

UMA PROPOSTA DE INTERATIVIDADE *HANDS-ON* PARA MCTs A PARTIR DE UM EQUIPAMENTO AUTOMATIZADO

Osmar Henrique Moura da Silva*

Carlos Eduardo Laburú**

Tania Teresinha Bruns Zimer***

Resumo: A extinta FUNBEC (Fundação Brasileira para o Ensino de Ciências) comercializava kits educacionais dentre os quais havia um aparelho simples e proveitoso ao estudo qualitativo do modelo cinético dos gases. Visando auxiliar o professor com instigante atividade experimental no assunto, o aparelho constitui-se numa versão cuja demonstração exige o envolvimento de um agente comprometido em realizá-la (educador/estagiário), no sentido de adequar-se a alguém que se habilite em apresentá-la a outrem ao discutir os conceitos envolvidos. Diferenciando-se do ensino tradicional numa concepção de aprendizagem por livre escolha, o presente trabalho estabelece uma reflexão acerca da proposta das interatividades *push-button/hand-on* para MCTs, e similares, a partir do desenvolvimento de um equipamento automatizado da versão acima comentada. Espera-se assim também contribuir com uma alternativa tecnologia educacional que venha interessar àqueles profissionais atuantes em pequenos e médios Museus e Centros de Ciência, estando em fase inicial de elaboração ou não, e que perseguem a meta de continuamente aprimorarem e ampliarem seus acervos de equipamentos interativos numa perspectiva de entretenimento e simulações.

Palavras-chave: interatividades *push-button/hands-on*. Proposta de montagem. Experimento interativo. Modelo cinético dos gases. Museu de ciências.

1 Introdução

Reconhecidos como espaços propícios à prática da divulgação científica em complementação do ensino escolar, os Museus de Ciências e Tecnologia (MCTs)¹ concretizaram-se como expositores de uma variedade de aparatos com os quais os visitantes interagem movimentando-os, em grande parte, por “manuseio de manivelas ou aperto de botões” (ISZLAJI, 2012, p. 71), tradição que veio a consolidar o apelido desta típica exposição museal de *interatividade push-button* (DAMICO, 2004). Acerca da interatividade entre sujeitos

* Doutor, Departamento de Física da Universidade Estadual de Londrina (UEL), PR.

** Doutor, Departamento de Física da Universidade Estadual de Londrina (UEL), PR.

*** Doutora, Departamento de Teoria e Prática de Ensino da Universidade Federal do Paraná (UFPR), PR.

¹ Entidades com as nomenclaturas “Museus de Ciências” e “Centros de Ciências” podem ser diferenciadas em essência (DURANT, 1992), embora por alguma distinção feita nesse sentido existam entidades com ambas as finalidades pelas quais se buscou distingui-las (ibid.). Jacobucci (2006) faz uma análise das terminologias utilizadas para esses núcleos e afirma que não estão muito bem definidas, sendo comum na literatura e coloquialmente no Brasil o entendimento de espaços idênticos. Nesse contexto, usa-se aqui a terminologia MCT no popular entendimento de entidade com objetivo de mostrar a ciência de forma lúdica e interativa.

e objetos nesses ambientes, uma categorização mais ou menos consagrada compreende três níveis (WAGENSBERG, 2005): a interatividade *hands-on* – relacionada ao toque e manipulação física²; a interatividade *mind-on* – relacionada ao engajamento intelectual; e a interatividade *heart-on* – relacionada com a emoção e a cultura. Para a interação por manipulação, cabe então esclarecer que há o entendimento no qual ela pode ocorrer diretamente (*hand-on*) ou por meio de mecanismos acionados pelo visitante num simples aperto de botão (*push-button*)³ (CHELINI; LOPES, 2008). Concepção esta de experimentação por manipulação que aparenta estar, segundo Colinvaux (apud CHELINI; LOPES, 2008), na essência de muitos museus de ciências em que “a interatividade tem sido a palavra de ordem” (PAVÃO; LEITÃO, 2007, p. 44).

A respeito da crescente expansão de MCTs (e similares) no Brasil (DENTILLO, 2013), com apuração da Associação Brasileira de Centros e Museus de Ciência (ABCMC) indicando quase 190 deles no país, pode-se dizer que a quantia ainda é relativamente baixa ao atendimento de mais de cinco mil municípios (ibid.). Aliás, a totalidade estimada evidencia uma amostra heterogênea, destacando-se alguns museus de ‘grande porte’ perante muitos outros que, num contraste, mostram-se em fase inicial de preparação e ampliação de suas atividades interativas. Dentro da perspectiva de aprendizagem por livre escolha (DIERKING, 2005) em variabilidade ao ensino formal, muitas demonstrações disponibilizadas aos visitantes⁴ encontram-se automatizadas e percebidas como confiáveis “brinquedos”, compostos por comandos que conduzem o que fazer e observar, além de textos explicativos direcionados ao público-alvo, cujos desenvolvimentos são feitos por uma equipe especializada do setor. Por assim ser, o presente trabalho apresenta uma reflexão acerca da proposta das interatividades *push-button/hands-on* para MCTs, e similares, a partir do desenvolvimento de uma automatização de experimento interativo. Espera-se assim também contribuir com uma alternativa tecnológica educacional que venha interessar àqueles profissionais atuantes em pequenos e médios museus e centros de ciência, estando em fase inicial de elaboração ou não, e que perseguem a meta de continuamente aprimorarem e ampliarem seus acervos de equipamentos interativos numa perspectiva de entretenimento e simulações. Mais especificamente, o equipamento constitui-se

² Em que se almeja que o visitante “esteja no papel de cientista” ao experimentar métodos científicos ao manipular objetos, modelos ou montagens que lhe permitem entender o funcionamento e o desenrolar de processos e fenômenos, em uma perspectiva de “museu de ideias” ao longo da história da humanidade.

