

Equipamentos interativos: uma contribuição dos centros e museus de ciências contemporâneos para a educação científica formal

(Interactive equipments: a contribution of contemporary centers and museums of science for the formal scientific education)

Maura Ventura Chinelli¹, Grazielle Rodrigues Pereira² e Luiz Edmundo Vargas de Aguiar²

¹Centro Federal de Educação Tecnológica de Química de Nilópolis, RJ, Brasil

²Instituto Oswaldo Cruz/Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Recebido em 15/4/2008; Aceito em 24/9/2008; Publicado em 27/2/2009

Este artigo descreve um processo de pesquisa que buscou encontrar, nos centros e museus de ciências, contribuições para a educação científica formal. Foi realizado na forma de pesquisa-ação com a participação, como pesquisadores, de 10 (dez) estudantes de cursos de Licenciatura (em física, química e matemática) que procuraram identificar, nos equipamentos interativos disponíveis nesses espaços, aqueles que permitissem a realização de experimentos e pudessem ser reproduzidos nas escolas. Os resultados são discutidos em relação à presença dos diferentes campos do conhecimento nos museus e centros de ciências (cerca de 80% desses experimentos são de física) e a forma como os equipamentos interativos lá existentes podem ser usados como recursos para a educação formal em ciências. Como conclusão, tem-se que esses equipamentos ultrapassam o papel de experimentos de baixo custo para escolas sem laboratórios, possibilitando experimentos estimulantes que trazem aos alunos a satisfação de encontrar respostas para questões que os intrigam.

Palavras-chave: ensino de ciências, equipamentos interativos, experimentos didáticos, centros de ciências.

This article describes a research process that sought to find, in centers and museums of science, contributions for the formal scientific education. It was realized in the form of action-research with the participation, as researches, of 10 (ten) students of Teaching Formation Courses (in physics, chemistry and mathematics) are looking for researchers interactive equipments available on these spaces, the ones that allow the realization of experiments that could be reproduced in schools. The results are discussed in relation to the presence of the different fields of knowledge in the museums and centers of science (about 80% of these experiments are of physics) and to the form as the interactive equipments there presents can be used as resources for the formal education in sciences. As a conclusion, these equipments go beyond the role of low cost experiments for schools without laboratories, allowing stimulants experiments that bring out the students the pleasure to finding answers for questions that intrigue them.

Keywords: science teaching, interactive equipments, didactic experiments, centers of science.

1. Introdução

A partir do que se convencionou chamar de *crise no ensino de ciências*, identificada como o reiterado fracasso escolar nestas disciplinas e o afastamento dos jovens das carreiras científicas, diversos autores têm proposto que a educação em ciência assuma a pesquisa como um princípio educativo, buscando aproximar os estudantes dos métodos e processos científicos (Refs. [1-10], entre outros).

A experimentação faz parte de um conjunto de aspectos relativos ao processo ensino-aprendizagem das ciências que alguns autores têm chamado de *consenso construtivista* na educação em ciência [6], compreendendo ainda a aprendizagem de conceitos, a resolução

de problemas e a atitude em relação às ciências. Na perspectiva construtivista, é através da experiência adequadamente escolhida e criativamente utilizada que o estudante questiona, formula, opera e conclui, elaborando um processo próprio de aprendizagem que supera a simples assimilação de conhecimentos prontos, o que permite uma aprendizagem significativa e duradoura.

Em estudo que abordou a pesquisa e a experimentação na aprendizagem de ciências, Aguiar [1] concluiu que a pesquisa científica realizada no ambiente escolar é um meio eficaz para desmitificar a ciência, para aproximar o cidadão comum de conhecimentos em geral restritos às classes sociais dominantes e para despertar vocações científicas. Em outro estudo, que tra-

¹E-mail: maurachi@gmail.com.

tou da percepção da ciência pelos estudantes do ensino médio, Aguiar e Araújo-Jorge [11] identificaram que as aulas em laboratórios são consideradas interessantes e prazerosas, sendo representadas por ambientes estimulantes, com professores e estudantes alegres e, ao mesmo tempo, responsáveis e organizados.

No entanto, são raras as escolas que possuem ambientes e equipamentos adequados ao ensino de ciências baseado na experimentação. Apenas 46% das escolas privadas e 20% das escolas públicas brasileiras têm laboratório de ciência [12].

Em contrapartida, os centros e museus de ciências têm se consolidado como um importante recurso social para a popularização, a divulgação e a aprendizagem não formal de ciência e tecnologia apoiados, em grande medida, na *interatividade*: conjunto de ações recíprocas de influência mútua entre o usuário e a exposição [13].

Nas exposições interativas realizadas pelos centros e museus de ciências há equipamentos que permitem ao visitante que os manipulem a fim de “conduzir atividades, coletar evidências, selecionar opções, formar conclusões, provar habilidades, realizar intervenções e, de fato, alterar uma situação com base em um insumo” (McLean, 1993, *apud* [13]), o que evidencia sua importância para a realização de experimentos que podem levar o usuário a formar conhecimento.

Nossa reflexão nos leva a supor que os mesmos equipamentos interativos, se reproduzidos nas escolas a fim de serem utilizados com planejamento e sob a orientação do professor podem, mantendo a interação prazerosa com o estudante, serem usados como recursos para a educação formal. Por suas características, é esperado que despertem a curiosidade e provoquem questionamentos, possibilitando aos alunos que, ao manipulá-los, formulem hipóteses e venham a verificá-las, fazendo-os chegar a conclusões ou a novos problemas.

