

Possíveis Aplicações do Arduino em Equipamentos Interativos de Ambientes Planejados à Educação Não Formal: uma Proposta Equivalente nas Escolas

Osmar Henrique Moura da Silva, Luis Carlos Mathias

Departamentos de Física e Engenharia Elétrica da Universidade Estadual de Londrina – Londrina – PR – Brasil
osmarh@uel.br, luis.mathias@uel.br

Resumo. Ambientes planejados para educação não formal, como museus de ciência e tecnologia e similares, são compostos de uma variedade de aparatos com os quais o público interage, majoritariamente, ou por manuseio de manivelas ou por apertar de botões. Dentro de uma perspectiva de entretenimento, os experimentos desenvolvidos desse último tipo, cuja automatização é feita por uma equipe especializada do setor, influenciaram o apelido da atividade museal em geral de interatividade push-button. Desse modo, os equipamentos são percebidos como confiáveis “brinquedos”, compostos por comandos que conduzem o que fazer e observar, além de textos explicativos direcionados ao público alvo. Neste trabalho busca-se esclarecer como se podem fazer algumas das mais comuns automatizações dos equipamentos interativos desses ambientes de educação não formal por uso da placa Arduino. Seguindo algumas recomendações na literatura, objetiva-se incentivar aquela parcela de educadores de física e/ou ciências aí fora, que comumente se interessa em confeccionar experimentos de baixo custo para demonstrá-los em suas aulas, em aderir também propostas automatizadas como as aqui exemplificadas e implantá-las no acervo do laboratório de suas escolas.

Palavras-chave: placa Arduino; experimentos interativos; museus de ciência e tecnologia; escolas.

Possible applications of the Arduino Interactive Equipment in Non-Formal Education Environments: an Equivalent Proposal for Schools

Abstract. Planned environments for non-formal education, such as science and technology museums, contain a variety of devices with which the public interacts, mostly, through cranks or switcher. Within an entertainment perspective, the experiments of the latter type, with automation done by a specialized team in industry, are called push-button museum activity. The equipment is perceived as "toys", composed of commands that tell, what to do and what to observe, and written material directed to the target audience. This paper seeks to clarify how some of the most common automation of interactive equipment for non-formal education setting can be done by using the Arduino board. Following some recommendations in the literature, the objective is to encourage physics or science teachers with interest in making low cost experiments for class demonstration to make automated devices such as those given herein and use them in the school laboratory.

Keywords: *Arduino board; interactive experiments; science and technology museums; schools.*

1. Introdução

Ambientes planejados para educação não formal, como museus de ciência e tecnologia (MCTs) e similares, são compostos de uma variedade de aparatos com os quais o público interage, majoritariamente, ou por manuseio de manivelas ou por aperto de botões (ISZLAJI, 2012, p. 90; CAZZELI et al., 2003). Dentro de uma perspectiva de entretenimento, os experimentos desenvolvidos desse último tipo, cuja automatização é feita por uma equipe especializada do setor, influenciaram o apelido da atividade museal em geral de *interatividade push-button* (DAMICO, 2004, p. 25). Desse modo, os equipamentos são percebidos como confiáveis “brinquedos”, compostos por comandos que conduzem o que fazer e observar, além de textos explicativos direcionados ao público alvo. Nessa preparação dos equipamentos interativos, existem trabalhos (SILVA et al., 2014; SILVA et al., 2013; SILVA & LABURÚ, 2009) que divulgam montagens específicas, de acordo com a tradicional intenção de automatização de demonstrações controladas por aperto de botões. Tais demonstrações podem assim ser realizadas pelo próprio visitante experimentador, cujas interação e exploração ocorrem de forma livre e espontânea acerca de um fenômeno. Todavia, valorizando a grande quantidade de importantes demonstrações nesse sentido existentes nos ambientes planejados à educação não formal, Arguello (2001) expõe uma necessidade de desmistificação da sofisticação existente nesses equipamentos para que eles possam ser reproduzidos inclusive nas escolas. A fim de difundir essa ideia, Chinelli et al. (2008) identificaram uma variedade de exposições de museus de ciência, com o caráter de proporcionar *resultados reprodutíveis* (ibid., p. 4505-4) que são viáveis de serem realizadas no ensino formal, mas que nenhuma delas é originalmente sofisticada do tipo “aperto de botão”.