³ Modo de interatividade manipulativa (PADILLA, 2001, p. 123) que implica um direcionado processo ou fenômeno a ser pensado.

⁴ Que, por si sós, interagem livremente no que se espera ser uma maneira diferente e prazerosa de envolver o conhecimento científico.



numa versão automatizada via *push-button* de um aparelho proveitoso ao estudo qualitativo do modelo cinético dos gases, originalmente destinado a subsidiar o educador, quando comercializado em kits pela extinta Fundação Brasileira para o Ensino de Ciências (FUNBEC, 1977). Acerca dessa elaboração, além de se propor um modelo de texto explicativo para estudo com comando de acionamento/manipulação, aqui sugeridos em linguagem inteligível ao público visitante, a automatização empregada visa acatar as seguintes preocupações: 1) qualquer experimentador, individualmente, pode realizar a demonstração com segurança ao manipular o equipamento⁵; 2) há garantia de êxito da demonstração⁶; 3) os equipamentos assim preparados encontram-se protegidos contra danos previsivelmente ocasionados por ‘curiosidades’ indesejadas, em razão de ele ser concebido para ficar disponível ao livre manuseio individual⁷.

2 A elaboração dessa tecnologia/produto educacional

Descreve-se aqui parte da experiência de um projeto de inserções de tecnologias educacionais em um museu de ciências e tecnologia, ainda em fase inicial de desenvolvimento. A metodologia de construção deste produto educacional em particular e os materiais utilizados seguem discutidos nesta seção. Devido à variedade de itens e detalhes procedimentais, pretende-se melhor orientar esta elaboração com separadas subseções assim denominadas: O experimento “Modelo Cinético dos Gases”; O circuito de controle automático e sua ligação no equipamento; A preparação final. Nessa última subseção também se apresenta um modelo aqui pensado de uma sintética explicação qualitativa ao estudo dos fenômenos envolvidos, podendo servir de guia à preparação de um texto a ser atrelado no equipamento com linguagem acessível ao público visitante mais geral, na medida em que o aprofundamento de esclarecimentos nesse sentido permanece a critério da equipe pedagógica local. Por fim, algumas reflexões acerca desta modalidade de interatividade são também realizadas.

⁵ Os visitantes precisam estar seguros ao manusearem o equipamento, permanecendo impossibilitados de sofrerem acidentes como por choques elétricos, diante inoportuna falha elétrica ou eletrônica, ou, por exemplo, por contato físico do dedo de uma criança na “biela” de um motor em “alta” rotação.

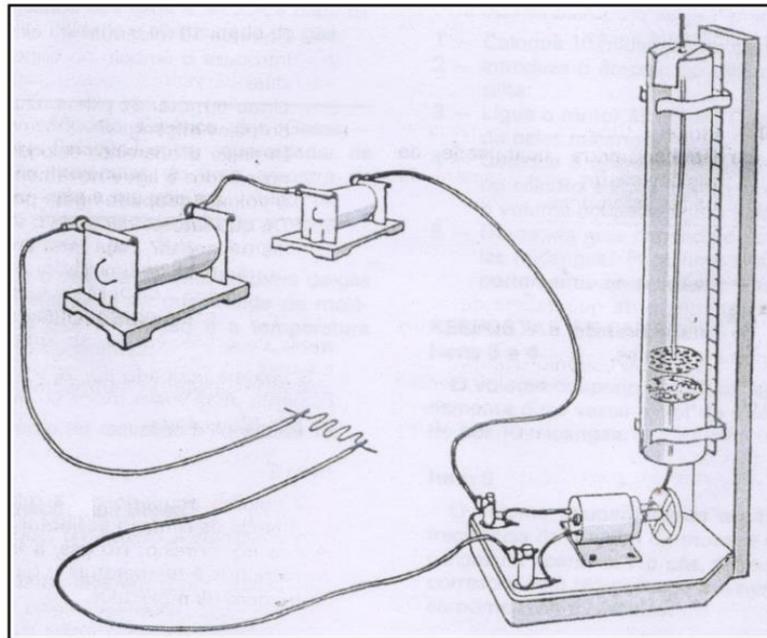
⁶ Preocupação de que o equipamento funcione sempre do mesmo modo ou, em outras palavras, ter-se garantia de que a demonstração ocorrerá toda vez que se apertar/girar um botão, assim como dizem Chinelli et al. (2008, p. 4505-4): “*oferece resultados reprodutíveis*”.

⁷ Tendo em conta peças internas possuírem sensibilidade ao toque indevido, alguém poderia entortar uma fina haste, remover uma peça/componente, ou seja, avariar o equipamento.

