para baixo', afunda-se a garrafa no líquido.

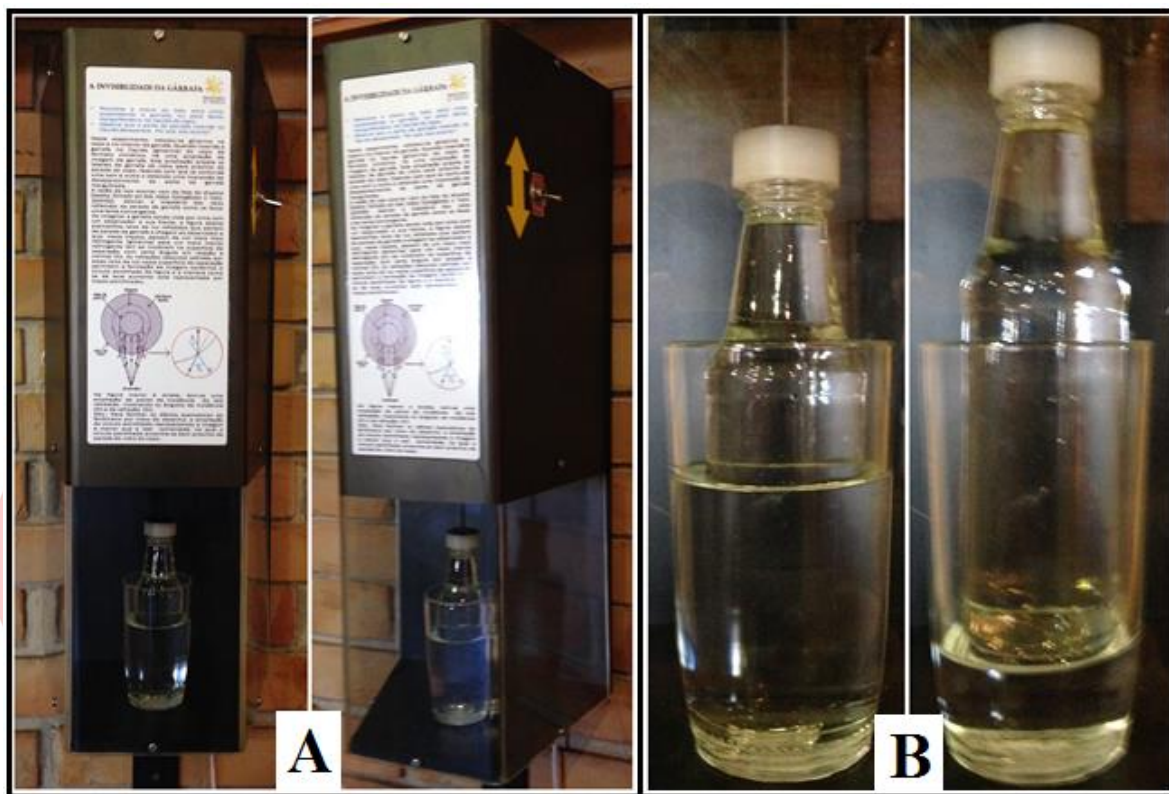


Figura 2. A) Equipamento finalizado para livre experimentação numa área de exposição pública do MCT; B) Garrafa imersa e garrafa suspensa.

Assim aprontado, quando a chave for movida para cima, haverá o movimento de rotação do motor que fará a roldana enrolar o barbante em sua canaleta, suspendendo a garrafa até o disco mover a haste do micro switch superior para interromper a corrente elétrica e cessar a suspensão. Nesta situação estática, a garrafa encontra-se suspensa e aparente (lado direito da figura 2B). Ao mudar a posição da chave para baixo, aciona-se o motor com sentido de rotação contrário, abaixando a garrafa até o fim do copo. Posição esta que coincide com o toque do disco na haste do micro switch inferior que então cessa o movimento do motor. A garrafa permanece ali estacionada e com sua parte mergulhada "invisível" (lado esquerdo da figura 2B) até que se mude novamente a chave comutadora para cima.