Considerando isso, o presente trabalho busca esclarecer como se pode substituir e reunir as diferentes automatizações de equipamentos tipo *push-button* divulgadas em Silva et al. (2014), em Silva et al. (2013), e em Silva et al. (2009), por uso de uma única placa Arduino¹, haja vista sua identificação como um referencial moderno e de baixo custo capaz de realizar diversas funções (SOUZA et al., 2011). Acerca das intenções educacionais do emprego desse dispositivo, recentes trabalhos têm retratado o seu uso em atividades experimentais quantitativas, por exemplo, no auxílio do ensino de conceitos de Física Moderna em conjunto com um controle remoto infravermelho (CAVALCANTE et al., 2014), no estudo da carga e descarga de capacitores em circuito RC (CAVALCANTE et al., 2011), na aquisição de dados numéricos relativos à aceleração por meio de acelerômetro eletrônico (ROCHA et al., 2014), ou ainda no estudo de um oscilador amortecido (SOUZA et al., 2011). Diferentemente, no presente trabalho, o foco está na automatização de equipamentos demonstrativos de conceitos físicos existentes nos ambientes de educação não formal, e que comumente ali se destacam em maioria segundo um diretor da ABCMC² (AGÊNCIA CIÊNCIA WEB, 2009): “A Física, talvez pela facilidade dessa interatividade por manipulação, historicamente tem sido a grande atração nos museus de ciência”. Nessa interatividade por manipulação, cabe esclarecer que há o entendimento no qual ela pode ocorrer ou

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

² Antônio Carlos Pavão, diretor da Associação Brasileira de Centros e Museus de Ciência.

diretamente (*hand-on* – relacionada ou toque e manipulação física³) ou por meio de mecanismos acionados pelo visitante num simples aperto de botão (*push-button*⁴) (CHELINI & LOPES, 2008, p. 232). E é por essa última forma de interatividade, restrita às demonstrações qualitativas de fenômenos físicos, que aqui se faz uma reflexão ao uso alternativo do dispositivo Arduino.

Sabe-se que são raras as escolas que possuem ambientes e equipamentos adequados ao ensino de ciências baseado na experimentação (CHINELLI et al., 2008, p. 4505-2). Dados do INEP⁵, em 2012, chegam a indicar que menos de 11% das escolas brasileiras possuem laboratórios de ciências. A típica saída está naqueles educadores interessados na busca de propostas de confeccionar experimentos de baixo custo, para demonstrá-los em suas aulas. Indo além dessas propostas ao seguir as mencionadas recomendações de Arguello (2001) e de Chinelli et al. (2008), espera-se, neste trabalho, proporcionar um incentivo a esses educadores em aderir também propostas automatizadas como as que serão exemplificadas e, assim, implantá-las nos acervos dos laboratórios de suas escolas. Para isso, será apresentada uma proposta de automatizações de equipamentos interativos tipo *push-button* com o uso da placa Arduino.

2. Equipamentos interativos tipo *push-button* de ambientes planejados à educação não formal

Nos ambientes planejados à educação não formal, além da educacional, envolve-se a segurança como uma atenção principal. Acidentes são raros, mas pode ocorrer algum pelo qual judicialmente se debelam as atividades do local por anos. Nesse contexto, os equipamentos interativos tipo *push-button* são desenvolvidos para funcionarem atendendo requisitos como: i) impossibilitar acidentes de visitantes ao manipularem um equipamento. Uma típica preocupação, admissível a todas as demonstrações automatizadas, por exemplo, é com choques elétricos perante inoportuna falha elétrica ou eletrônica; ii) funcionar sempre do mesmo modo ou, em outras palavras, ter-se garantia de que uma demonstração ocorra toda vez que se apertar um botão⁶; iii) proteção do próprio equipamento contra danos previsivelmente ocasionados por “curiosidades” indesejadas em razão de eles serem destinados ao livre manuseio⁷.

Em atendimento a esses requisitos, diferentes propostas de montagens de equipamentos interativos tipo *push-button*, abrangendo demonstrações de fenômenos físicos, têm sido divulgadas na literatura. Uma automatização das mais simples ocorre por meio de um circuito de controle automático exemplificado na montagem de um “motor elétrico de Faraday” (SILVA et al., 2009), em que a demonstração é iniciada com um simples aperto de botão e finalizada automaticamente (nesse caso específico, após 5 segundos), permitindo-se, então, que ela seja repetida por um novo aperto de botão (ibid., p. 483). Outro emprego de um diferente circuito de controle automático é proposto na montagem de um “pêndulo de Wilberforce” (SILVA et al, 2013), situação

³ No caso de toque e manipulação física, almeja-se que o visitante “esteja no papel do cientista” durante a experimentação dos métodos científicos quando manipula 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 (WAGENSBERG, 2005).

⁴ Tipo de interatividade manipulativa (PADILLA, 2001, p. 123) que resulta num direcionado processo ou fenômeno a ser pensado.

⁵ <<http://oglobo.globo.com/sociedade/educacao/so-11-das-escolas-brasileiras-tem-laboratorio-de-ciencias-10804574>>. Último acesso: 25 de outubro de 2014.

⁶ Assim como dizem Chinelli et al. (2008, p. 4505-4): um equipamento deve oferecer “*resultados reprodutíveis*”.