2.1 O experimento “Modelo Cinético dos Gases”⁸

A ideia nesta peculiar versão de demonstração macroscópica dos conceitos de pressão e temperatura em gases está no uso de pequenas bolinhas⁹ contidas num tubo vertical de base inferior (disco) vibrante, provocada por um motor elétrico de rotação alterável. O tubo torna-se o recipiente de volume que pode também ser alterado se manipulada a posição do disco superior, por meio do eixo vertical nele fixado, e/ou quando se muda o nível de agitação das bolinhas. A Figura 1 ilustra o experimento, no qual um resistor variável permite aumentar ou diminuir esse nível de agitação das bolinhas, qualitativamente avaliado observando uma escala de graduação regular alinhada com o tubo.

Figura 1 – Aparelho para o estudo do modelo cinético dos Gases.



Fonte: FUNBEC (1977, p. 78).

Objetivando destinar a demonstração a um salão de exposições, procurou-se aqui redimensionar a montagem um pouco maior que a originalmente comercializada (ibid.), aderindo um tubo de acrílico com 6 cm de diâmetro externo (5 cm interno) e 20 cm de comprimento, além das missangas coloridas de 5 mm de diâmetro. Um pequeno motor de 12 V (DC) é então usado para que, no seu eixo, seja feita uma comum vinculação de peças que provocam ligeiros avanço e recuo do disco inferior, ao se converter o movimento giratório desse

⁸ Demonstrações semelhantes à discutida nesta subseção e que reproduz a versão da FUNBEC (1977) podem ser assistidas em vídeos na internet:

<<http://www.pontociencia.org.br/experimentos/visualizar/modelo-didatico-cinetica-dos-gases/534>>. Uma consulta pode auxiliar entendimentos relacionados.

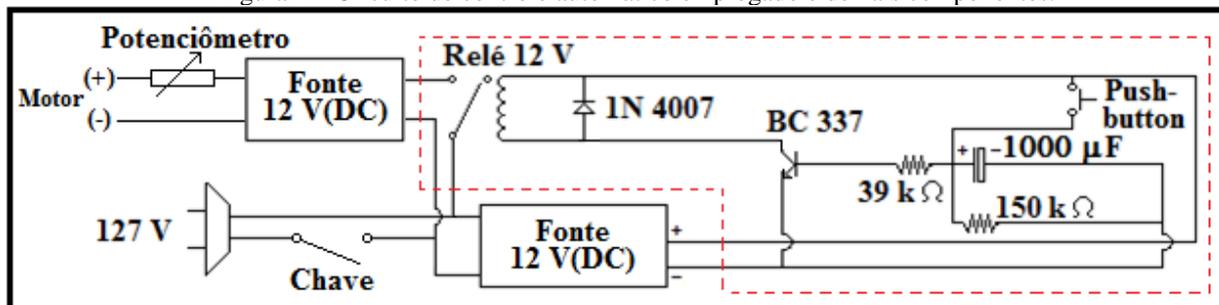
⁹ Que se movem desordenadamente colidindo entre si e nas paredes do recipiente, sendo assim associadas com um comportamento análogo de átomos e moléculas em estado gasoso.

eixo por adaptação de uma sutil manivela como solução para isso. Usa-se uma fonte de 12 V na alimentação permanente do motor, o que não ocorre no motor da versão original (ibid.) de menor tensão (3 V) ligado por pilhas. Com diferenças iniciais apenas na dimensão mencionada e no motor empregado em relação ao simples equipamento da Figura 1, sintetizam-se aqui os comentários acerca desta apresentação do equipamento e etapa de montagem, uma vez que os demais esclarecimentos equivalentes de uma orientação nesse sentido não se fazem agora obrigatórios, pois se encontram divulgados em sites na internet¹⁰. Além disso, aos principais profissionais interessados que este trabalho citou buscar atingir, vale ponderar na própria Figura 1 a razoável ilustração acerca do arranjo das poucas peças ali envolvidas para fácil reprodução do produto, ficando a próxima subseção encarregada dos detalhes da elaboração da automação aqui sugerida à demonstração.

2.2.O circuito de controle automático e sua ligação no equipamento

Apresenta-se aqui um inovador e simples dispositivo eletrônico à realização da demonstração por manuseio de botões, como o acionamento e o controle do nível de agitação das bolinhas (“moléculas”), cabendo nele se programar o tempo de desligamento automático da mesma. Sua elaboração segue o diagrama esquemático da Figura 2, no qual se encontra delimitada uma área com traço pontilhado, englobando os componentes a serem conectados em placa perfurada para efetuar ligações por prático uso da ferramenta de soldar (popular ferro de solda elétrico para estanho), quais sejam: 1 placa perfurada para montagem dos componentes eletrônicos de (7x7) cm; 1 relé de 12 V; 1 diodo IN 4007; 1 transistor BC337; 1 resistor de 39 k Ω ; 1 resistor de 150 k Ω ; 1 capacitor de 1000 μ F; 1 botão *push-button* (NA).

Figura 2 – Circuito de controle automático empregado e demais componentes.



Fonte: autores¹¹.

¹⁰ <http://www.feiradeciencias.com.br/sala08/08_12.asp>.

