

Um equipamento interativo tipo *push-button* de uma versão de três pistões de um motor movido a eletroímãs para MCTs e similares⁺*

*Osmar Henrique Moura Silva*¹

Departamento de Física – UEL

Londrina – PR

Resumo

*Este trabalho apresenta uma proposta de montagem de uma versão de três pistões de um motor movido a eletroímãs com automatização adaptada aos ambientes planejados à educação não formal, como os museus de ciência e tecnologia e similares, interessados pela interatividade *push-button*. A proposta, dentro da perspectiva de entretenimento que esses ambientes educacionais almejam, visa esclarecer as funções de principais peças mecânicas que existem nos motores de nossos veículos à combustão, como bielas, pistões e virabrequim.*

Palavras-chave: *Proposta de montagem; Motor de pistões e eletroímãs; Ambientes planejados para educação não formal.*

Abstract

This work presents a proposal for an assembly of three piston motor electromagnet-powered with automation adapted to a non-formal educational ambience, as a science and technology museum interested in “push-button” interactivity. The proposal, within an entertaining perspective that these kinds of ambience aim, seeks to clarify the functionality of the main mechanical parts of a combustion motor, as the rods, pistons and crankshaft.

⁺ Interactivity “push-button”: three piston motor electromagnet-powered with automation adapted to a non-formal educational ambience

^{*} *Recebido: fevereiro de 2015.
Aceito: setembro de 2015.*

¹ E-mail: osmarh@uel.br

Keywords: *Assembly proposal; Three piston motor electromagnet-powered; Non-formal educational ambience.*

I. Introdução

Motor é um dispositivo destinado a transformar alguma forma de energia em energia mecânica. Especialmente aos motores que produzem torque a partir de uma pressão num cilindro, a máquina a vapor para ferrovias e os motores à explosão constituem exemplos familiares e retratam um interesse interminável no aperfeiçoamento deles aos meios de transporte que os utilizam. No entanto, uma característica que perpetua, nesses casos, é o movimento de vai e vem de um pistão (ou conjunto de pistões), que deve ser convertido em movimento giratório de um eixo e/ou volante, admitindo-se uma biela e um virabrequim como solução para isso. A devida vinculação dessas peças permite que, enquanto um pistão avança e recua, uma biela a ele conectada oscile de um lado a outro num ângulo máximo acertado com o plano do pistão, fazendo, desse modo, girar um eixo e/ou disco no qual ela é acoplada descentralizada. Em termos educacionais, o assunto torna-se admirável se analisar a situação típica de uma pessoa quando vai fazer uma retífica do motor do seu carro (ou moto) e o mecânico vem com uma relação de peças com nomes engraçados e desconhecidos para a maioria dos proprietários de veículos, sendo dentre as principais: o jogo de pistões, as bielas e o virabrequim. Nessa consideração, uma relacionada demonstração para fins didáticos pode ser montada com materiais alternativos, como sugere Kenedy Jr. (1976, p. 89) e, embora pouco conhecida entre educadores, inclusive no ambiente escolar, mais recentemente, encontra-se disponível em *site* na internet².

Todavia, essa versão divulgada (*ibid.*) é uma demonstração que exige o envolvimento de um agente comprometido em realizá-la (educador, estagiário ou estudante), permanecendo adequada a alguém que se habilite em apresentá-la a outrem e, portanto, não se apropria às situações dos museus de ciência e tecnologia (MCTs) e similares. A razão disso está na intenção desses ambientes complementarem o ensino formal (VALENTE *et al.*, 2005, p. 198) em adesão a uma perspectiva de aprendizagem por livre escolha (DIERKING, 2005) pela qual os mais variados visitantes, independentemente do nível escolar ou da idade, são designados eles próprios a livremente experimentarem novas tecnologias preparadas ao entretenimento (CHELINI; LOPES, 2008, p. 228 e 235; VALENÇA, 2006, p. 333). Pavão e Leitão (2007, p. 41) comentam que, além do entretenimento e informação, os experimentos interativos “*representam um progresso ao oferecerem certo envolvimento lúdico do público*”, entendimento esse exemplificado por Bonatto *et al.* (2007, p. 49). E, para que esse modo ‘divertido’ (PAVÃO; LEITÃO, 2007, p. 44) de envolver o conhecimento científico ocorra, os equipamentos interativos constituem tecnologias com adaptações que os diferenciam daqueles que se demonstram no ensino escolar tradicional. Mais do que explicações dos fenômenos pensadas