2. Os equipamentos interativos expostos nos centros e museus de ciências

De acordo com Van Praët [14, p. 48], os museus de ciências contemporâneos têm procurado envolver o público em exposições que se propõem não apenas a divulgar coleções do universo natural e cultural, registros da memória social da ciência e da tecnologia. Eles são locais de comunicação cultural para um público amplo, instituições de “conservação das produções da natureza e do espírito humano”, entre elas a criação científica.

Os museus contemporâneos disponibilizam ao público um patrimônio não material, ou *patrimônio intangível*, segundo Van Praët [14], destacando-se, nos museus de ciência, as propostas que visam a apresentar a ocorrência de fenômenos científicos que muitas vezes podem ser provocados pelo próprio visitante, ou seja, a ciência *em ação*.

Os museus de ciências que abraçam esse conceito também são chamados de *centros de ciências*. Neles

não há a presença significativa de objetos museológicos, mas exposições e aparatos interativos destinados a abordar temas científicos amplos, com a participação ativa do visitante. De acordo com Padilla [13, p. 116], são “coleções de idéias, de fenômenos naturais e de princípios científicos, mais que de objetos”, usados como recursos para proporcionar maior compreensão dos processos e produtos científicos e tecnológicos tendo em vista a demanda social por esse conhecimento.

A interatividade se baseia na participação e na interação entre exibição e usuário. Em geral, com experimentos que possibilitam múltiplas respostas e o confronto de situações, de modo a potencializar a reflexão dos visitantes em propostas que sugerem o procedimento científico [15].

Enquanto processo subjetivo, a interação ocorre na relação entre conhecimentos antigos e novos, nas várias possibilidades de comunicação - da exposição com o visitante, entre monitores e visitantes e entre visitantes - ou mesmo na esfera da emoção que as exposições suscitam. No nível concreto, a interação se dá mediante atividade - por isso, interatividade. Quando o visitante liga, toca, lê, manuseia, joga, observa, ouve..., encontra oportunidades para realizar operações mentais que resultam em conhecimento: interpretar, problematizar, questionar, refletir, criticar, elaborar hipóteses [16].

O potencial educativo dos experimentos disponíveis nos centros e museus de ciências foi objeto do estudo de Pereira [17], em que a avaliação do impacto resultante de atividades baseadas no conceito de interatividade ofereceu índices favoráveis em todos os testes aplicados. A pesquisa foi realizada em ambientes de ensino formal (escolas do ensino fundamental e médio) e não-formal (um centro de ciências).

Após a realização de atividades experimentais com aparatos interativos que produzem alguns fenômenos relativos à óptica, propostas a jovens com idades variando de 13 a 18 anos, foi possível observar um acréscimo significativo de respostas esperadas, em comparação com testes realizados previamente. A avaliação das aprendizagens, feita após quatro meses da realização das atividades, mostrou que muitos detalhes sobre o funcionamento de cada aparato interativo ainda estavam presentes na memória dos estudantes.

3. A pesquisa e a experimentação na educação em ciências

Ao falarmos do ensino baseado na experimentação, estamos muito longe do que algumas vezes é chamado de “reducionismo experimentalista” - reprodução de protocolos rígidos que visam à confirmação de fenômenos já esperados e levam a interpretações simplistas dos resultados das experiências. Acreditamos que abordagens deste tipo, francamente empiro-indutivistas, não seriam capazes de evitar os problemas vividos nas escolas.

A orientação teórica em que nos fundamentamos apóia-se em concepções atuais da filosofia das ciências (Popper [18], Kuhn [19], Lakatos [20], Feyerabend [21]), acrescidas de idéias que abordam a complexidade do mundo natural e tratam a ciência como um produto da cultura (Prigogine e Stengers [22], Morin [23-25] e Santos [26, 27]).

Uma contribuição relevante para a compreensão dessa questão é trazida por Gil-Pérez *et al.* [28] que, evitando possíveis variações e divergências na filosofia da ciência no século XX, destacam aspectos essenciais em que se verifica um amplo consenso e que, concordamos, são importantes para a educação científica.

Em primeiro lugar, há a recusa da idéia de Método Científico, citado com maiúsculas para designar um conjunto de regras a serem aplicadas mecanicamente, independentes do domínio investigado. Em segundo lugar, também a recusa da idéia de “um empirismo que concebe os conhecimentos como resultados da inferência indutiva a partir de ‘dados puros’”, visto que esses dados não fariam sentido se não fossem interpretados à luz de um sistema teórico. Terceiro, o destaque para o papel do pensamento divergente na investigação científica, representado pela colocação de hipóteses e de modelos, ou pela própria concepção das experiências. Em quarto lugar, a convicção de que o trabalho científico baseado em hipóteses requer maior rigor, visto que é preciso duvidar sistematicamente dos resultados obtidos e de todo o processo investigativo, o que conduz a revisões contínuas na tentativa de obter esses mesmos resultados por diferentes caminhos. E também para mostrar coerência com os resultados obtidos noutras situações e por outros pesquisadores, ou seja, para mostrar coerência com o corpo de conhecimentos em vigor. Por fim, a compreensão do caráter social do desenvolvimento científico, tanto pelo fato de “o ponto de partida, um dado paradigma vigente, ser a síntese dos contributos de gerações de investigadores”, como também pelo fato dos trabalhos individuais serem orientados por linhas de investigação estabelecidas e pelas equipes das quais participam. E, ainda, porque é preciso reconhecer que o trabalho em ciência, como em qualquer outra atividade humana, é influenciado pelo momento histórico de sua realização, assim como tem repercussões para o meio natural e social em que se circunscreve [28, p. 136-137].