¹¹ Desenvolvimento alcançado por ideias em Saber Eletrônica
<<http://www.sabereletronica.com.br/secoes/leitura/1595>>.

Assim preparada a placa, nota-se na Figura 2 uma fonte de 12 V (DC) alimentando o circuito da parte tracejada que, uma vez apertado o botão *push-button* (NA), aciona temporariamente uma segunda fonte de 12 V (DC) conectada ao motor (12 V) de velocidade de rotação controlada pelo potenciômetro (no caso, 10 \wedge), ali adaptado em série para essa função. De modo comum, um fio duplo para ligação em tomada convencional é indispensável.

Completada as ligações procedentes na Figura 2, o dispositivo fica programado a ativar a demonstração planejada por aperto do botão (*push-button*), podendo-se estabelecer seu tempo de desligamento automático, alterando o valor do resistor de 150 k Ω , ou mesmo trocando-o por um resistor variável (*trimpot*), em que o valor da escala em ohms dependerá do desejado tempo de funcionamento da demonstração¹². O dispositivo pode permanecer continuamente conectado à tomada, no qual a chave liga-desliga é opcional. A propósito, por uma breve comparação desse dispositivo com uma alternativa moderna e considerada de baixo custo, popularizada como Arduino¹³, cabe salientar que projetos de automação com esse último (SILVA; MATHIAS, 2015), além de compreender conhecimentos básicos de linguagem de programação, de eletrônica e de desenvolvimento de algoritmos, tem-se um custo bem superior ao dispositivo da Figura 2, numa situação de simulação de equivalente função¹⁴. Isso se deve a uma recente pesquisa de mercado efetuada com base numa média de orçamentos, o que permite concluir que a montagem proposta adere um dispositivo simples e de prática elaboração, além de barato. Mais ainda, por uma segunda comparação a outra semelhante proposta de automação (SILVA *et al.*, 2013), cabe avaliar que o simples dispositivo aqui desenvolvido constitui-se de apenas 7 componentes eletrônicos e dispensa uso de CI 555 e demais componentes como naquela versão divulgada (*ibid*).

2.3 Preparação final

Recomenda-se, nesta etapa final, a preparação de uma caixa de madeira (ou acrílico), chapa de 10 mm, com dimensões próximas de 20x20x20 cm para adaptação do que fora realizado nas subseções anteriores. Para isso, sugere-se separar a montagem do dispositivo eletrônico daquilo que se planejou direcionar a atenção/manuseio do experimentador. O dispositivo eletrônico, portanto, é acomodado internamente à caixa, ficando expostos o botão

¹² De modo análogo à substituição do resistor de 150 k Ω , muda-se o tempo de funcionamento por uso de valores diferentes aos do capacitor de 1000 μ F.

¹³ Baseado num microcontrolador operante no controle de vários dispositivos e com aplicação em instrumentação embarcada e robótica (SOUZA *et al.*, 2011, p. 1701-1).

¹⁴ Aliás, uso de Arduino nessa função ainda inclui a adaptação particular de um simples circuito eletrônico a ser montado.

push-button e o potenciômetro para manipulação na parte frontal da mesma, bem como abaixo dela se prontifica deixar uma saída da fiação para ligação do equipamento em tomada. Pela questão de mútua proteção equipamento/experimentador, o motor também é internamente fixado na caixa de modo a ficarem ele e suas peças vinculadas impossibilitados de se tornarem alvo de contatos físicos em casos de curiosidades indevidas. Sugere-se a adaptação de uma chapa de madeira (ou acrílico) de 70x20 cm verticalmente na parte de trás da caixa, com a finalidade de fixação do tubo e de anexar um texto explicativo (Figura 3). A Figura 3 apresenta uma foto do equipamento pronto para livre experimentação na área de exposição pública do MCT da instituição onde se encontra a autoria do trabalho, já há alguns meses em funcionamento.

Assim aprontado, três orientações de manipulação precisam ser indicadas a um experimentador. Duas delas, pela automação empregada, podem ser: 1) “PRESSIONE O BOTÃO PARA INICIAR A EXPERIMENTAÇÃO”, ao lado do botão *push-button*; 2) “GIRE O BOTÃO PARA MODIFICAR A AGITAÇÃO DAS BOLINHAS”, ao lado do potenciômetro. Já uma terceira orientação carece de um texto explicativo que instrua o indivíduo na realização (e estudo) das demonstrações então viabilizadas, para também manualmente modificar a posição da haste vertical, subindo ou descendo o disco superior, ou seja, modificando o volume ocupado pelas bolinhas (“gás”) dependendo das situações¹⁵.

Figura 3 – Foto com vista frontal do equipamento finalizado para livre experimentação.



Fonte: Autores, 2019.

¹⁵ Obviamente que, nessa altura, já se pensou numa identificação para o equipamento (Um exemplo pode ser “GASES: MODELO CINÉTICO”), destacada em alguma parte.