⁷ Como solução, é comum adaptar-se uma caixa protetora transparente para impedir que peças de uma montagem possam ser desajustadas ou danificadas pelo toque indevido, restringindo o experimentador visitante à observação e reflexão do fenômeno que se objetiva ele próprio demonstrar por simples aperto de botões em tais automatizações.

peculiar cuja programação eletrônica faz com que esse circuito ative um eletroímã num curto intervalo de tempo (cerca de 1s) para atrair a massa do pêndulo para baixo, tempo esse relativamente pequeno ao do tempo de espera a um novo acionamento⁸. Conforme os autores (ibid., p. 416), esse circuito eletrônico específico é apropriado ao caso, pois, além de o tempo de espera evitar que o eletroímã sofra um aquecimento elevado, impede o experimentador “indiscreto” de ficar seguidamente apertando o botão, o que prejudicaria a demonstração do fenômeno de batimento por acionamentos repentinos do eletroímã. Já com um pouco mais de complexidade ainda, outro circuito de controle automático é apresentado por Silva et al. (2014), na automatização de uma demonstração de levitação magnética de uma bobina. Nesse último caso, ao pressionar o botão, o circuito desenvolvido permite que uma “alta” corrente elétrica percorra a bobina que então levita⁹ por cerca de 8 segundos (tempo da demonstração). Após isso, devido ao excessivo aquecimento dessa bobina por efeito joule, o circuito eletrônico imediatamente aciona uma série de ventoinhas para refrigeração forçada na bobina por cerca de 100 segundos. Também nesse intervalo de tempo, o circuito impede o religamento da bobina mesmo se acionado novamente o botão, evitando a queima do enrolamento condutor (ibid., p. 86).

Tais comentários retratam brevemente algumas aplicações desses dispositivos de automatização de maneira individual conforme originalmente foram projetados para serem montados em placa perfurada¹⁰, sendo interligados aos equipamentos que se destinam ser alimentados por energia elétrica convencional (127 ou 220 V). A Figura 1 ilustra os equipamentos mencionados: “motor elétrico de Faraday”, “pêndulo de Wilberforce” e “levitação magnética da bobina”. Estas demonstrações são realizadas por simples apertos de botões, cujos tempos de funcionamento são programáveis ao desligamento automático.

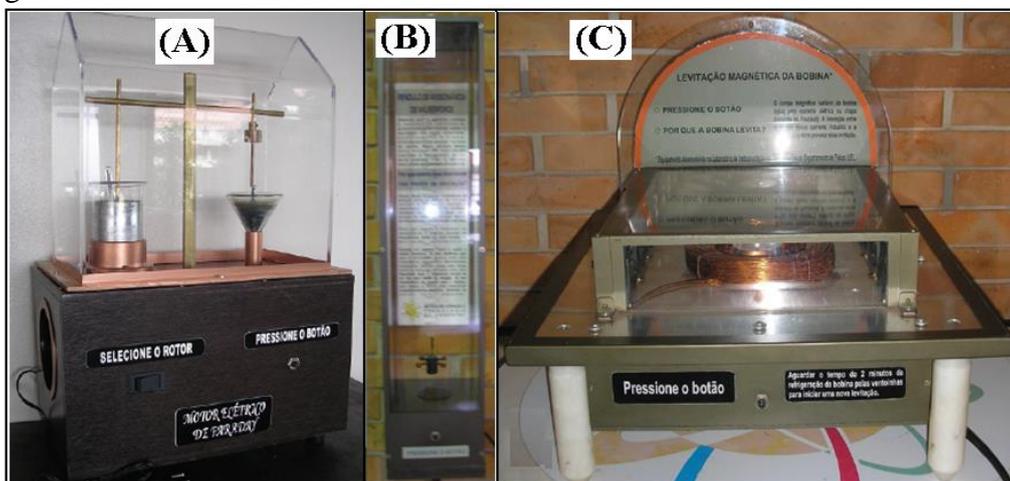


Figura 1 – Exemplos de equipamentos automatizados. Fontes: (A) Silva e Laburú (2009); (B) Silva et al. (2013); (C) Silva et al. (2014).

Esses equipamentos exemplificados na Figura 1 estão divulgados com propostas completas de elaboração¹¹ aos interessados. Mas cabe dizer que eles, embora sejam confeccionados com materiais alternativos e facilmente encontrados no comércio, não

⁸ De cerca de 2 minutos, que é o da demonstração.

⁹ Melhor classificada como um tipo de levitação eletrodinâmica.

¹⁰ Os esquemas elétricos desses circuitos para montagem, assim como suas listas de componentes eletrônicos, podem ser consultados nos trabalhos mencionados na Figura 1.

¹¹ Assim como detalhes dos princípios físicos envolvidos nos fenômenos dessas demonstrações sob ambientes de educação não formal.

podem ser classificados dentro daquelas mais simples propostas experimentais de montagem.