² Disponível em: <<http://www.feiradeciencias.com.br/sala22/Motor19.asp>>.

com linguagem inteligível à maioria dos visitantes experimentadores, textos que direcionam o que observar e comandos de acionamento são indispensáveis. Dessas adaptações, grande parte das interações com os aparatos nos MCTs tem o interesse despertado, segundo Iszlaji (2012, p. 90), ou “*por um simples ‘gira manivelas’ ou aperto de um botão tipo push-button (apertar um botão para obter uma única resposta)*”, sendo que os desse último tipo ainda são constituídos de uma automatização arquitetada por equipe especializada do setor. Curiosidade acerca disso, tem-se avaliado que equipamentos assim preparados suplantam o papel daqueles experimentos alternativos e baratos sugeridos para escolas sem laboratórios (CHINELLI et al., 2008, p. 4505-9) e, conforme Pereira et al. (2008, p. 100), após interação com uma aglomeração desses equipamentos em atividades museais, é perceptível o impacto benéfico de maior empenho dos participantes em saber mais sobre algum tópico evidenciado.

Considerando isso, neste trabalho é apresentada uma proposta de montagem de uma versão de três pistões de um motor movido a eletroímãs, uma tecnologia com automatização que a torna adequada aos ambientes planejados à educação não formal, como MCTs e similares, em que se valoriza a interatividade *push-button*. A proposta é inovadora e, dentro da perspectiva de entretenimento que esses ambientes educacionais almejam, visa esclarecer as funções de principais peças mecânicas que existem nos motores de nossos veículos à combustão, como bielas, pistões e virabrequim. Nessa preparação, além da sugestão de um modelo de texto explicativo, aqui elaborado com linguagem inteligível ao público visitante, com comando de acionamento do equipamento, a automatização empregada visa atender às seguintes preocupações: 1) qualquer experimentador, individualmente, pode realizar a demonstração com segurança ao manipular o equipamento³; 2) há garantia de êxito da demonstração⁴; 3) os equipamentos assim preparados encontram-se protegidos contra danos previsivelmente ocasionados por ‘curiosidades’ indesejadas, em razão de ele ser projetado para poder ser livremente manuseado⁵.

II. A elaboração dessa tecnologia educacional

Relata-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 dessa tecnologia em particular e os materiais utilizados são tratados nesta seção. Em razão da variedade de itens e dos detalhes procedimentais, pretende-se

³ Os visitantes devem estar seguros ao manipularem o equipamento, estando impossibilitados de sofrerem acidentes como por choques elétricos, perante inoportuna falha elétrica ou eletrônica, ou, por exemplo, por contato físico do dedo de uma criança com o “volante” (roda) em alta rotação.

⁴ 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 o botão, assim como dizem Chinelli et al. (2008, p. 4505-4): “*oferece resultados reprodutíveis*”.

⁵ Como se verá, peças internas apresentam sensibilidades ao toque indevido; e alguém, por esse motivo, poderia entortar o virabrequim, remover um eletroímã e/ou demais peças, isto é, danificar o equipamento.

melhor orientar esta elaboração com separadas subseções assim especificadas: O motor de três pistões movidos a eletroímãs; O circuito de controle automático; A preparação final. Nessa última subseção também se apresenta um modelo aqui pensado de uma sintética explicação qualitativa do funcionamento desse motor, podendo servir de guia à preparação de um texto a ser atrelado no equipamento com linguagem acessível a um público visitante mais geral, cujo aprofundamento de esclarecimentos permanece a critério da equipe pedagógica local.