Em razão de o público visitante poder ser majoritariamente formado por estudantes do ensino básico e leigos em geral, os detalhes explicativos são ajustados numa melhor linguagem compatível possível. Todavia, a extensão e nível desses detalhes podem ser avaliados e aprimorados por uma equipe pedagógica local, que ostenta a perspectiva seguida em espaços educativos não formais. Àqueles interessados em estruturar uma leitura deste tipo, mantendo o espírito da proposta, segue na Figura 4 uma explicação qualitativa dos fenômenos envolvidos (com relativos comandos de manipulação e do que observar) para proveito e/ou guia, e que deve ser compreendida como um modelo daquilo a ser anexado no equipamento¹⁶. Demais comentários relacionados sem este intuito e de forma extensa, voltados ao educador, são vistos em SÃO PAULO (1978, 1980).

Figura 4 – Modelo de texto explicativo a ser anexado no equipamento

GASES: MODELO CINÉTICO

De acordo com o **MODELO CINÉTICO DOS GASES** ideais, as moléculas estão bastante afastadas entre si e movimentam-se continuamente de forma desordenada com direção e sentido ao acaso. As moléculas colidem entre si e com as paredes do recipiente que as contém. As bolinhas neste experimento representam moléculas de um gás e quanto maior forem as suas **VELOCIDADES**, maior será a **TEMPERATURA** do gás. Além disso, pode-se movimentar o êmbolo do tubo manualmente em algumas posições para cima e para baixo, modificando o **VOLUME** do “gás”. O conceito de **PRESSÃO** tem a ver com os choques das bolinhas nas paredes do recipiente e é capaz de ser verificada, se aumenta ou não, mediante os choques entre si e com as paredes do tubo e do êmbolo.

EXPERIMENTOS QUE PODEM SER CONSTATADOS

Pressione o botão para iniciar a experimentação (Obs.: duração programada de 40 segundos por desligamento automático). **Gire lentamente o outro botão variando a velocidade de agitação das bolinhas.**

Transformação isotérmica (temperatura constante): Puxando-se lentamente o êmbolo do tubo para cima, as bolinhas se comportam como as moléculas de um gás que tem seu volume aumentado. A distância média entre elas aumenta, isto é, o gás torna-se rarefeito, menos denso, mas a temperatura se mantém, pois a motor continua com a mesma rotação e a pressão diminui já que o choque médio com as paredes diminui. As bolinhas preenchem o novo volume, agora maior, como o faziam as moléculas de um gás, devido à sua expansibilidade. Soltando-se o êmbolo, ele volta à posição inicial. Empurrando-se o êmbolo para baixo, também lentamente, as bolinhas se comportam como as moléculas de um gás que tem seu volume diminuído e pelos motivos inversos anteriores, a pressão aumenta e a temperatura se mantém constante. A distância média entre elas diminui, isto é, o gás torna-se comprimido. Soltando-se o êmbolo, ele volta à posição inicial.

Transformação isovolumétrica ou isocórica (volume constante): Ocorre ao se segurar o êmbolo numa posição (volume) fixa, imaginando o volume constante da amostra de gás, ao variar a agitação (temperatura) das bolinhas. No caso, a pressão do gás varia com sua temperatura. Se o volume permanecer constante, haverá um aumento na frequência das colisões das moléculas entre si e com as paredes do recipiente. Em outras palavras, sua pressão aumentará. Se o gás for resfriado (diminuição da agitação das bolinhas), a velocidade de suas moléculas diminuirá e sua pressão também.

Transformação isobárica (pressão constante): Ocorre quando se mantém o êmbolo livre (sem manuseá-lo) e ao aumentar (diminuir) a agitação das bolinhas, isto é, a temperatura, haverá um aumento (diminuição) de volume com a pressão constante sempre igualada à pressão externa da atmosfera.

Fonte: Autores, 2019.

¹⁶ Exemplificação de tal anexação na Figura 3.

3 Reflexão acerca dessa proposta de interatividades *push-button/hands-on* para MCTs e similares

Ao se adotar esse modo de automatização por aperto de botão, procurando certificar uma segurança mútua entre experimentador e equipamento, protegendo este último de estragos que surgiriam por algum manuseio indesejável ou falta de zelo de usuários, cabe agora debater acerca de uma peculiar crítica à interatividade *push-button*. A crítica aponta que aparatos deste tipo, por si sós, não permitem um estímulo maior à reflexão. Nesse entendimento, o apertar de botão faz o equipamento gerar uma resposta hermética, fixa, com uma interação limitada. Conforme Massabki (2011, p. 62), levanta-se a possibilidade de desenvolvimento da interatividade como “compulsão psicomotora”, após o botão ter sido apertado, “sem que o visitante ao menos espere a conclusão do efeito produzido nem se permita alargar sua percepção e cognição”, haja vista que a resposta é única e não se permite funcionar de outro modo a fim de, por exemplo, testar-se uma hipótese. É natural que essas críticas em relação à forma de interatividade *push-button* façam surgir alternativas que visam melhorar o engajamento intelectual dos usuários por meio de uma interação física que não se restrinja a simples toques. Contudo, embora o uso restrito desse tipo de interação aparente certas limitações, indicando não ser o simples fato de permitir a manipulação do público que se garantirá a compreensão daquilo que está exposto, há estudos com comprovações de diferenças não significativas no grau de aprendizagem comparativamente a outros modos separados de interação nesses ambientes educativos não formais (EASON E LINN apud GASPAR, 1993). Nesse contexto, Blud (apud STUDART, 2003) investigou os resultados cognitivos relativos à compreensão de um processo ilustrado em exposições, entrevistando 50 grupos familiares em três exposições diferentes que objetivavam demonstrar/instruir determinado conceito: uma completamente interativa, uma do tipo “aperta botão” (*push-button*) e uma estática. Curiosamente, tal investigação não forneceu resultados estatisticamente significativos de uma exposição mais eficaz que outra acerca do aprendizado de conteúdos científicos, apesar de as primeiras se mostrarem mais encorajadoras de discussões dentro dos grupos familiares (ibid.). Perante isso, cabem aos equipamentos interativos *push-button* textos explicativos a eles anexados que contribuem para uma clareza de entendimento, pois os sujeitos, conforme Gaspar (1993, p. 148), “na sua maioria, leem os textos apresentados pelo menos até que tenham uma ideia do objetivo ou proposta da demonstração”. Com direcionamento ao público alvo, cada texto em particular necessita então ser aprimorado a critério do aprofundamento estipulado na linguagem das explicações científicas em termos qualitativos ou não. E, mesmo que qualquer preparação