De acordo com o objetivo deste trabalho, a próxima seção encarrega-se de apresentar uma breve descrição da placa Arduino para, depois, propor um exemplo do seu uso ao substituir concomitantemente as três diferentes automatizações que se acabou de mencionar. Por uma questão de simplificação, respectivamente à ordem como os três circuitos de controle automático foram há pouco discutidos, referentes aos experimentos da Figura 1, eles serão mais adiante especificados como CCA1, CCA2 e CCA3.

3. A placa Arduino

O Arduino é uma plataforma de *hardware open source* desenvolvida para promover interações com o ambiente, de forma simples, por meio de dispositivos eletrônicos mediante programação. A placa de circuitos dessa plataforma apresenta diversos tipos de entradas e saídas e um microcontrolador que possui um *software bootloader* previamente gravado. Isso permite um ambiente de desenvolvimento amigável no computador, não exigindo muito conhecimento em eletrônica e de programação por parte do usuário. Sua linguagem de programação, denominada de *Processing*, é derivada da linguagem C/C⁺⁺. Assim, ele pode utilizar de dados de entrada provenientes de diversos sensores a fim de controlar vários atuadores para determinada aplicação. Por exemplo, podem-se conectar diversos sensores como de temperatura, de luz, de som etc, a fim de controlar diversos atuadores como LEDs (do inglês, Diodos Emissores de Luz), motores, displays, alto-falantes etc. Existem, no mercado, vários módulos de periféricos que podem ser acoplados sem a necessidade de ligações mediante cabos ou fios. Diante dessas características, o Arduino tem-se popularizado, sendo utilizado em funções específicas, como na telemetria, no controle de máquinas, e em diferentes automatizações (CAVALCANTE et al., 2011, p. 4503-2). O baixo custo do *hardware*, a possibilidade de serem realizadas inúmeras gravações e a flexibilidade dessa ferramenta permitem aplicações ilimitadas (SOUZA et al., 2011, p. 1702-2).¹²



Figura 2 – Placa Arduino UNO R3

Existem diversos modelos de placas Arduino, desde as que utilizam de microcontroladores de 8 bits até as que utilizam da tecnologia ARM de 32 bits. O

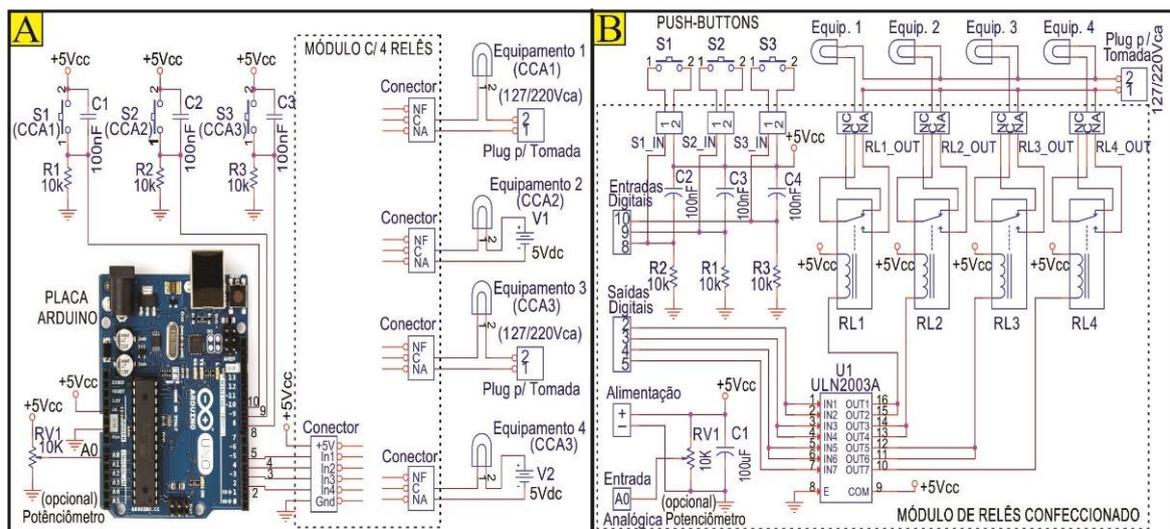
¹² Àqueles que não possuem familiaridade com a placa Arduino, MCRberts (2015) é um exemplo de texto inicial aos interessados.

presente trabalho utiliza a placa do Arduino UNO R3¹³, indicado na figura 2. O dispositivo baseia-se no microcontrolador de 8 bits ATmega328 da família AVR (fabricante Atmel). Sua placa pode ser alimentada em 5 Vcc por meio da interface de gravação por USB ou por uma bateria ou fonte adaptadora de cerca de 9 Vcc. Possui, dessa forma, 14 portas digitais (conexões elétricas externas) bidirecionais e que podem ser utilizadas como entrada ou saída, dependendo da programação. Seis desses pinos podem ser utilizados como saída PWM (do inglês, Modulação por Largura de Pulso), o que permite controlar, por exemplo, a luminosidade de um LED. A placa também possui 6 portas analógicas que aceitam conectar sensores como potenciômetros, termistores, LDRs (do inglês, Resistor Dependente de Luz) etc.