II.1 O motor de três pistões movidos a eletroímãs⁶

Esta peculiar versão de motor utiliza a força do magnetismo para produzir energia rotativa baseando-se no fenômeno de um elemento ferromagnético que, quando posicionado assimetricamente no interior de uma bobina ligada, tende a se estabilizar em posição simétrica relativamente a ela. A montagem proposta utiliza 3 elementos cilíndricos ferromagnéticos⁷ e 3 bobinas. Cada bobina possui cerca de 2000 espiras de fio de cobre esmaltado n. 29 AWG, envolvidas em um carretel de 7 cm de comprimento de eixo, feito de pedaço de tubo cilíndrico de caneta esferográfica de 6 mm de diâmetro interno. Duas tampas plásticas⁸ com furos centrais, também de 6 mm, e dimensionadas ao enrolamento, são coladas nas extremidades dos eixos para constituir cada carretel. Já os três cilindros maciços de ferro possuem, em uma de suas extremidades, um furo transversal pelo qual se conectam as extremidades das bielas, que são de arames de ferro de 3 mm de diâmetro. Esses encaixes têm um formato de “bengala”, conforme se vê no lado direito da Fig. 1. Na extremidade restante de cada biela há fixo um anel de PVC (diâmetro externo de 1,5 cm) no qual internamente se adapta um pequeno rolamento retirado de HD de computador. O lado direito da Fig. 1 ilustra o acoplamento dessas peças.

O virabrequim, manualmente confeccionado por uso de alicates comuns, também pode ser de arame de ferro de 3 mm de diâmetro, de modo a ficarem os semelhantes ressaltos no eixo intercalados com defasagem de 120° e com espaçamento entre eles projetado ao alinhamento e à disposição dos eletroímãs (lado direito da Fig. 1). Duas tiras de ferro, tipo cantoneira, são usadas para formarem os mancais do virabrequim, suspenso a determinada altura da base para permitir sua devida rotação. Na montagem da Fig. 1, essas cantoneiras apresentam furos pelos quais se encaixam o virabrequim, deixando do lado externo a um mancal a adaptação de um disco (Volante) de acrílico de 8 cm de raio e, do lado externo relativo ao outro mancal, tem-se um prolongamento retilíneo do virabrequim para adaptação dos 3 cames.

⁶ Alternativa montagem à desta subseção pode ser vista em: <<http://www.feiradeciencias.com.br/sala22/Motor19.asp>>. Uma consulta pode auxiliar entendimentos relacionados.

⁷ 3 pregos de 10 cm de comprimento e 5 mm de diâmetro cada um, cujas cabeças e pontas são cortadas para formarem cilindros maciços.

⁸ Por uma questão de acabamento, preferiu-se aqui usar Caps de PVC.

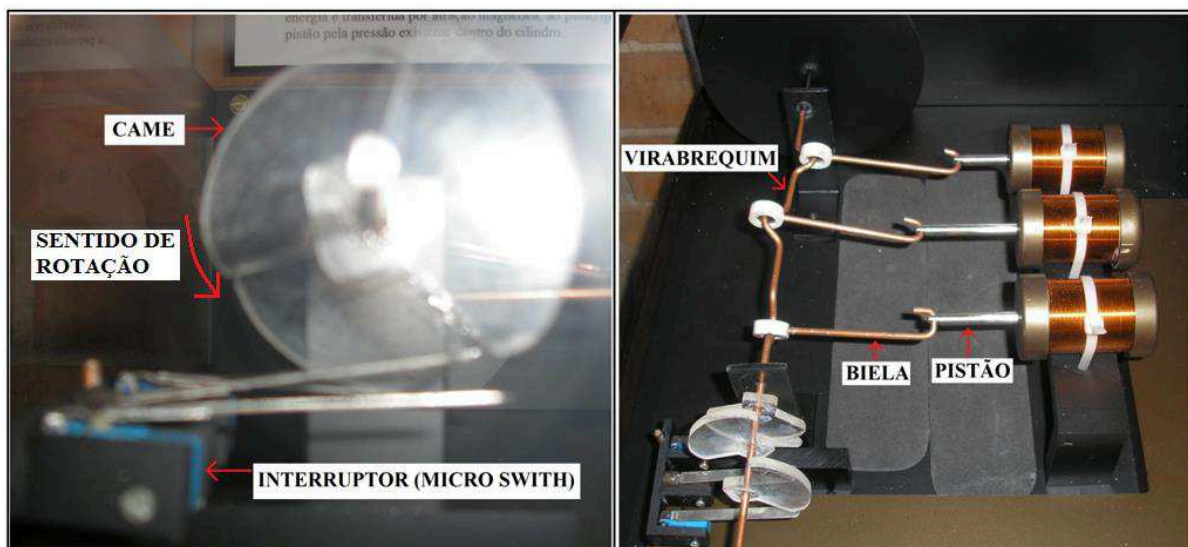


Fig. 1 – Disposição e acoplamento das peças da montagem. O lado esquerdo da figura é uma ampliação de parte da foto do lado direito, referente aos comes e interruptores. Fonte: autoria do trabalho.