Sugere-se adaptar esta montagem em uma caixa de acrílico de (20x20x50) cm, com chapa de espessura entre 0,5 a 1 cm, de modo a ficar o mecanismo escondido, mas com a garrafa e o copo aparentes. Isso pode ser feito realizando uma pintura na

superfície da caixa que impeça a observação interna desse mecanismo, ficando as regiões não pintadas aquelas em que se veem a garrafa e o copo. Externamente à superfície da caixa, expõe-se a chave comutadora para manipulação. Particularmente, nesta montagem, preferiu-se posicionar essa chave na lateral superior da caixa (figura 2A). Para que o equipamento fique imóvel para experimentação, a caixa pode ser fixa numa cantoneira de ferro que, por sua vez, é fixa em determinado local na parede. A figura 2A ilustra esses detalhes.

Também é possível notar na figura 2A um texto, contendo uma orientação de funcionamento e uma explicação do fenômeno, que se preparou e que se adequou bem na parte frontal pintada da caixa, exemplificando uma maneira de expor uma breve leitura para reflexão. Nele, pela automação realizada, é importante destacar frases do tipo: "POSICIONE A CHAVE AO LADO PARA CIMA, SUSPENDENDO A GARRAFA, OU PARA BAIXO, MERGULHANDO-A NO LÍQUIDO DO COPO"; "OBSERVE QUE A PARTE DA GARRAFA INSERIDA NO LÍQUIDO DESAPARECE. POR QUE ISSO OCORRE?". Obviamente que nesta altura já se pensou numa identificação para o equipamento (Ex.: "A INVISIBILIDADE DA GARRAFA").

Orientações como essas auxiliam o início de uma interação com a demonstração e, na possibilidade de decorrentes momentos de espontâneas curiosidades sobre o fenômeno, torna-se aproveitado o texto exposto por direcionar ainda melhor o que observar com resumida explicação do fenômeno em linguagem acessível ao público visitante, majoritariamente formado por estudantes do ensino básico e leigos em geral (SILVA e LABURÚ, 2014). Conforme Gaspar (1993: 148): "*Os visitantes, na sua maioria, leem os textos apresentados pelo menos até que tenham uma ideia do objetivo ou proposta da demonstração*". Nesse contexto, cabe dizer ressaltar ainda que "*mesmo que qualquer elaboração de uma leitura nesse sentido continue alvo de melhorias, é significativo dizer que a essência dessa orientação explicativa, que se recomenda atrelar nos equipamentos, mantém-se conservada*" (SILVA, 2015: 910). Isto porque, prevalecendo uma perspectiva de interação lúdica com o equipamento, espera-se auxiliar que o fenômeno seja posteriormente bem lembrado na memória de um estudante em situações de sala de aula "*nas quais um tema discutido tenha sido por ele relacionado, possibilitando que o professor, então, usufrua dessas lembranças em benefício do aprendizado dos conceitos científicos relacionados no decorrer das discussões*" (SILVA et al., 2013: 436).

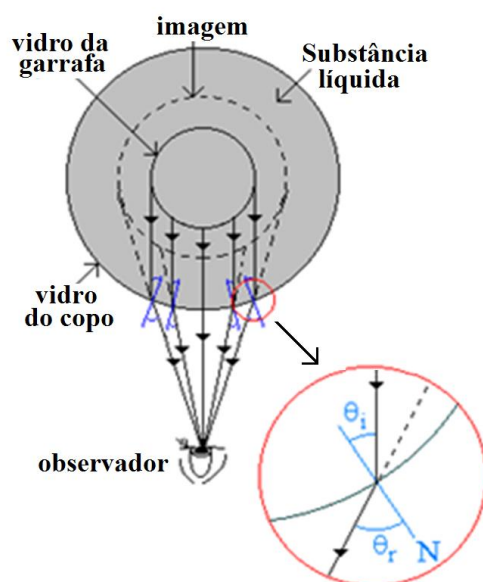
Todavia, de acordo com Silva et al. (2014: 88), detalhes nesse sentido podem ser avaliados e aprimorados por uma equipe pedagógica local. Àqueles interessados em elaborar uma leitura deste tipo, mantendo o espírito da proposta, apresenta-se na sequência uma explicação qualitativa do princípio físico envolvido na demonstração que pode ser proveitosa e que deve ser entendido como um modelo ao que pode ser atrelado no equipamento por meio de um adesivo. Tais comentários, inseridos na figura 3, foram elaborados a partir das explicações fornecidas por Silva e Laburú (2004), que inclusive contradizem explicações equivocadas acerca do assunto e corriqueiramente realizadas nesta situação. Em termos qualitativos, as explicações erradas assumem uma semelhança nos valores de índices de refração da glicerina e do vidro da garrafa que, por assim ser, não permitiria uma percepção visual da superfície de separação de ambas, caracterizando a invisibilidade da garrafa quando submersa na glicerina do