4. Proposta de aplicação: um Arduino e vários equipamentos interativos

Nesta seção faz-se uma reflexão sobre a viabilidade do emprego de um único Arduino para automatizar vários equipamentos interativos simultaneamente. Obviamente, há um limite do número de equipamentos por Arduino. Como para pequenas automatizações são exigidas poucas instruções de execução do programa no Arduino, o limite dá-se principalmente pelo número de portas de entrada e de saída. Para efeitos de análise, o Arduino Uno R3 utilizado, possui 14 entradas digitais e 6 analógicas. Assim sendo, apresenta-se na Figura 3(A) um diagrama elétrico pelo qual o Arduino concentra as funções apresentadas na seção 2 do presente trabalho. São as funções dos CCA1, CCA2 e CCA3 para três equipamentos distintos semelhantes aos da figura 1.

Nesse diagrama (Figura 3(A)) foi utilizado um módulo periférico de 4 relés. Como ao todo são necessárias 7 portas digitais e 1 analógica (opcional), sobram-se portas suficientes para pelo menos dobrar essa montagem sem a utilização de multiplexação ou a utilização de módulos de expansão de portas. Para se ter um exemplo do ganho de portas utilizando módulos de expansão, pelo barramento de duas vias por I2C (*Inter-Integrated Circuit*) do Arduino é possível controlar até 8 módulos do chip expansor PCF8575 (Philips Semiconductors) com 16 portas de entradas e(ou) saídas, totalizando 128 portas, o que significa ser viável conectar 18 conjuntos de funções CCA1, CCA2 e CCA3. Em outras palavras, um Arduino para automatizar 18 equipamentos interativos num único ambiente.



¹³ <<http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>>. Último acesso: 25 de outubro de 2014.

Figura 3 - A) Diagrama eletrônico para a utilização de módulo comercial (*shield*) com 4 relés; B) Diagrama eletrônico da placa projetada e confeccionada do módulo de expansão para esta aplicação.

Todavia, pelo indicado na Figura 3(A), além das ligações elétricas dos equipamentos, haveria a necessidade de ligações elétricas entre o Arduino e o módulo com 4 relés, de ligações elétricas entre uma dezena de componentes discretos para a detecção de acionamento dos *push-buttons* e do potenciômetro. Seria exigido utilizar uma matriz de contatos (*protoboard*) ou utilizar a técnica de montagem com fios (*wire-up*), o que poderia deixar o circuito instável. Como forma de contornar esse problema, foi projetado e confeccionado um módulo de expansão sob medida de forma que os conectores de sua placa pudessem se encaixar por cima do Arduino. A Figura 3(B) expõe o diagrama eletrônico, ficando no Apêndice 1 os layouts da placa de circuito do módulo desenvolvido neste trabalho.

Na Figura 4(A) mostra-se o arranjo de testes desenvolvido para o sistema. O módulo de expansão confeccionado é exibido com mais detalhes na Figura 4(B). Cabe notar que, neste teste, as lâmpadas incandescentes representam os equipamentos (cargas).

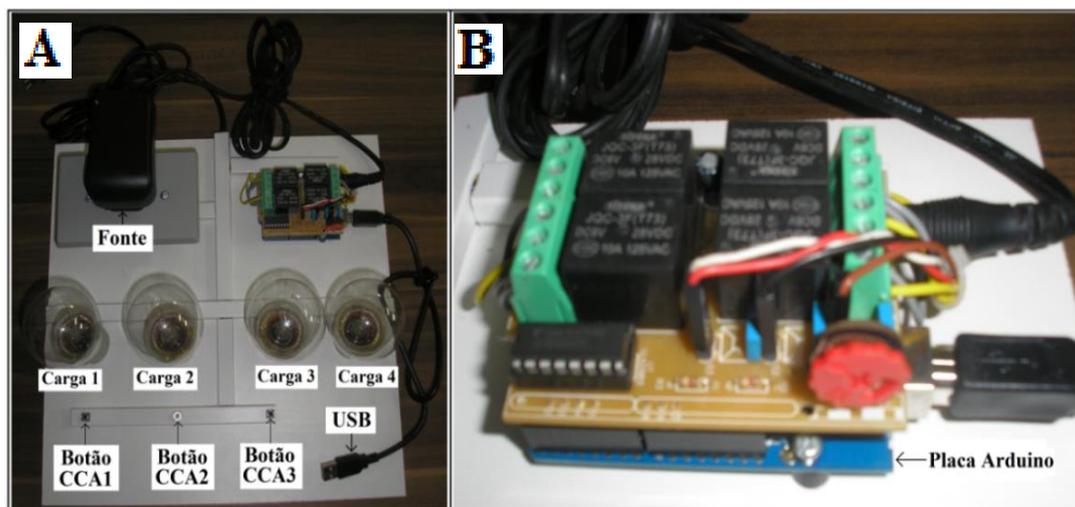


Figura 4 – Simulação da automação de vários equipamentos com o Arduino.