de leitura nesse sentido permaneça alvo de melhorias, é expressivo salientar que a essência dessa orientação explicativa, que se recomenda atrelar nos equipamentos, mantém-se conservada.

Além disso, a respeito do movimento de boa parte dos museus de ciência no mundo inteiro “a favor da troca da proposta ‘*push-button*’ para a ‘*hands-on*’”, objetivando viabilizar o visitante “não só a tocar”, no sentido de apertar um botão e ver o que ocorre, “mas também a interagir com os módulos em exposição” (CONSTANTIN, 2001, p. 197), mais um esclarecimento é preciso. Por uma questão de refinamento da categorização de interatividade do equipamento em foco, que a ele aqui se referiu com a denominação popular/tradicional e histórica de *push-button*, há uma abrangência às modalidades de interação *hand-on* e *minds-on*¹⁷. Na *hand-on*, “a interatividade manual” do equipamento faz do visitante um elemento ativo na exposição, usando as mãos para provocar os fenômenos físicos envolvidos, permitindo um estudo do desenrolar dos processos que pode se dar individualmente conforme o interesse presente. Isto se traduz em uma “interatividade mental” ou *minds-on*. Nesta última, os elementos de interação estimulam o funcionamento da mente, instigando o sujeito a empreender um “exercício mental”. E mesmo que isso nunca esteja garantido, as experiências ali envolvidas podem ser “desencadeadas” em momentos de interação entre visitantes ou por um processo de mediação ou visita guiada (FERREIRA et al., 2016). Ressalta-se ainda, nesta perspectiva lúdica de interação com um equipamento, o papel auxiliador importante na prática pedagógica de professores da educação básica na medida em que os incentivam “a relacionar a visita com o trabalho feito na escola” (BERNASIUK et al., 2009, p. 1). De acordo com Silva et al. (2013, p. 436):

[...] 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.

4 Considerações finais

Buscou-se aqui contribuir dentro de uma linha de trabalhos que divulgam como as exposições e os objetos de um Museu de Ciências são produzidos (SILVA, et al. 2013) e que,

¹⁷ Considerando que não se pretende hierarquizar as formas e dispositivos expositivos pelas modalidades de interação, a terceira delas, “*heart-on*”, “*necesita abordar su aspecto más genuinamente cultural*”, permitindo uma “*conversa con la identificación colectiva a que pertenece la sociedad donde se inserta el museo*” (WAGENSBERG, 2006, p. 38).



segundo Ferreira (2014, p. 7), “estes trabalhos são quase inexistentes”, embora haja uma demanda de desmistificação da sofisticação de *exhibits*¹⁸ para aumentar as proliferações dos mesmos (ARGÜELLO, 2001), especialmente em similares ambientes educacionais que iniciam a preparação e ampliação de seus acervos. Em particular à automatização do experimento interativo, o dispositivo eletrônico empregado é inovador e supera em simplicidade e custo os dois dispositivos divulgados (SILVA; MATHIAS, 2015; SILVA et al., 2013) numa comparação com equivalente função, podendo ser útil em muitos experimentos dos salões de exposições. Aliás, com a tendência crescente do número desses ambientes no Brasil (DENTILLO, 2013), boa parte deles tem adquirido seus “brinquedos” educacionais por meio de fabricantes exclusivos que os negociam a um custo elevado ou mesmo de venerados MCTs que se avantajam pela ‘mão de obra’ de seu pessoal qualificado para fabricá-los. Situação essa lembrada por um dos autores deste trabalho quando participou de um congresso nacional ocorrido no MCT da PUC/RS, relacionado ao *design* e construção de equipamentos interativos. Considerando os comentários de Pavão de que “A Física, talvez pela facilidade dessa interatividade por manipulação, historicamente tem sido a grande atração nos museus de ciência” (AGÊNCIA CIÊNCIA WEB, 2009), o equipamento aqui automatizado envolve conceitos equivalentes também de Química, uma vez sendo notado o ensino dela neste modo interativo “ainda relativamente pequeno e muitas vezes ausente” (FREITAS et al., 2010, p. 1).