A despeito da recusa do Método Científico, a história da construção do conhecimento não nos permite duvidar de que o expressivo avanço da ciência e da tecnologia nos últimos séculos deveu-se, em grande parte, à formação de uma cultura científica metódica e rigorosa. Mas é preciso substituir a idéia de um método único, linear e uniforme pela de *métodos*: adequados às diferentes condições de pesquisa, orientados pelos sujeitos envolvidos - os cientistas -, e implicados no contexto histórico-cultural.

A compreensão das condições de produção do co-

nhhecimento e a aproximação com a cultura científica e tecnológica tem sido uma proposta da Didática das Ciências. Ela tem o objetivo de melhorar a eficiência do processo ensino-aprendizagem e formar cidadãos capazes de contribuir com os debates que precisam ser travados em torno das consequências do desenvolvimento científico e tecnológico para os indivíduos, a sociedade e o ambiente (Refs. [1, 3-6, 8,9, 29, 30]).

Sob esse olhar, as perspectivas para o ensino de ciências se afastam da transmissão-recepção de conhecimentos já elaborados e aproximam-se das situações de aprendizagem que fazem dos alunos *investigadores principiantes*, em pesquisas orientadas em torno de questões abertas pelas quais demonstrem interesse [6, p. 113]. As estratégias usadas para encontrar respostas a essas questões podem, quando apropriadas, envolver desenhos experimentais cujos resultados venham a ser debatidos e contrastados com o conhecimento dos especialistas, representados pelo professor [6, p. 119].

Mas, para realizar experimentos é necessário haver materiais e instrumentos adequados, que ofereçam resultados reprodutíveis e confiáveis. Esses, podem ser os já disponíveis nas escolas, o que não se tem mostrado comum [12], ou serem elaborados pelos professores e estudantes.

A menos que se mostre necessário criar um desenho experimental totalmente novo, é indicado que professores e alunos conheçam modelos de equipamentos capazes de satisfazer suas necessidades de pesquisa. Propusemo-nos, então, a identificar, entre os equipamentos interativos usados pelos museus e centros de ciências, aqueles que permitam realizar uma abordagem científica e que possam ser reproduzidos nas escolas, a fim de serem usados como recursos didáticos para a educação formal em ciências.

4. Os procedimentos de pesquisa

Este trabalho constitui-se como projeto de iniciação científica onde participaram, como pesquisadores, 10 (dez) estudantes dos cursos de Licenciatura de um Centro Federal de Educação Tecnológica localizado na Baixada Fluminense, Rio de Janeiro: 3 (três) licenciandos em física, 2 (dois) licenciandos em matemática e 5 (cinco) licenciandos em química.

Como atividade acadêmica para professores em formação, o projeto foi organizado usando os princípios e métodos da *pesquisa-ação*, conforme a tratam Perrenoud [31], Elliot [32], Barbier [33], Schnetzler [34], Franco [35], Pimenta [36], Thiollent [37], Zeichner e Diniz-Pereira [38]. O objetivo foi direcionar os resultados para a interferência no campo profissional, de modo a contribuir com a transformação da realidade das escolas a partir da superação de obstáculos à aprendizagem das ciências - no caso, a ausência de laboratórios escolares.

A pesquisa teve início com o envolvimento dos participantes em um seminário que tratou de toda a estrutura do projeto: o equacionamento do problema, o levantamento de hipóteses, os fundamentos teóricos, a definição do objeto e dos procedimentos de pesquisa.

O método empregado teve uma fase de observação sistemática do campo em que os dados coletados foram registrados em uma ficha-questionário que orientou a observação (Apêndice). E uma fase de análise quantitativa e qualitativa desses dados, pelo conjunto dos pesquisadores.

Foram realizadas visitas a 7 (sete) museus e centros de ciências cujas propostas educativas buscam a interatividade entre os equipamentos expostos e o público: 6 (seis) no Rio de Janeiro e 1 (um) em São Paulo.

As exposições foram percorridas pelo conjunto dos estudantes para que as observassem livremente, mas com a incumbência de registrar e analisar 6 (seis) equipamentos cada um, por visita realizada. Considerando a expectativa de se encontrar um grande número de objetos expostos, o procedimento possibilitou formar uma amostra significativa de equipamentos, muitos deles analisados por mais de um observador. Possibilitou também a identificação dos equipamentos mais interessantes e, na discussão dos resultados, a interlocução, o debate e a conclusão consensuada entre dois ou mais pesquisadores. Os experimentos com uma única avaliação foram descartados.

A observação individual consistiu, primeiramente, em identificar os equipamentos que permitiam a *manipulação* pelo visitante ou por um mediador do espaço visitado. Só seriam colhidas informações sobre os equipamentos que apresentassem este nível de interação. Uma vez identificado um equipamento interativo, era preciso responder a três questões. Elas visaram selecionar os equipamentos com os quais se pudessem realizar experimentos em propostas de aprendizagem baseadas em processos investigativos:

Questão 1. A manipulação do equipamento constitui-se como *oportunidade* para a reflexão sobre o fenômeno observado e para o levantamento de hipóteses? Isto é, ao manipular (ou ver manipular) o equipamento, o visitante pode *questionar-se* sobre “O que está acontecendo?” ou “Por que isto ocorre?”

Questão 2. É permitida a manipulação do equipamento de modo a *testar hipóteses*? Pode-se dizer que o equipamento permite que o visitante *experimente*?

Questão 3. A manipulação, ou experimentação, oferece *resultados reprodutíveis*, isto é, que se repetem sempre que alguém manipula ou experimenta *da mesma maneira*?