Cada came é feito com chapa de acrílico de 5 mm de espessura e 2,5 cm de raio, possuindo formato triangular, conforme se ilustra na foto do lado direito da Fig. 1. Nessa foto, os três comes são intercalados com defasagem de 120° e, juntos, perfazem um círculo completo, de modo a permitirem que, em qualquer posição do virabrequim, um deles esteja acionando um interruptor (Micro Swith) ligado a um eletroímã para permitir o movimento desejado na demonstração. Esses interruptores são encontrados em lojas de eletrônica ou de consertos e são muito usados em gravadores, vídeos, etc. Cabe observar ainda que, nessa preparação, sempre que um came acionar um interruptor, uma respectiva biela deve estar ajustada para puxar o eixo do virabrequim por um percurso de 120° de giro, tempo em que seu respectivo eletroímã permanece ligado. As ligações elétricas dos eletroímãs e de seus respectivos interruptores com a automatização proposta são discutidas a seguir.

II.2 O circuito de controle automático e sua ligação no equipamento

Esta montagem emprega um dispositivo para desligamento automático com tempo programável. O dispositivo é composto dos seguintes itens: 1 chapa perfurada para montagem dos componentes eletrônicos de (7x12) cm; 2 diodos IN 4007, 1 capacitor de 1000 μF de 16 V; 1 capacitor de 4,7 μF de 16 V; 1 capacitor de 10 μF de 16 V; 1 chave liga-desliga; 1 resistor de 1 M Ω ; 1 resistor de 22 K Ω ; 1 resistor de 1 K Ω ; 1 transistor BC548; 1 relé de 12 V; 1 CI 555; 1 fio duplo com macho para ligação na tomada. Sua elaboração segue o diagrama esquemático da figura 1, em que a área demarcada pelo traço pontilhado engloba os componentes a serem conectados em chapa perfurada para realização de suas ligações por prático uso da ferramenta de soldar (popular ferro de solda elétrico para estanho). Conforme a Fig. 2,

um transformador (entrada de 127 V e saída de 12 V)⁹ alimenta esse dispositivo que, por sua vez, é ativado por aperto do botão *push-button* (NA), ligando, assim, temporariamente uma fonte¹⁰ que alimenta os eletroímãs, quando interruptores são, um a um, mecanicamente acionados pelos cames durante a movimentação do virabrequim.

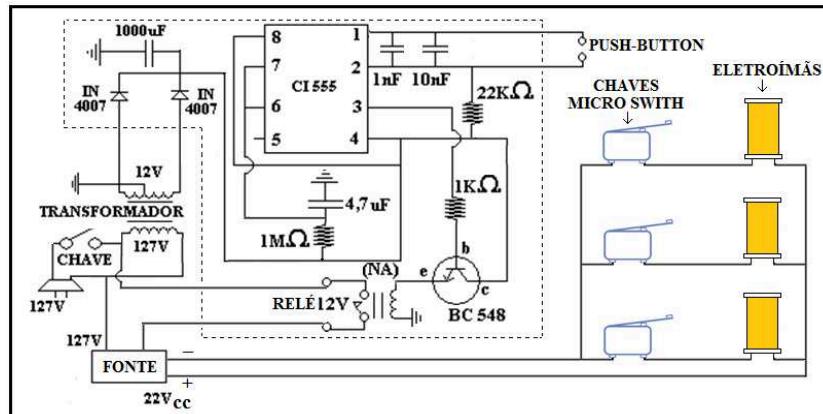


Fig. 2 – Diagrama esquemático. Fonte: autoria do trabalho¹¹.