copo (EXPERIMENTO N. 1443 – MCT/PUCRS (2016); CIÊNCIA TUBE (2016); FISIKA NA REDE (2016); A FÍSICA E O COTIDIANO (2016); METAMORFOSE DIGITAL (2016)).

Neste experimento, colocou-se glicerina no copo e no interior da garrafa. Quando inserida a garrafa no líquido (glicerina) do copo de formato cilíndrico, há uma ampliação da imagem da garrafa. Esta ampliação projeta as laterais da garrafa de vidro para próximo da parede do copo, fazendo com que se confunda uma com a outra e obtendo uma impressão de desaparecimento da parte da garrafa mergulhada.

A razão de isso ocorrer vem do fato do dioptro (sistema formado por dois meios homogêneos e transparentes) desviar a trajetória dos raios refletidos da parede da garrafa como se fosse uma lente convergente.

Ao imaginar a garrafa sendo vista por cima com um observador a sua frente, a figura abaixo exemplifica raios de luz refletidos que partem da parede da garrafa e chegam ao observador e que, nesse trajeto, passam de um meio mais refringente (glicerina) para um meio menos refringente (ar) ao incidirem na superfície de separação com certo ângulo em relação à normal (N). As refrações (desvios) sofridas por esses raios de luz nessa superfície de separação permitem a formação da imagem conforme o círculo pontilhado da figura e a maneira como se dá esse aumento está representada por traços pontilhados.



Na figura menor à direita, tem-se uma ampliação do ponto de incidência do raio refratado, mostrando os ângulos de incidência (θ_i) e de refração (θ_r).

Obs.: Para facilitar os efeitos explicativos do fenômeno por meio do desenho, a ampliação do círculo pontilhado representando a imagem é menor que a real comentada, na qual o círculo pontilhado encontrase bem próximo da parede de vidro do corpo.

Figura 3. Modelo explicativo a ser atrelado no equipamento

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta de montagem aqui divulgada se diferencia de outros equipamentos existentes, que proporcionam apenas a simples observação do fenômeno, como assim se vê divulgada a demonstração num dos maiores MCTs do país (EXPERIMENTO N. 1443 – MCT/PUCRS, 2016). Além disso, o equipamento tem a aparência de um “brinquedo” educacional, é facilmente manipulável e permite que qualquer experimentador o opere (SILVA e MATHIAS, 2015: 2) via a automação empregada, realizando demonstrações com segurança. Com tais características, o equipamento destaca-se pelo nível de interatividade, em comparação com uma exposição estática equivalente.

A interatividade pode ser apresentada em níveis cada vez mais complexos e que se inicia com uma ajuda em explorações mais intensas pelos sentidos de forma direta (MORAES et al., 2007: 59). Conforme estes autores (ibid.), um nível simples e direto em que isto pode ser feito é estimulando o visitante a interagir com os experimentos por meio dos sentidos (*“tocar, observar, manusear, ler, registrar são modos de interação que podem ser incentivados, tendo como um de seus resultados fazer o visitante ficar mais tempo junto ao experimento”*). Logo, na direção de uma maior atenção do visitante ao que se deseja mostrar num experimento focado, é admissível buscar não restringi-lo apenas à percepção visual. Cabe, nesse sentido, a notação de Andrade e Massabni (2011: 846) de que educadores em geral reconhecem, para um melhor aprendizado, a importância de numa atividade demonstrativa o *“aluno por a mão”, “conduzir o experimento”, “ou manipular algo”*.

No entanto, as pesquisas sobre design de experimentos demonstrativos em museus têm mostrado que a interatividade física não garante necessariamente uma aprendizagem eficaz. Embora ela, frequentemente, aumente o envolvimento e a compreensão dos visitantes, as pesquisas sobre a interatividade revelam que nem sempre ela é essencial para manter a eficácia de uma experiência, pois recursos interativos em demasia podem até dificultar a aprendizagem dos visitantes (ALLEN, 2007: 54).