A questão seguinte só seria respondida caso todas as respostas anteriores tivessem sido afirmativas. Ou seja, uma vez reconhecido um equipamento que possibilitasse realizar um experimento, este seria avaliado quanto às condições para ser reproduzido nas escolas:

Questão 4: Pode-se fabricar equipamento seme-

lhante e que funcione do mesmo modo, usando materiais de fácil aquisição e técnicas acessíveis?

As observações individuais foram debatidas em 2 (dois) seminários, de modo a reunir informações, discutir resultados e definir diretrizes. Como resultado, formou-se uma amostra de aparatos interativos expostos em centros e museus de ciências, indicando os que podem ser reproduzidos nas escolas a fim de serem empregados como experimentos didáticos.

5. Os equipamentos interativos que permitem experimentação

Foram avaliados 67 (sessenta e sete) equipamentos interativos dos museus e centros de ciências visitados. Destes, 52 (cinquenta e dois) foram identificados como experimentos, ou seja, são adequados para serem empregados com metodologia científica. Os restantes são demonstrações do tipo “aperte o botão”, modelos e jogos.

A interpretação dos experimentos pelos estudantes permitiu distribuí-los em duas categorias de análise: o campo do conhecimento a que podem ser aplicados e a possibilidade de serem reproduzidos nas escolas, ou em outros espaços de aprendizagem.

Quanto ao campo do conhecimento a que podem ser aplicados, os alunos-pesquisadores os identificaram como:

- Experimentos de física (39);
- Experimentos de química (7);
- Experimentos de matemática (5);
- Experimentos de biologia (4);
- Experimentos de geologia (1).

Entre esses, há 4 (quatro) experimentos identificados como multidisciplinares.

Quanto à possibilidade de serem reproduzidos nas escolas ou em espaços não formais de aprendizagem e de divulgação científica, tem-se que 44 desses experimentos podem ser construídos utilizando-se materiais de fácil aquisição e técnicas acessíveis.

A discussão desses resultados, nos seminários, desenvolveu-se em dois sentidos. Por um lado, chamou à atenção a forma desigual como os campos do conhecimento estão distribuídos nos espaços visitados. Por outro, surgiram diversas sugestões para o uso dos equipamentos, alguns deles re-elaborados com materiais acessíveis e testados em situações formais e não formais de aprendizagem das ciências.

6. Como os campos do conhecimento estão presentes nos museus e centros de ciências

Os resultados expõem uma ênfase na divulgação de conhecimentos físicos nos espaços que se propõem à popularização da ciência.

Podemos compreender que isso ocorra em função de diversos aspectos: em primeiro lugar, por se tratarem de ensaios que, normalmente, não incluem a utilização de substâncias que possam representar riscos no seu manuseio e necessitem de reposição permanente, envolvendo custos operacionais indesejáveis - o que é inevitável na manipulação de fenômenos químicos, por exemplo; em segundo lugar, por se tratarem de eventos de excelente reprodutibilidade sem a necessidade permanente de reposição material; e, em terceiro lugar, por permitirem sua reprodução em escalas compatíveis com a disponibilidade material e física dos ambientes e agentes promotores.

A biologia não está tão ausente dos museus e centros de ciências como pode-se pensar a partir dos resultados expostos. A divulgação do conhecimento biológico está muito presente, mas com a exibição de espécimes vivos, modelos, coleções e jogos. Parece-nos, de fato, que a biomanipulação comporte dificuldades materiais para se realizarem nesses espaços - como ocorre com a química - e há, ainda, profundas questões éticas que precisam ser consideradas.

As geociências também encontraram outras formas de se fazerem divulgar. Espécies minerais e fenômenos climáticos, em geral, são abordados em coleções e em painéis; a experimentação que buscamos na interatividade nem sempre é necessária para conhecê-los.

Quanto à matemática, não foi apenas difícil identificar experimentos nos equipamentos interativos. Essa ciência não tem sido objeto de divulgação: dentre os espaços visitados, apenas 1 (um) propõe-se a abordar conhecimentos matemáticos.

Mas são as propostas para divulgar a química - ou a falta delas - o que nos traz maiores preocupações. A química é, dentre as ciências da natureza, a mais carregada de mitos. No senso comum, está relacionada a prejuízos causados à saúde e ao ambiente, o que expõe a necessidade de promover-se uma ampla campanha pela popularização de conhecimentos químicos.

Neste trabalho, o olhar atento dos pesquisadores não pode deixar de notar que entre os experimentos identificados há 2 (duas) misturas bastante simples - formulações que se assemelham a receitas de cozinha e que não comportam nenhuma transformação material - e muitas situações em que uma abordagem interdisciplinar envolvendo a química seria possível, mas deixou de ser realizada, o que evidencia um grande desconhecimento dessa ciência.

Embora fiquem muito claras as dificuldades materiais para provocar fenômenos químicos nos espaços de divulgação científica, como já comentamos anteriormente, são precisamente as substâncias e suas transformações o objeto de toda atividade química. Coleções, modelos e outros recursos indicados na comunicação de conhecimentos em outras áreas inibem a riqueza de informações e de sensações que só a interação com um experimento pode trazer.

São conhecidas coleções bastante significativas da química, mas elas, em geral, dizem respeito à atividade científica e ao desenvolvimento tecnológico que fazem a história desta ciência. Enquanto possibilidade de armazenar e preservar espécies de substâncias, inúmeras dificuldades se antepõem.

Tais dificuldades estão relacionadas com as propriedades físico-químicas das substâncias, que implicam em capacidades diferentes de reagirem entre si ou com o ambiente e resultam em transformações com efeitos muitas vezes indesejáveis. É bastante inconveniente a possibilidade de estar se guardando uma espécie e, em breve, ter-se outra em seu lugar. Fatores incontrolláveis, como o tempo, as variações de temperatura, a presença de ar e de umidade ou a incidência de luz são potenciais causadores de algumas dessas transformações.