Há décadas que Museus e Centros de Ciências estão consolidados como principais veículos de divulgação científica, prosseguindo com equipamentos interativos percebidos como “um aparelho que incorpora princípios físicos e/ou tecnológicos fundamentais, em que os visitantes são encorajados a ‘brincar’ com este aparelho num mínimo de orientação textual ou mediadora possível” (DURANT, 1992, p. 8). Ajuizamentos educacionais à parte, fato é que a interatividade desejada nesses lugares abrange distintos tipos e graus: alguma ocorre ‘com apertado de botão e algo acontece’, noutra se abre um compartimento para notar uma informação escondida, outras são jogos de perguntas e respostas ou quebra-cabeças. E mesmo que permaneçam diferentes filosofias educacionais entre esses ambientes, uma comum concepção cabe ser exemplificada na elaboração de um pequeno museu de ciência no país, na qual, pela alegação de um dos educadores inseridos no projeto, Nelson Cázian da Silva, concebe-se que as pessoas não vão ao museu para aprender sobre física ou outra ciência (SILVA, 2008). Ressalta ele que é preciso dar ao visitante a liberdade de ser guiado por sua curiosidade e, se

¹⁸ *Exhibits* são tecnologias (peças, artefatos, equipamentos, experimentos, etc) com os quais os visitantes podem interagir nesses locais.

ele quiser dirigir perguntas aos monitores, proceda dessa forma; ou mesmo permitir que o visitante simplesmente experimente e interaja com aquilo que chama mais sua atenção ao estar sensibilizado com os equipamentos e, com isso, tomar contato com um novo vocabulário (ibid.). Em defesa desse posicionamento, vale destacar a fala do diretor da ABCMC, Antônio Carlos Pavão (AGÊNCIA CIÊNCIA WEB, 2009): os centros e museus de ciência não são espaços para aprender ciência, mas sim para estimular o interesse dos estudantes. À escola cabe o papel de organizar esse conhecimento.

De modo geral, a interatividade nesses ambientes pode ser apresentada em níveis cada vez mais complexos e que se inicia com a ajuda em explorações mais intensas pelos sentidos de forma direta (MORAIS et al., 2007, p. 59). Conforme esses 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”). Enfim, nesse contexto, àqueles comprometidos com a educação não formal nessa perspectiva de entretenimento e simulação, a presente contribuição de elaboração de equipamento interativo permanece numa reorientação que perpetua em Museus e Centros de Ciência na qual se enfatiza que “Del lema ‘prohibido tocar’ se ha passado al lema ‘prohibido no tocar’, del concepto vitrina se ha evolucionado a la idea de experimento...” (WAGENSBERG, 2002, p. 296).

A HANDS-ON INTERACTIVITY PROPOSAL FOR MSTs FROM AUTOMATED EQUIPMENT

Abstract: The extinct FUNBEC (Brazilian Foundation for the Teaching of Sciences) commercialized educational kits among which there was a simple and useful apparatus to the qualitative study of the kinetic model of gases. Aiming to assist the teacher with exciting experimental activity in the subject, the device is a version whose demonstration requires the involvement of an agent committed to perform it (educator / trainee), in the sense of being suitable to someone who qualifies in presentation when discussing the involved concepts. Different from traditional teaching, a conception of learning by free choice, the present work establishes a reflection about the proposal of the push-button/hand-on interactivities for MSTs, and the like, from the development of an automated equipment of the version mentioned above. It is hoped to contribute with an alternative educational technology that will interest those professionals working in small and medium Museums and Science Centers being in the initial stage of elaboration or not, and who pursue the goal of continuously improving and expanding their collections of interactive equipment in a perspective of entertainment and simulations.

Keywords: Push-button/hands-on interactivities. Assembly proposal. Interactive experiment. Kinetic model of gases. Museum of science.

Referências

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/>>. Acesso em: 1 dez. 2017.

ARGÜELLO, C. A. Produção e desenvolvimento de equipamentos para centros de Ciências. In: CRESTANA, S. et al. (Org.) **Educação para a ciência: curso para treinamento em centros e museus de ciência**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2001. p. 145-148.

BERNASIUK, M. E.; BORCELLI, A. F.; AURICH, N. K. Atividades interativas e suas contribuições para o ensino de Física. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA – SNEF, 18., 2009, Vitória. **Anais...** Sao Paulo : SBF, 2009. p. 1-7.

CHELINI, M. E.; LOPES, S. G. B. C. Exposições em museus de ciências: reflexões e critérios para análise. **Anais do Museu Paulista**, São Paulo, v. 16, n. 2, p.205-238, jul. /dez. 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, p. 4505-10, 2008.

CONSTANTIN, A. C. C. Museus interativos de ciências: espaços complementares de educação? **Interciência**, v. 26, n. 5, maio de 2001.

DAMICO, J. S. **Uma nova relação estrutural para a sustentabilidade do Museu da Vida**. 2004. Dissertação (Mestrado em Gestão de Ciência) - Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca, Rio de Janeiro, 2004.

DENTILLO, D. B. Centros e museus crescem, mas investimento ainda é insuficiente. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 65, n. 2, p. 12-13, abr./jun. 2013.

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.

DURANT, J. **Museums and the public understanding of science**. London: NMSI Trading Ltd, Science Museum, 1992.

FEIRA DE CIÊNCIAS. Teoria Cinética dos Gases I (modelo mecânico vertical – MMV). Disponível em: <http://www.feiradeciencias.com.br/sala08/08_12.asp>. Acesso em: 23 de nov. de 2017.