De um modo geral, os museus de ciência e tecnologia, como ambientes planejados de aprendizagem informal (NRC, 2009: 48) – cuja característica central é permitir a aprendizagem por livre escolha (DIERKING, 2005: 147) – enfrentam um dilema: como podem se manter como ambientes respeitáveis de aprendizado científico e simultaneamente estimularem que o visitante escolha livremente os *exhibits* que querem observar e interagir (ALLEN, 2007: 44)? (*Exhibits* são peças, artefatos, equipamentos, experimentos, etc., que ficam em exibição em museus e centros de ciência, com os quais os visitantes eventualmente podem interagir).

Pesquisas realizadas nesse campo têm mostrado que é possível criar um ambiente de aprendizagem informal onde os visitantes estão, simultaneamente, *“em um constante estado de livre escolha e em processo de aprendizagem de, pelo menos algum aspecto da ciência”*, mas essa tarefa, pelo grau de dificuldade, requer um programa de pesquisa que focalize os detalhes do ambiente onde a aprendizagem ocorre (ALLEN, 2007: 44).

O equipamento da figura 2A está fixado em uma das paredes do MCT da instituição de ensino superior em que os autores se encontram, atendendo a comunidade externa já há mais de um ano e compõe com os demais equipamentos construídos o acervo de *exhibits* desse ambiente de aprendizagem informal. A implantação de um ambiente de exposições permanentes nesse MCT segue um plano constituído pelas seguintes etapas: (i) construção dos equipamentos e instalação provisória dos mesmos; (ii) teste do potencial de mobilização dos visitantes para a aprendizagem para cada equipamento; (iii) planejamento e implantação do ambiente definitivo onde os equipamentos serão instalados. Nesse sentido, um estudo mais aprofundado sobre os detalhes da aprendizagem em cada *exhibit* será deixado para o futuro.

REFERÊNCIAS

- A *FÍSICA E O COTIDIANO*. Roteiro para o experimento prático garrafa que some. Disponível em: http://www.matta.pro.br/fisicaecotidiano/conteudos/view/Exp_18-Armadilha/experimento-pratico.pdf. Último acesso: 27 de junho de 2016.
- AGÊNCIA CIÊNCIA WEB (Agência Multimídia de Difusão Científica e Educacional – IEA/USP). *Museus de Ciência: o conhecimento de forma divertida*. 2009. Conteúdo Jornalístico. Disponível em: <<http://agenciacienciaweb.wordpress.com/2009/02/06/museus-de-ciencia-o-conhecimento-de-uma-forma-divertida/>>. Último acesso: 25/05/2013.
- ALLEN, S. Exhibit Design in Science Museums: Dealing With a Constructivist Dilemma. In: FALK, DIERKING e FOUTZ (ed). *In principle, in practice*. Lanham: AltaMira Press, 2007.
- ANDRADE, M. L. F.; MASSABNI, V. G. O desenvolvimento de atividades práticas na escola: um desafio para os professores de ciências. *Ciência & Educação*, v. 17 (4), p. 835-854, 2011.
- BONATO, M. P. O.; SEIBEL, M. I.; MENDES, I. A. Ação mediada em museus de ciências: o caso do Museu da Vida. In: Massarani, L; Merzagora, M.; Rodari, P. (Orgs.). *Diálogos & Ciência: mediação em museus e centros de Ciência*. Rio de Janeiro: Museu da Vida/ Casa de Oswaldo Cruz/ Fiocruz, 2007.
- CHELINI, M. E.; LOPES, S. G. B. C. Exposições em museus de ciências: reflexões e critérios para análise. *Anais do Museu Paulista*, v. 16, n. 2, p: 205-238, jul-dez, São Paulo, 2008.
- 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, 4505, 2008.
- CIÊNCIA TUBE*. Experimento da Garrafa que Some – Ótica. Disponível em: <http://www.cienciatube.com/2008/09/experimento-da-garrafa-que-some-tica.htm>. Último acesso: 27 de junho de 2016.
- DENTILLO, D. B. Centros e Museus crescem, mas investimento ainda é insuficiente. *Ciência & Cultura*. V. 65, n. 2, p. 12-13, abril/junho, 2013. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252013000200005&script=sci_arttext>. Último acesso: 11/06/2013.
- DIERKING, L. D. Lessons without limit: how free-choice learning is transforming Science and technology education. *História, Ciências, Saúde-Manguinhos*, Rio de Janeiro, v. 12, p. 145-160, 2005. (Supplement).