Os gases são de armazenamento difícil, e mesmo os sais, todos sólidos à temperatura ambiente e, em geral, menos reativos, não parecem boas espécies para colecionar. Apresentam-se, quase sempre, como cristais brancos cujas geometrias são pouco variáveis, de modo que as eventuais diferenças, mesmo quando observadas ao microscópio, não distinguirão convenientemente uns dos outros.

Assim, temos que as possibilidades de transformação das substâncias - que deveriam ser mais exploradas na divulgação do conhecimento químico - estão, paradoxalmente, entre as principais causas para a sentida ausência da química nos centros e museus de ciências. Um desafio que essas instituições precisam enfrentar.

Essas observações nos levam a concluir que, enquanto contribuição aos professores de ciências com experimentos que possam ser usados em abordagens construtivistas, os equipamentos interativos expostos nos centros e museus de ciências mostram-se especialmente relevantes para o ensino e a aprendizagem da física.

7. O uso de equipamentos interativos dos centros e museus de ciências na educação científica formal

Arguello [39] afirma que os centros de ciências devem procurar desfazer o conceito equivocado de que todo equipamento científico é sofisticado e proporcionar experiências em que o visitante interaja com aparatos simples que possam até mesmo ser feitos em classe, com o professor.

No âmbito desta pesquisa, alguns desses aparatos simples foram construídos e testados em abordagens interativas. Uns foram levados a escolas, outros apresentados em eventos de extensão acadêmica e também durante a Semana Nacional de Ciência e Tecnologia, mostrando-se plenamente satisfatórios quanto às possibilidades de manipulação e de envolvimento do público.

Quatro exemplos são apresentados a seguir, acom-

panhados por constatações e por reflexões que sugerem algumas maneiras para utilizá-los nas escolas.

7.1. Exemplo 1: “Cortina de sabão”

O equipamento “Cortina de sabão” mobiliza facilmente a atenção das pessoas, especialmente crianças, que ficam motivadas a compreender os fenômenos relacionados: interferência em filmes finos, decomposição espectral da luz e tensão superficial dos líquidos, embora sem explicitamente articular estes termos científicos.

Na calha circular azul (Fig. 1) e na calha em amarelo (Fig. 2), há uma solução de detergente em água. Ao fazer subir o anel (Fig. 1) ou o cabo de vassoura (Fig. 2), forma-se uma película igual às das bolhas de sabão. A Fig. 2 mostra um monitor atendendo a uma estudante. Ele está tensionando com uma bola a superfície líquida, formada verticalmente.



Figura 1 - Equipamento interativo “Cortina de sabão”. Local da foto: Casa da Descoberta, Instituto de Física, Universidade Federal Fluminense, Niterói/RJ. Ano: 2007. Autor da foto: Luiza D’Oliveira Sant’Ana.

7.2. Exemplo 2: “Duplo cone e cilindro”

O equipamento interativo “Duplo cone e cilindro” traz um interessante desafio - ou um problema, na abordagem didática - por meio de um aparente paradoxo. Este aparato consiste em um sistema de trilhos inclinados, cujas extremidades mais baixas estão conectadas, tal que a abertura angular entre eles forme um ângulo menor que 90° (Figs. 3 e 4). Nesta extremidade comum os visitantes podem colocar um cilindro ou um “duplo cone” (Figs. 3 e 4). O paradoxo aparente advém dos distintos fenômenos que ocorrem: o cilindro ali colocado permanece em repouso, mas o cone duplo, se liberado naquela posição, sobe a “rampa” formada pelos trilhos. Surgem as seguintes perguntas: “por que o duplo cone

sobe, ao longo da guia inclinada, espontaneamente, ao invés de descer? Por que o mesmo não ocorre com o cilindro?”

Trata-se de um questionamento provocativo. Se for devidamente encaminhado, este experimento estimula o estudo de conceitos científicos como: centro de massa, gravidade, momento de força (torque), ângulos de inclinação. Neste experimento, observa-se que quando o cone se move o seu centro de massa (ponto onde se supõe aplicada a força peso) move-se para baixo em função de fatores construtivos: a geometria desse corpo, a imposição dos ângulos de abertura entre os trilhos e a inclinação destes em relação à horizontal.



Figura 2 - Equipamento interativo “Cortina de sabão”. Modelo construído com ripas de madeira, cabo de vassoura, corda de nylon e calha de PVC. Local da foto: Escola Municipal Janir Clementino Pereira, Nova Iguaçu/RJ. Ano: 2006. Autor da foto: Grazielle Rodrigues Pereira.



Figura 3 - Equipamento interativo “Duplo cone e cilindro”. Local da foto: Estação Ciência, Universidade de São Paulo, São Paulo/SP. Ano: 2007. Autor da foto: Luiza D’Oliveira Sant’Ana.