Todo o código de programação para essa aplicação está presente no Apêndice 2, em que as linhas de 1 a 15 são definições: de tempos, dos endereços das portas de entrada dos *push-buttons* e de saídas dos relés utilizadas em cada função CCA1, CCA2 e CCA3. Caso haja a necessidade de alterar o endereço de alguma porta, basta alterar aquele trecho do código. Foi necessário utilizar um esquema de interrupção pelo periférico interno Timer1 do Arduino para que as funções funcionem concomitantemente. As linhas 26 e 27 do código, dentro da função “setup()” do programa, configuram esse periférico para que a interrupção ocorra a cada 1s. Vale salientar que todas as instruções que estão dentro da função “setup()”, inclusive as linhas que vão de 21 a 25, que inicializam as portas, são executadas somente uma vez após o ligamento do Arduino. A função “loop()” (linhas de 30 a 40) está encarregada de verificar se algum *push-button* foi pressionado. Após a execução da instrução da linha 40, o Arduino reinicia a execução pela linha 30. Havendo esse evento, ela aciona o respectivo relé e ajusta a temporização. Em cada ocorrência da interrupção, o Arduino termina a execução atual e executa somente uma vez a função “InterrupcaoUmSegundo()” (linhas de 42 a 62) para depois retornar a executar a instrução subsequente da função principal “loop()”. A função

“InterrupcaoUmSegundo()” gerencia cada uma das três variáveis temporizadoras para o funcionamento simultâneo de cada função CCA1, CCA2 e CCA3.

5. Considerações finais

Acerca da importância da experimentação no ensino de ciências, um pensamento quase universal pode ser sintetizado nas seguintes palavras de Solomon (1980): “*O ensino de ciências deve ocorrer no laboratório; sobre isto, pelo menos, não há controvérsias... O professor e o aluno estão de acordo... em crer que o experimento é a ferramenta correta*”. No entanto, a ausência de laboratórios de ciências nas escolas brasileiras de nível básico de ensino é um fato há muito notado, motivo pelo qual há inúmeras propostas de montagens de experimentos com materiais alternativos e de baixo custo divulgadas na literatura específica. Divulgações desse tipo sempre buscam atingir o anseio daquele educador curioso e interessado em realizar atividades que envolvam mensurações ou apenas demonstrações qualitativas de fenômenos naturais, ambos por meio de experimentos que ele mesmo pode fazer ou inclusive sugerir aos seus estudantes em atividades de feira de ciências do colégio. Apesar disso, a maior parte dos professores não se inclui nesse perfil e, portanto, não realizam atividades experimentais por acreditarem ser muito trabalhosas, exigirem tempo excessivo, espaço e materiais específicos, deixando assim de incorporá-las em suas aulas. Isso explica o caso da maioria das escolas públicas do estado mais populoso (estado de São Paulo) possuir espaços físicos destinados a atividades experimentais, mas que, invariavelmente, acabam funcionando como salas de aula quando não como depósitos. Segundo Galiazzi et al. (2001, p. 50), ainda que se tenha consenso em educação científica de que as atividades práticas de laboratório sejam fundamentais, cuja tentativa de implantação nas escolas é aceita há mais de cem anos, a vivência escolar brasileira revela que elas pouco acontecem mesmo com a crença dos educadores de que, por meio delas, se pode transformar o ensino de ciências. E é aí que se destacam os ambientes planejados para educação não formal na tentativa de sanar esse problema. Reconhecidos com um papel educativo de divulgar e popularizar a ciência em complementação do ensino escolar, eles disponibilizam aos visitantes interações com uma multiplicidade de experimentos numa perspectiva de entretenimento (VALENÇA, 2006, p. 333; CAZZELLI *apud* CONSTANTIN, 2001, p. 197), em que boa parte dessa interatividade transcorre por meio de “aperto de botões” (ISZLAJI, 2012, p. 90; CAZZELLI et al., 2003).

Conforme Dentillo (2013), MCTs (e similares) têm-se expandido no Brasil, mas o registro da ABCMC, indicando cerca de 190 deles no país, revela uma quantidade considerada ainda relativamente pequena ao atendimento de mais de cinco mil municípios. Diante disso e levando-se em conta a existência de educadores de ciências que se interessam em propostas de montagens de experimentos didáticos, este trabalho resgatou uma preocupação observada em estudos anteriores (ARGUELLO, 2001; CHINELLI et al., 2008), relacionada à busca de proporcionar nas escolas de nível básico experimentos interativos equivalentes aos do ensino não formal. Objetivou-se, então, esclarecer três tipos básicos de automatizações de experimentos interativos¹⁴ daqueles ambientes por uso do moderno dispositivo Arduino, na intenção de atingir essa pequena – porém significativa – parcela de educadores comumente interessada em propostas de montagens ou igualmente técnicos de laboratório que existam nesses lugares. Espera-se que, por uma consciência e boa intenção desses interessados, ao disponibilizarem seus equipamentos assim sofisticados¹⁵ nos acervos dos laboratórios

¹⁴ Que funcionam por aperto de botões e que proporcionam *resultados reprodutíveis* (ibid., p. 4505-4).