EXPERIMENTO N. 1443 – MCT/PUCRS. Bastão de vidro invisível/ Índice de refração. Disponível em: http://fisicainterativa.50webs.com/pdf/1443_bastao_vidro.pdf. Último acesso: 27 de junho de 2016.

FISIKA NA REDE. A garrafinha invisível. Disponível em: http://fisikanarede.blogspot.com.br/2011/08/continuidade-optica_18.html. Último acesso em: 27 de junho de 2016.

GASPAR, A. *Museus e Centros de Ciências: Conceituação e Proposta de um Referencial Teórico*. Tese (Doutorado, na área de Didática). Faculdade de Educação. Universidade de São Paulo. São Paulo, 1993.

ISZLAJI, C. *A criança nos Museus de Ciências: análise da exposição mundo da criança do museu de ciência e tecnologia da PUCRS*. Dissertação apresentada ao Instituto de Física, ao Instituto de Química, ao Instituto de Biociências e à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências. São Paulo, 2012.

METAMORFOSE DIGITAL (11 ANOS DIMINUINDO A SUA CURIOSIDADE). Ilusão óptica da glicerina. Disponível em: <http://www.mdig.com.br/?itemid=8998>. Último acesso: 27 de junho de 2016.

MORAES, R. et al. Mediação em museus e centros de ciências: O caso do Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS. In: *Diálogos & Ciência: mediação em museus e centros de ciência*. Massarini, L. (org.). P. 55-67. Rio de Janeiro, 2007.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Learning science in informal environments: people, places, and pursuits*. Washington: National Academies Press, 2009.

PAVÃO, A. C.; LEITÃO, A. Hands-on? Minds-on? Herts-on? Social-on? Explainers-on! In: Massarani, L; Merzagora, M.; Rodari, P. (Orgs.). *Diálogos & Ciência: mediação em museus e centros de Ciência*. Rio de Janeiro: Museu da Vida/ Casa de Oswaldo Cruz/ Fiocruz, 2007.

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 (3): 100-119, 2008.

SILVA, O. H. M. Um equipamento interativo tipo push-button de uma versão de três pistões de um motor movido a eletroímãs para MCTs e similares. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 32, n. 3, p. 902-914, dez. 2015.

SILVA, O. H. M.; MATHIAS, L. C. Possíveis aplicações do Arduino em Equipamentos Intertivos de Ambientes Planejados à Educação Não Formal: uma Proposta Equivalente nas Escolas. *Revista Renote (Novas Tecnologias na Educação)*, v. 13, n. 1, p. 1-11, 2015.

SILVA, O. H.M.; ALMEIDA, A. R.; ZAPAROLI, F. V. D.; ARRUDA, S. M. Convergência e divergência de raios de luz por lentes e espelhos: um equipamento para ambientes planejados de educação informal. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 30, n. 2, p. 427-439, ago. 2013.

SILVA, O. H. M.; LABURÚ, C. E.; ARRUDA, S. M.; BATISTA, I. L. Um equipamento demonstrativo de levitação magnética de uma bobina com automatização adaptada aos Museus de Ciência e Tecnologia. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 31, n. 1, p. 78-97, abril, 2014.

SILVA, O. H. M.; LABURÚ, C. E. Invisibilidade da garrafa (a explicação correta). *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*. V. 21, n. 1: p. 94-97, abr. 2004.

SILVA, O. H. M.; LABURÚ, C. E. Um equipamento com automatização tipo bush-button para demonstrar a levitação magnética de um ímã. *Revista Ciências & Ideias*, v. 5, n. 2, p. 144-158, 2014.

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. 1188-1199, dez. 2012.

VALENÇA, V. L. C. A criação do Museu das Crianças de Santa Catarina: uma experiência em andamento. *Perspectiva*, v. 24, n. 1, p. 319-338, jan/jun, 2006.

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



Revista
Ciências & Ideias