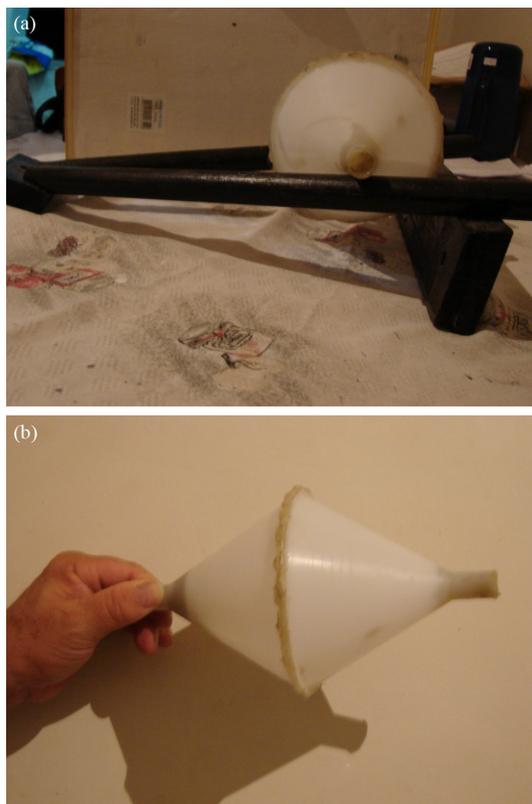


Figura 4 - Equipamento interativo “Duplo cone e cilindro”. Modelo construído com ripas de madeira, cabos de vassoura, funis plásticos e massa epoxi. Local da foto: CEFET Química, Nilópolis/RJ. Ano: 2007. Autor da foto: Jair Augusto Gomes de Sant’Ana.

Outros desafios ainda podem surgir deste experimento, de elaboração tão simples. Por exemplo: “ele pode ser usado para um sistema de transporte de materiais - em uma fábrica, um depósito, ou outro local - de modo a reduzir o consumo de energia e de emissões poluentes?”

7.3. Exemplo 3: “Sistema de roldanas”

O “Sistema de roldanas” também faz ao usuário um desafio. Os objetos (“pesos”) suspensos por fios (Figs. 5 e 6) são sempre iguais. Eles podem ser elevados puxando-se um fio, cada peso por sua vez. A cada fio puxado, o “peso” aparenta, para quem o eleva, ter um valor diferente - maior ou menor, conforme o caso. Surge, então, a pergunta: “por que alguns parecem mais pesados e outros mais leves?”

Esse desafio é, em si mesmo, um problema que pode interessar aos estudantes. Ele pode ser usado nas escolas para estudar fenômenos relacionados à associação de polias, força motora (ou “potente”), força resistente, torque, trabalho e energia. Ele remete também a questões tecnológicas envolvendo os conceitos de máquinas simples que podem ser exploradas pelos professores, como a busca de soluções para tornar mais fácil elevar um secador de roupas cheio de peças molhadas.



Figura 5 - Equipamento interativo “Sistema de roldanas”. Local da foto: Estação Ciência, Universidade de São Paulo, São Paulo/SP. Ano: 2007. Autor da foto: Luiza D’Oliveira Sant’Ana.



Figura 6 - Equipamento interativo “Sistema de roldanas”. Modelo construído com ripas e tábua de madeira, cordas e carretilhas de nylon. Os “pesos” são de “fios de prumo” usados em construções, com 1 kg cada um. Em outros modelos usam-se como “pesos” sacos de pano contendo areia. Local da foto: Escola Municipal Monteiro Lobato, Nova Iguaçu/RJ. Ano: 2007. Autor da foto: Grazielle Rodrigues Pereira.

7.4. Exemplo 4: “Espelhos em ângulos”

Os “Espelhos em ângulos” (Figs. 7 e 8), que costumam divertir os visitantes dos centros e museus de ciências em vista da quantidade e variedade de imagens que se formam, podem ter abordagem multidisciplinar na escola. A montagem da Fig. 8 expõe, na base dos espelhos, um transferidor que possibilita o aprofundamento das conclusões, relacionando o número de imagens ao ângulo formado. Uma elaboração de um dos alunos-pesquisadores que participaram deste trabalho.



Figura 7 - Equipamento interativo “Espelhos em ângulos”. Local da foto: Casa da Descoberta, Instituto de Física, Universidade Federal Fluminense, Niterói/RJ. Ano: 2007. Autor da foto: Luiza D’Oliveira Sant’Ana.



Figura 8 - Equipamento interativo “Espelhos em ângulos”. Modelo construído com espelhos comuns e dobradiças. Foi acrescentado um transferidor, para possibilitar conclusões relacionadas a ângulos. Local da foto: CEFET Química, Nilópolis/RJ. Ano: 2007. Autor da foto: Jair Augusto Gomes de Sant’Ana.

Como procuramos exemplificar, os equipamentos interativos que estão disponíveis ao público nos centros e museus de ciências podem ser usados em experimentos que visam à solução de problemas práticos, cotidianos, ou de questões inusitadas. Assim como podem levar a discutir e a formular soluções tecnológicas, fazer da sua própria construção uma oportunidade para formar

conhecimento, comportar, no seu uso, interessantes desafios que levem à aprendizagem das ciências.

Como conclusão, temos que as visitas aos museus e centros de ciências podem ser inspiradoras para os professores, com exemplos de experimentos com os quais podem ser desenvolvidas atitudes críticas, criativas e questionadoras que irão preparar crianças e jovens para compreender melhor o mundo em que vivem.

8. Considerações finais

O acesso ao conhecimento, cada vez mais, condiciona o desenvolvimento social e econômico, pressionando por ações que tenham por objetivo dar instrumentos a todas as pessoas para que reflitam, debatam, opinem e optem tendo como recurso o discurso científico. Para isso, é preciso uma educação científica e tecnológica de qualidade que conjugue o conhecimento científico ao conhecimento social em ambientes que disponham dos meios adequados para promover uma aprendizagem interessada e significativa.

No entanto, currículos orientados por essas preocupações ainda não são realidade nas escolas, deixando transparecer conflitos em que se opõem práticas pedagógicas fundamentadas em concepções epistemologicamente diversas [6, 30, 40]. Isto tem levado alguns autores a defenderem a inclusão da epistemologia e da história da ciência nos cursos de formação de professores, para que as dificuldades venham a ser superadas a partir da coerência entre as concepções pedagógicas e o estágio atual de desenvolvimento da ciência [3-5, 41, 42].