Completada as ligações da Fig. 2, o dispositivo fica programado a acionar a demonstração planejada por aperto de botão e, após um tempo estipulado, cessá-la automaticamente. No caso específico dos componentes indicados no início desta subseção, o tempo de funcionamento do dispositivo, após o aperto do botão, é de cerca de 6 segundos, tempo esse que pode ser modificado ao se alterar o valor do resistor de 1 MΩ ou mesmo trocando-o por um resistor variável (trimpot), cujo valor da escala em ohms dependerá do desejado tempo de funcionamento da demonstração¹². O dispositivo pode permanecer continuamente conectado à tomada (de 127 ou 220 V)¹³, sendo a chave liga-desliga opcional.

Curiosamente acerca desse dispositivo, por uma breve comparação com a alternativa moderna denominada de Arduino¹⁴ (considerada de baixo custo), pode-se dizer que projetos de automação com esse último, além de envolver básicos conhecimentos de linguagem de programação, de eletrônica e de desenvolvimento de algoritmos, tem um custo que supera o

⁹ Podendo ser de 0,5 A.

¹⁰ Ou um transformador com saída de cerca de 22 V.

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

¹² De modo análogo à substituição do resistor de 1 MΩ, muda-se o tempo de funcionamento por uso de valores diferentes aos do capacitor de 20 µF.

¹³ Se a tomada for de 220 V, basta substituir o transformador do dispositivo especificado, na figura 1, por outro com entrada de 220 V e mesma saída de 12 V.

¹⁴ Baseado num microcontrolador operante no controle de vários dispositivos e com aplicação em instrumentação embarcada e robótica (SOUZA et al., 2011, p. 1701-1).

dobro do dispositivo da Fig. 1, ao simular a mesma função¹⁵. Isso se deve a uma recente pesquisa de mercado realizada com base numa média de orçamentos, o que permite alegar que a montagem proposta adere um dispositivo simples e de fácil preparação, além de barato.

II.3 Preparação final

Sugere-se, nesta etapa final, o aprontamento de uma caixa de acrílico transparente, chapa de 10 mm, com dimensões de 40x40x15 cm, para, estando em posição ‘deitada’, incorporação do que fora realizado nas duas últimas seções. Nessa incorporação, no entanto, é preciso separar a montagem da primeira seção (motor), que deve ser apreciada pelo experimentador, da montagem da segunda seção (dispositivo eletrônico). Para isso, pode-se dividir o espaço interno da caixa com uma divisória, também com chapa de acrílico, em que o lado menor, então dimensionado à acomodação do dispositivo eletrônico, é pintado com tinta *spray* para escondê-lo da demonstração, ficando exposto o botão *push-button* para ser pressionado na parte frontal da caixa, assim como uma saída da fiação para ligação do equipamento em tomada. Na Fig. 3 é possível perceber o arranjo das montagens: do lado esquerdo, encontra-se aprontada a elaboração da penúltima subseção e, do lado direito, a da última subseção (escondida pela pintura). A Fig. 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, em que um suporte de ferro, tipo cantoneira, foi confeccionado para fixá-lo em determinada parede.



Fig. 3 – Fotos com vistas diferentes do equipamento finalizado para livre experimentação. Fonte: autoria do trabalho.

¹⁵ Aliás, o uso de Arduino, nessa função, também envolve a adaptação particular de um simples circuito eletrônico a ser montado.

Após tal realização, a atenção refere-se à orientação de funcionamento com textos explicativos dos fenômenos. Pela automatização empregada, é importante que se destaque a frase “PRESSIONE O BOTÃO” ao lado deste, assim como uma indagação do tipo “COMO FUNCIONA ESTE MOTOR?”¹⁶. Orientações como essas ajudam o início de uma interação com a demonstração e, na possibilidade de decorrentes momentos de espontâneas curiosidades sobre o fenômeno, torna-se adequada a exibição de um texto que direcione ainda mais o que observar, com detalhes explicativos, em linguagem compreensível ao público visitante, majoritariamente constituído por estudantes do ensino básico e leigos em geral. No entanto, detalhes acerca disso podem ser avaliados e aprimorados por uma equipe pedagógica local, que mantém a perspectiva seguida em espaços educativos não formais. A Fig. 4 representa um modelo nesse sentido aqui estruturado e deve ser percebido como uma alternativa ao que pode ser anexado no equipamento¹⁷. Como se pode notar, o modelo segue o espírito da proposta, com informações e esclarecimentos básicos, em termos qualitativos, de algumas peculiaridades do funcionamento de um motor, por beneficiar-se de semelhanças com as da versão didática demonstrada. O modelo pode ser proveitoso àqueles interessados em elaborar uma proposta de leitura nesse sentido.