¹⁵ Que além de duráveis, propiciam segurança mútua entre experimento e experimentador (SILVA et al., 2013, p. 412; SILVA et al., 2014, p. 81).

de suas escolas, se inicie uma expressiva mudança na qualidade e no uso desses laboratórios pela comunidade escolar e, quem sabe, pela maioria dos restantes educadores de ciências menos interessados em atividades experimentais. Aliás, curiosamente acerca dos equipamentos assim preparados, tem-se avaliado que eles superam o papel daqueles experimentos simples e de baixo custo que são indicados para escolas sem laboratórios (ibid., p. 4505-09). E, segundo Pereira et al. (2008, p. 100), por meio de uma atividade pedagogicamente planejada à interação com um agrupamento desses equipamentos em determinado tema, torna-se perceptível um maior envolvimento dos estudantes no aprendizado.

Por fim, o presente trabalho validou a praticidade e a eficiência do uso do Arduino em experimentos do tipo *push-button* para MCTs e similares. Vale destacar a flexibilidade do sistema, isto é, a facilidade de alterar o *software* com o intuito de alterar a configuração de funcionamento, a lógica, a sequência, os tempos etc, sem necessariamente precisar de alteração de *hardware*. Também deve ser destacada a possibilidade de reutilização da ferramenta, a expansão do número de portas e a possibilidade de se ter uma “central” que controle diversos experimentos simultaneamente, tornando uma solução ainda mais econômica.

Referências

- AGÊNCIA CIÊNCIA WEB (Agência Multimídia de Difusão Científica e Educacional – IEA/USP). **Museus de Ciência: o conhecimento de forma divertida**. 2009. Disponível em: <<http://agenciacienciaweb.wordpress.com/2009/02/06museus-de-ciencia-o-conhecimento-de-uma-forma-divertida/>>. Último acesso: 25 de maio de 2013.
- ARDUINO UNO. Disponível em: <<http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>>. Último acesso: 05 de agosto de 2014.
- ARQUËLLO, C. A. Produção e desenvolvimento de equipamentos para centros de Ciências. In: CRESTANA, S. et al. (Org.), p. 145-148. **Educação para a ciência: curso para treinamento em centros e museus de ciência**. Editora Livraria da Física: São Paulo, 2001.
- CAVALCANTE, M. A.; TAVALARO, C. R. C.; MOLISANI, E. Física com Arduino para iniciantes. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. V. 33, n. 4, p. 4503-9 (2011).
- CAVALCANTE, M. A.; RODRIGUES, T. T. T.; BUENO, D. A. Controle Remoto: observando códigos com o Arduino (parte 2 de 2). **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. V. 31, n. 3, p. 614-641 (2014).
- CAZELLI, S.; MARANDINO, M.; STUDART, D. Educação e Comunicação em Museus de Ciências: aspectos históricos, pesquisa e prática. In: GOUVÊA, G.; MARANDINO, M.; LEAL, M. C. (Org.). **Educação e Museu: a construção social do caráter educativo dos museus de ciências**. Editora Access/Faperj, Rio de Janeiro, p.83-106 (2003).
- CONSTANTIN, A. C. C. Museus interativos de ciências: espaços complementares de educação? **Interciência**. V. 26, n. 5, p. 195-200, maio (2001).
- CHELINI, M. E.; LOPES, S. G. B. C. **Exposições em museus de ciências: reflexões e critérios para análise**. Anais do Museu Paulista, v. 16, n. 2, p: 205-238, jul-dez, São Paulo, 2008.