Mas os professores não aprendem apenas nas circunstâncias formais dos programas de formação inicial ou continuada, formam-se também na reflexividade crítica sobre sua prática e nas experiências de vida nas quais identifiquem contribuições para a sua atividade profissional [10, 43, 44]. Neste cenário, os museus e centros de ciências mostram-se locais privilegiados para que experiências formadoras possam ser vividas por professores. Não só em cursos ou em oficinas, mas na visita aparentemente descompromissada a exposições que os coloquem em contato com as dinâmicas da construção e da aplicação de conhecimentos científicos e tecnológicos e com uma pedagogia que procura aliar satisfação, alegria, ao ato de conhecer.

Para os estudantes dos cursos de formação de professores de ciências que participaram deste trabalho, colocados no centro da questão metodológica, a observação criteriosa dos centros e museus de ciências foi estimulante, proporcionando a reflexão coletiva que pode levar à prática transformadora.

Com a pesquisa, identificamos um número expressivo de equipamentos empregados na divulgação e na popularização da ciência que podem, re-contextualizados, tornarem-se interessantes recursos para a educação formal em ciências. Esses equipamentos, em vista

da sua versatilidade, podem ultrapassar, em muito, a função única de experimentos de baixo custo para escolas sem laboratórios, para serem experimentos estimulantes, que tragam aos alunos a satisfação de encontrar respostas para questões que os intrigam.

Os museus e centros de ciências nos parecem, desde então, mais que espaços que procuram aguçar a curiosidade e despertar o interesse pela ciência e pela tecnologia; locais para a imersão na cultura científica que, entretendo e educando a um só tempo, tornam a ciência menos misteriosa, mais transparente. Para os professores que os visitam, eles podem ser também exemplos vivos de uma pedagogia que tem como ponto de partida o interesse e que oferece a possibilidade de aprender em processos investigativos. Mais raro, mas certamente possível, podem ser exemplos das relações entre ciência e tecnologia em situações que evidenciam o quanto uma e outra se influenciam mutuamente, e das consequências sociais e ambientais da produção científica e

tecnológica.

Esperamos que os nossos resultados, entre eles o desenvolvimento profissional dos alunos-pesquisadores, venham a ampliar-se, intervindo positivamente no meio educacional.

Agradecimentos

Agradecemos aos estudantes-pesquisadores por seu interesse, sua dedicação e suas elaborações criativas. No seu desempenho está a nossa confiança em um futuro melhor para a Educação em Ciência no Brasil: Ana Paula de Oliveira; Felipe Costa de Paiva; Fernando Renato Vicente Ferreira; Jair Augusto Gomes de Sant'Ana; Marcus Vinícius da Silva Ferreira; Naasson Fernandes Castrioli; Rafaela dos Santos Moraes; Roosevelt Brasileiro; Thiago Lanes Parente; Vanessa Nogueira.

Apêndice

Projeto: Identificação dos equipamentos interativos expostos nos museus e centros de ciências como recursos didáticos para a educação formal em ciências.

Espaço visitado:

Data da visita:

Pesquisador:

Responda as questões abaixo apenas se o equipamento exposto permitir a manipulação, pelo visitante ou por mediador do espaço visitado.

| | SIM | NÃO | Observações |
|---|-----|-----|-------------|
| Questão 1. A manipulação do equipamento constitui-se como <i>oportunidade</i> para a reflexão sobre o fenômeno observado e para o levantamento de hipóteses? Isto é, ao manipular (ou ver manipular) o equipamento, o visitante pode <i>questionar-se</i> sobre "O que está acontecendo?" ou "Por que isto ocorre?" | | | |
| Questão 2. É permitida a manipulação do equipamento de modo a <i>testar hipóteses</i> ? Pode-se dizer que o equipamento permite que o visitante <i>experimente</i> ? | | | |
| Questão 3. A manipulação, ou experimentação, oferece <i>resultados reprodutíveis</i> , isto é, que se repetem sempre que alguém manipula ou experimenta <i>da mesma maneira</i> ? | | | |
| Só responda à questão seguinte caso TODAS as respostas anteriores tiverem sido SIM | | | |
| Questão 4: Pode-se fabricar equipamento semelhante e que funcione do mesmo modo, usando materiais de fácil aquisição e técnicas acessíveis? | | | |

Identifique o equipamento interativo analisado.

Título:

Descrição (como ele é?):

Ações são esperadas do visitante (como funciona?):