Ao considerar a proposta de automatização por aperto de botão, assim harmonizando uma segurança mútua entre experimentador e equipamento, estando o último protegido de avarias que podem ocorrer devido a algum manuseio impróprio ou à falta de zelo dos usuários, cabe agora debater acerca de uma particular crítica à interatividade *push-button*¹⁸. A crítica está relacionada à possibilidade de a interatividade ocorrer como “compulsão psicomotora” ao se apertar o botão, sem que o experimentador ao menos espere a conclusão do efeito gerado nem se deixe alargar sua percepção e cognição, haja vista que a resposta é única e não é possível fazer funcionar de modo diferente, a fim de se testar uma hipótese (MASSABKI, 2011, p. 62). No entanto, o último caso não é tido como alternativa superior, uma vez que Eason e Linn (apud GASPAR, 1993, p. 145) ressaltam a comprovação de diferença não significativa no grau de aprendizagem entre interatividades *push-button* e *hands-on*. Para outra comparação ainda melhor, Studart (2003, p. 35) descreve os resultados das investigações de Blud com cinquenta grupos de indivíduos que participaram de uma exposição completamente interativa, uma do

¹⁶ Obviamente que, nessa altura, já se pensou numa identificação para o equipamento (Ex.: MOTOR DE TRÊS PISTÕES MOVIDOS POR ELETROÍMÃS).

¹⁷ Exemplificação de tal anexação na Fig. 3.


¹⁸ Esse é um tipo de interatividade manipulativa (PADILLA, 2001, p. 123) que resulta num direcionado processo ou fenômeno a ser pensado e que se origina por meio de mecanismos acionados pelo experimentador num simples aperto de botão (CHELINI & LOPES, 2008, p. 232). Todavia, há outra forma de interatividade por manipulação e que ocorre diretamente (*hand-on*), relacionada ao toque e à manipulação física, em que se almeja que o experimentador “esteja no papel do cientista”, ao experimentar métodos científicos na manipulação de objetos, modelos ou montagens que lhe permitem entender o funcionamento e o desenrolar de processos e fenômenos (WAGENSBERG, 2005).

MOTOR DE TRÊS PISTÕES MOVIDOS POR ELETROÍMÃS

Motor é um dispositivo destinado a transformar alguma forma de energia em energia mecânica. Especialmente os motores que produzem torque a partir de uma pressão num cilindro, a máquina a vapor para ferrovias e os motores à explosão constituem exemplos familiares e retratam um interesse interminável no aperfeiçoamento deles aos meios de transporte que os utilizam. No entanto, uma característica que perpetua, nesses casos, é o movimento de vai e vem de um pistão (ou conjunto de pistões) que deve ser convertido em movimento giratório de um eixo e/ou volante, admitindo-se uma biela e um virabrequim como solução para isso. Esse assunto torna-se admirável no caso de uma pessoa quando vai fazer uma retífica do motor de seu carro (ou moto) e o mecânico vem com uma relação de peças com nomes engraçados e desconhecidos para a maioria dos proprietários de veículos, sendo dentre as principais: o jogo de pistões, as bielas e o virabrequim.


Esta demonstração procura evidenciar, de uma forma simples, essas peças tão comuns existentes nos motores à explosão, conforme se indica na figura abaixo. No lado esquerdo da figura, a foto exemplifica um kit virabrequim (de quatro bielas e quatro pistões) típico dos carros populares de mil cilindradas (ou 1.0). No lado direito da figura, o desenho mostra apenas uma biela e um pistão conectados ao virabrequim semelhante ao dessa demonstração, porém devendo-se notar que, na demonstração, existem 3 bielas e 3 pistões conectados a um virabrequim.