FERREIRA, G. L.; CARVALHO, D. F. A ciência pode emocionar: a criação de um artefato interativo em um museu de ciências. **Revista Fórum Identidades**, v. 22, n. 22, jan./abr., p. 71-84, 2016.

- FERREIRA, G. L. **A interatividade nos museus de ciências:** o processo de criação de um artefato museal. Dissertação (Mestrado em Educação). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/13955/1/InteratividadeMuseusCiencias.pdf>>. Último acesso: 28 de novembro de 2017.
- FUNBEC. **Laboratório portátil de Física (2º GRAU)**. Edart Livraria Editora Ltda: São Paulo, 1977.
- FREITAS, C. S.; RIBEIRO, F. A.; OLIVEIRA JR, G. I.; MESSEDER, J. C. Oficinas em Museus de Ciências: uma abordagem não-formal no ensino de Química. In: Encontro Nacional de Ensino de Química, 15., 2010, Brasília, (DF). **Anais...** Brasília, (DF): SBQ e UNB, 2010. p.1-9.
- GASPAR, A. **Museus e Centros de Ciências:** conceituação e proposta de um referencial teórico. 1993. 173p. Tese (Doutorado em 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. 2012. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.
- JACOBUCCI, D. F. C. **A formação continuada de professores em centros e museus de ciências no Brasil.** 2006. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade de Campinas, Campinas, 2006.
- MASSABKI, P. H. B. **Centros e Museus de Ciência e Tecnologia.** 2011. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.
- MORAES, R. et al. Mediação em museus e centros de ciências: o caso do Museu de Ciências e tecnologia da PUCRS. In: MASSARINI, L. (org.). **Diálogos & Ciência:** mediação em museus e centros de ciência. Rio de Janeiro, 2007. p. 55-67.
- PADILLA, J. Conceptos de museos y centros interactivos. In: CRESTANA, S. et al. (Org.). **Curso para treinamento em centros e museus de ciência:** educação para a ciência. São Paulo: Livraria da Física, 2001. p. 113-141.
- PAVÃO, A. C.; LEITÃO, A. Hands-on? Minds-on? Herts-on? Social-on? Explainers-on! In: MASSARANI, L; MERZAGORA, M.; RODARI, P. (Org.). **Diálogos & Ciência:** mediação em museus e centros de ciência. Rio de Janeiro: Museu da Vida, 2007. p. 39-48.
- PONTO CIÊNCIA (VÁRIAS EXPERIÊNCIAS, UM SÓ LUGAR). Modelo Didático: cinética dos gases. Disponível em: <<http://www.pontociencia.org.br/experimentos/visualizar/modelo-didatico-cinetica-dos-gases/534>>. Acesso em: 21 nov. 2017.
- SABER ELETRÔNICA. **Saber eletrônica:** o seu portal para o universo da eletrônica on-line. Disponível m: <<http://www.sabereletronica.com.br/secoes/leitura/1595>>. Acesso em: 18 ago. 2014.
- # Tear: Revista de Educação Ciência e Tecnologia, Canoas, v.8, n.1, 2019.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Estado da Educação. **Subsídios para a implementação da proposta curricular de Física para o segundo grau:** termologia. São Paulo: Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas (CENP), 1978.

_____. **Atividade de Física:** mecânica e termologia. São Paulo: SE/CENP/FUNBEC, 1980. 250 p. (Para o Aluno).

SILVA, N. C. **UFSC inicia montagem de pequeno Museu de Ciência.** Notícias da UFSC. 2008. Disponível em: <<http://noticias.ufsc.br/2008/06/ufsc-inicia-montagem-de-pequeno-museu-de-ciencia/>>. Acesso em: 1 dez. 2017.

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.; MATHIAS, L. C. Possíveis aplicações do Arduino em Equipamentos Interativos de ambientes planejados à Educação não formal: uma proposta equivalente nas escolas. **Revista Novas Tecnologias na Educação (RENOTE)**, v.13, n. 1, jul.2015.

SOUZA, A. R.; PAIXÃO, A. C.; UZÊDA, D. D.; DIAS, M. A.; DUARTE, S.; AMORIN, H. S. A placa Arduino: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo PC. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 1, 1702, 2011.

STUDART, D. C. Famílias, exposições interativas, e ambientes motivadores em museus: o que dizem as pesquisas? In: **Avaliação e estudos de públicos no Museu da Vida**. Rio de Janeiro: Museu da Vida, 2003.p. 33-42.

WAGENSBERG, J. A Favor del Conocimiento Científico (Los Nuevos Museos). In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE IMPLANTAÇÃO DE CENTROS E MUSEUS DE CIÊNCIAS, 2002, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2002. p.1-16. DOI: <https://doi.org/10.5944/endoxa.14.2001.5031>.

WAGENSBERG, J. O Museu “Total”, uma ferramenta para a mudança social. In: CONGRESSO MUNDIAL DE CENTROS DE CIÊNCIA, 4., 2005, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2005. p. 1-19.

WAGENSBERG, J. **Cosmocaixa:** el museo total por conversación entre arquitectos y museólogos. Barcelona: Sacyr, 2006.