Referências

- [1] L.E.V. Aguiar, *A Pesquisa e a Experimentação como Instrumentos de Motivação no Ensino e Aprendizagem de Ciências*. Tese de Doutorado em Ciências, Instituto Oswaldo Cruz, 1998.
- [2] J.A.M. Costa, *Revista Millenium* **19** (on line) (2000). Disponível em <http://www.ipv.pt/millenium/19.spec6.htm>. Acesso em 28/1/2008.
- [3] J. Praia, A. Cachapuz e D. Gil-Pérez, *Ciência & Educação* **8**, 127 (2002).
- [4] A. Cachapuz, J. Praia e M. Jorge, *Revista de Educação* **IX**, 69 (2000).
- [5] A. Cachapuz, J. Praia e M. Jorge, *Ciência & Educação* **10**, 363 (2004).
- [6] A. Cachapuz, M. Jorge, D. Gil-Pérez, A.M.P. Carvalho, J. Praia e A. Vilches (org), *A Necessária Renovação do Ensino das Ciências* (Cortez, São Paulo, 2005).
- [7] M.A.G. Marsulo e R.M.G. Silva, *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* **4** (2005).
- [8] J. Praia, D. Gil-Pérez e A. Vilches, *Ciência & Educação* **13**, 141 (2007).
- [9] M.V. Chinelli e L.E.V. Aguiar, *Crise no Ensino de Ciências: Solicitações e Desafios do Paradigma Emergente* (Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2008a), inédito.
- [10] M.V. Chinelli e L.E.V. Aguiar, *Subsídios para a Formação Permanente de Professores de Ciência e Tecnologia: Saberes Formados e Mobilizados na Prática Profissional* (Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2008b), inédito.
- [11] L.E.V. Aguiar e T. C. Araújo-Jorge, in Journées internationales sur la communication, l'éducation et la culture scientifiques et industrielles. **XXI. Actes JIES**. Chamonix (1999).
- [12] Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira - INEP. *Estatísticas dos Professores no Brasil* (INEP, Brasília, 2003).
- [13] J. Padilla, in *Educação para a Ciência: Curso para Treinamento em Centros e Museus de Ciências* (Editora Livraria da Física, São Paulo, 2001), p. 113-141.
- [14] M. Van-Praët, in *Educação e Museu: A Construção Social do Caráter Educativo dos Museus de Ciências* (Access, Rio de Janeiro, 2003), p. 47-62.
- [15] A.C. Pavão, P. Faltay e M.E.C. Lima, in *Educação para a Ciência: Curso para Treinamento em Centros e Museus de Ciências* (Editora Livraria da Física, São Paulo, 2001), p. 215-222.
- [16] D. Colinviaux, *História, Ciências, Saúde* **12**(suplemento), 79 (2005).
- [17] G.R. Pereira, *Do Lúdico ao Científico: Construção e Avaliação de Módulos Experimentais de Óptica em Museus de Ciências e em Ambientes Escolares*. Dissertação de Mestrado em Ciências, Instituto Oswaldo Cruz, 2007.
- [18] K.R. Popper, *A Lógica da Pesquisa Científica* (Cultrix, São Paulo, 2000).
- [19] T. Kuhn, *A Estrutura das Revoluções Científicas* (Perspectiva, São Paulo, 1998).
- [20] I. Lakatos, *Historia da Ciência e suas Reconstruções Racionais* (Edições 70, Coimbra, 1998).
- [21] P. Feyerabend, *Contra o Método* (Editora da UNESP, São Paulo, 2007).
- [22] I. Prigogine e I. Stengers, *A Nova Aliança: Metamorfose da Ciência* (Editora Universidade de Brasília, Brasília, 1991).
- [23] E. Morin, *Ciência com Consciência* (Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 2003), 7ª ed.
- [24] E. Morin, *Introdução ao Pensamento Complexo* (Sulina, Porto Alegre, 2005).
- [25] E. Morin, *Os Sete Saberes Necessários à Educação do Futuro* (Cortez, São Paulo e UNESCO, Brasília, 2007), 12ª ed.
- [26] B.S. Santos, *Um Discurso Sobre as Ciências* (Cortez, São Paulo, 2004a), 2ª ed.
- [27] B.S. Santos (org), *Conhecimento Prudente para uma Vida Decente* (Cortez, São Paulo, 2004b).
- [28] D. Gil-Pérez, I.F. Montoro, J. Carrascosa, A. Cachapuz e J. Praia, *Ciência & Educação* **7**, 125 (2001).
- [29] G.T. Zancan, *São Paulo Perspectiva* **14** (on line) (2000).
- [30] G. Fourez, *Investigação em Ensino de Ciências* **8** (on line) (2003).
- [31] P. Perrenoud, *Práticas Pedagógicas, Profissão Docente e Formação: Perspectivas Sociológicas* (Dom Quixote, Lisboa, 1993).
- [32] J. Elliot, in *Cartografias do Trabalho Docente: Professor(a)-Pesquisador(a)* (Mercado das Letras, Campinas, 1998), p. 137-152.
- [33] R. Barbier, *A Pesquisa-Ação* (Plano, Brasília, 2002).
- [34] R.P. Schnetzler e M.I.F.P.S. Rosa, *Ciência & Educação* **9**, 27 (2003).
- [35] M.A.S. Franco, *Educação e Pesquisa* **31**, 483 (2005).
- [36] S.G. Pimenta, *Educação e Pesquisa* **31**, 521 (2005).
- [37] M. Thiollent, *Metodologia da Pesquisa-Ação* (Cortez, São Paulo, 2003), 12ª ed.
- [38] K.M. Zeichner e J.E. Diniz-Pereira, *Cadernos de Pesquisa* **35**, 63 (2005).
- [39] C. Argüello, in *Educação Para a Ciência: Curso Para Treinamento em Centros e Museus de Ciências* (Editora Livraria da Física, São Paulo, 2001), p. 145-148.
- [40] M.V. Chinelli, M.V.S. Ferreira e L.E.V. Aguiar, *Epistemologia em Sala de Aula: A Natureza da Ciência e da Atividade Científica na Prática Profissional de Professores de Ciências* (Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2008), inédito.
- [41] M.A. Moreira, N.T. Massoni e F. Ostermann, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **29**, 127 (2007).
- [42] A.P. Gallego Torres e R. Gallego Badillo, *Ciência & Educação* **13**, 8 (2007).
- [43] A. Nóvoa, in *Os Professores e sua Formação* (Dom Quixote, Lisboa, 1992), p. 15-33.
- [44] M. Tardif e D. Raymond, *Educação e Sociedade* **73**, 209 (2000).