KIT VIRABRAQUIM BIELAS PISTÕES



VIRABREQUIM

O DESENHO ABAIXO ILUSTRA APENAS UMA BIELA E UM PISTÃO CONECTADOS AO VIRABREQUIM



ELETROÍMÃ

A devida vinculação dessas peças permite que, enquanto um pistão avança e recua, uma biela a ele conectada oscile de um lado a outro num ângulo máximo acertado com o plano do pistão, fazendo, desse modo girar um eixo e/ou disco (volante) no qual ela é acoplada descentralizada.

Essa demonstração constitui um tipo de motor magnético que usa a “força de sucção de um eletroímã”, sendo aqui empregados três eletroímãs (ou solenóides). Por um comparativo com máquinas a vapor para ferrovias, por exemplo, a demonstração ilustra as funções básicas dessas grandes locomotivas do passado, exceto a da pressão de vapor gerada na caldeira. Esse motor magnético utiliza a força de sucção do eletroímã para atrair o pistão e girar o virabrequim e, com ele, um volante (disco) acoplado. A ação de cada eletroímã é controlada por um interruptor elétrico que o liga e desliga. Existem três interruptores na montagem, sendo um interruptor para cada eletroímã, com defasagens de acionamentos de 120°.

O volante de qualquer máquina a vapor ou motor a gasolina funciona da mesma forma, exceto pelo fato de que, no motor de eletroímã, a energia é transferida por atração magnética, ao passo que, nas máquinas a vapor e motores a gasolina (álcool ou diesel), a energia é transferida à cabeça do pistão pela pressão existente dentro do cilindro.

Fig. 4 – Modelo de texto explicativo a ser anexado no equipamento. Fonte: autoria do trabalho.

tipo *push-button* e uma estática. Curiosamente, ele concluiu que não houve diferença significativa de aprendizado de conteúdos específicos entre os participantes de cada uma das três exposições, apesar de as primeiras promoverem mais discussões (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”. Sendo assim, 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. Aliás, permanecendo com uma perspectiva lúdica de interação com os equipamentos, acredita-se possibilitar que os fenômenos sejam posteriormente bem lembrados na memória de um estudante,

em ocasiões 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 envolvidos no decorrer das discussões.

III. Considerações finais

Apesar de MCTs (e similares) estarem se expandindo no Brasil (DENTILLO, 2013), uma apuração da ABCMC¹⁹ indica cerca de 190 deles no país, sendo uma quantia relativamente baixa ao atendimento de mais de cinco mil municípios. Além disso, essa totalidade estimada evidencia uma amostra heterogênea na medida em que se destacam aqueles de ‘grande porte’ em relação aos demais que, comparativamente, se mostram ainda em fase inicial de preparação e ampliação de suas atividades interativas. Reconhecidos há mais de vinte anos como “*principais instrumentos das políticas de promoção da cultura científica*” (DELCADO, 2006, p. 56), esses espaços planejados à educação não formal (NRC, 2009, p. 48), em geral, prosseguem com exposições de equipamentos interativos majoritariamente 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, a interatividade cobijada, nesses lugares, envolve distintos tipos e graus: alguma decorre ‘pressionando um botão para algo acontecer’ (tipo *push-button*); noutra se abre um compartimento para observar uma informação ocultada; outras envolvem jogos de questões e respostas ou quebra-cabeças. Mesmo que existam díspares filosofias entre ambientes planejados à educação não formal, 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 Canzian da Silva, se concebe que “*as pessoas não vão ao museu para aprender sobre física ou outra ciência*” (SILVA, 2008). Afirma ele que é necessário “*dar ao visitante a liberdade de ser guiado por sua curiosidade e, se 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.). No entanto, avalia-se que boa parte dos “brinquedos” educacionais desses lugares é adquirida por meio de fabricantes específicos que os negociam a um custo considerável ou inclusive de outros ‘respeitados’ MCTs que esbanjam da ‘mão de obra’ de seu pessoal qualificado para fabricá-los²⁰. Dessas considerações finais, este trabalho contribuiu para divulgar uma inovadora tecnologia educacional que pode 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

¹⁹ Associação Brasileira de Centros e Museus de Ciência.

²⁰ Esse último caso é lembrado pela autoria do trabalho, quando participou de um evento nacional realizado no MCT da PUC-RS, relacionado ao *design* e construção de equipamentos interativos.

aprimorarem e ampliarem seus acervos de equipamentos interativos numa perspectiva de entretenimento e simulações.

Aliás, acerca dessa perspectiva, cuja natureza envolve um entendimento de aprendizagem por livre escolha (DIERKING, 2005, p. 147), tais ambientes ainda enfrentam o seguinte dilema: “*como podem se manter como ambientes respeitáveis de aprendizado científico e simultaneamente estimularem que o visitante escolha livremente os exhibits²¹ que querem observar e interagir*” (ALLEN, 2007, p. 44)? Segundo Allen (ibid., p. 44), investigações indicam a possibilidade de se criar um ambiente de aprendizagem no qual os visitantes estão, concomitantemente, “*em um constante estado de livre escolha e em processo de aprendizagem de, pelo menos algum aspecto da ciência*”. Obviamente que, para isso, pelo grau de dificuldade, se tenha envolvido um programa de pesquisa focado aos detalhes da “atmosfera” onde tal aprendizagem acontece. A respeito do equipamento da Fig. 3, o qual compõe, juntamente com os demais equipamentos desenvolvidos, o acervo de *exhibits* de uma ala do setor de exposição do MCT, ele atende a comunidade externa já há mais de seis meses. Com a intenção de elaborar um espaço de exposições permanentes nesse MCT, o planejamento segue as etapas de, primeiramente, construir tais tecnologias e instalá-las provisoriamente para, depois, testar o potencial de mobilização dos visitantes à aprendizagem delas em particular e, por fim, esquematizar os agrupamentos de exposições com instalações definitivas. Assim sendo, um estudo delineado sobre a aprendizagem em cada *exhibit* será deixado para o futuro.

Referências

- 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.
- 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.
- DELICADO, A. Os museus e a promoção da cultura. **Sociologia, Problemas e Práticas**, n. 51, p. 53-72, 2006.
- 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. 4505-4510, 2008.

²¹ *Exhibits* são tecnologias (peças, artefatos, equipamentos, experimentos, etc.) que ficam em exibição em museus e centros de ciência com os quais os visitantes eventualmente podem interagir.

DELICADO, A. Os museus e a promoção da cultura. **Sociologia, Problemas e Práticas**, n. 51, p. 53-72, 2006.

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. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252013000200005&script=sci_arttext>. Acesso em: 03 out. 2014.

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. 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.

GASPAR, A. **Museus e Centros de Ciências: conceituação e proposta de um referencial teórico**. 1993. Tese (Doutorado, na área de Didática) - Faculdade de Educação. Universidade de São Paulo, São Paulo.

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) - Instituto de Física, Instituto de Química, ao Instituto de Biociências, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo.

KENNEDY JR., T. **Divirta-se com a eletricidade (Fun With Electricity)**. Tradução: Gilberto Affonso Penna. Editora Seltron: Rio de Janeiro, 1976.

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.

NETTO, L. F. **Trimotor – Feira de Ciências. O imperdível!** Disponível em: <<http://www.feiradeciencias.com.br/sala22/Motor19.asp>>. Acesso em: 18 ago. 2014.

NOTÍCIAS DA UFSC. **UFSC inicia montagem de pequeno Museu de Ciência**. Conteúdo jornalístico, 2008. Disponível em: <<http://noticias.ufsc.br/2008/06/ufsc-inicia-montagem-de-pequeno-museu-de-ciencia/>>. Acesso em: 03 dez. 2014.

PADILLA, J. Conceptos de museos y centros interactivos. In: CRESTANA, S. et al. (Org.). **Curso para treinamento em Centros e Museus de Ciencia: 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. (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, n. 3, p. 100-119, 2008.

SABER ELETRÔNICA. **Saber eletrônica: o seu portal para o universo da eletrônica – on-line**. Disponível em: <<http://www.sabereletronica.com.br/secoes/leitura/1595>>. Acesso em: 18 ago. 2014.

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: 12 de junho de 2013.

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, p. 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, p. 33-42, 2003.

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**, v. 12 (supplement), p. 183-203, 2005.

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