- CHINELLI, M. V.; PEREIRA, G. R.; AGUIAR, L. E. V. Equipamentos interativos: uma contribuição dos centros e museus de ciências contemporâneos para a educação científica formal. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. V. 30, n. 4, p. 4505-10 (2008).
- 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>. Último acesso: 11 de junho de 2013.
- DAMICO, J. S. “**Uma nova relação estrutural para a sustentabilidade do Museu da Vida**”. Dissertação apresentada à Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca para obtenção do título de Mestre em Gestão de Ciência, Tecnologia e Saúde. Rio de Janeiro, 2004.
- GALIAZZI, M. C.; ROCHA, J. M. B.; SHIMITZ, L. C.; SOUZA, M. L.; CIESTA, S.; GONÇALVES, F. P. Objetivos das atividades experimentais no ensino médio: a pesquisa coletiva como modo de formação de professores de ciências. **Ciência & Educação**. V. 7, n. 2, p. 249-263 (2001).
- ISZLAJI, C. **A criança nos Museus de Ciências: análise da exposição mundo da criança do museu de ciência e tecnologia da PUCRS**. Dissertação apresentada ao Instituto de Física, ao Instituto de Química, ao Instituto de Biociências e à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências. São Paulo (2012).
- MCROBERTS, M. **Arduino básico**. 2ª edição. São Paulo: Novatec Editora (2015).
- O GLOBO. **Só 11% das escolas brasileiras têm laboratórios de Ciências**. Conteúdo jornalístico. Disponível em: <http://oglobo.globo.com/sociedade/educacao/so-11-das-escolas-brasileiras-tem-laboratorio-de-ciencias-10804574>. Último acesso: 03/09/2014.
- PADILLA, J. Conceptos de museos y centros interactivos. In: CRESTANA, S. et al. (Org.), p. 113-141. **Educação para a ciência: curso para treinamento em centros e museus de ciência**. Editora Livraria da Física: São Paulo, 2001.
- PEREIRA, G. R.; CHINELLI, M. V.; COUTINHO-SILVA, R. C. Inserção dos centros e museus de ciências na educação: estudo de caso do impacto de uma atividade museal itinerante. **Ciência & Cognição**, v. 13 (3): 100-119, 2008.
- ROCHA, F. S.; MARRANGHELLO, G. F.; LUCHESE, M. M. Acelerômetro eletrônico e a placa Arduino para ensino de Física em tempo real. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. V. 31, n. 1, p. 98-123, abr. (2014).
- SILVA, O. H. S.; LABURÚ, C. E. Motor elétrico de Faraday: uma montagem para museus e laboratórios didáticos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. V. 26, n. 3, p. 478-491, dez. 2009.
- SILVA, O. H. M.; ARRUDA, S. M.; LABURÚ, C. E.; BUENO, E. A. S. Pêndulo de Wilberforce: uma proposta de montagem para ambientes educativos informais e laboratórios didáticos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. V. 30, n. 2, p. 409-426, ago. (2013).
- SILVA, O. H. M.; LABURÚ, C. E.; ARRUDA, S. M.; BATISTA, I. L. Um equipamento demonstrativo de levitação magnética de uma bobina com

automatização adaptada aos Museus de Ciência e Tecnologia. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. V. 31 (1), p. 78-97, 2014.

SOLOMON, J. **Teaching children in the laboratory**. London: Croom Helm (1980).

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).

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

WAGENSBERG, J. **O Museu “Total”, uma Ferramenta para a Mudança Social**. In: 4º Congresso Mundial de Centros de Ciência, Rio de Janeiro (2005).

Apêndice 1 – Layout para a confecção da placa de circuito do módulo de 4 relês e de sinais dos 3 push-buttons

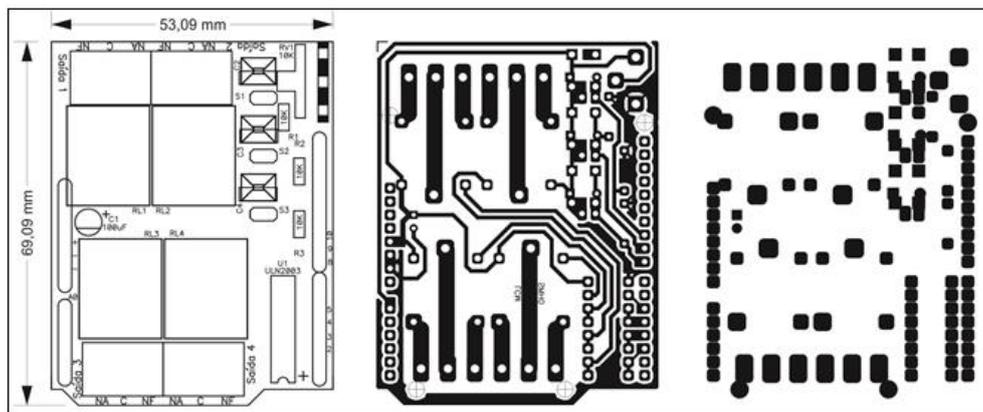


Figura 5 – Máscaras de confecção das camadas *Top-Silk*, *Bottom* e *Solder-Mask*.

Apêndice 2 – Código do CCA123

```

1 // Define os tempos dos temporizadores em segundos
2 #define T_CCA1 5
3 #define T_CCA2 1
4 #define T_CCA2_ESPERA 120 // 120
5 #define T_CCA3 8
6 #define T_CCA3_ESPERA 120 // 120
7
8 // Define endereço das portas
9 #define BOTAO1 10 // Entradas Digitais
10 #define BOTAO2 9
11 #define BOTAO3 8
12 #define RELE1 2 // Saídas Digitais
13 #define RELE2 3
14 #define RELE3 4
15 #define RELE4 5
16 #include "TimerOne.h"
17
18 // Declara variáveis de tempo
19 unsigned int TempoCCA1=0, TempoCCA2=0, TempoCCA3=0;
20
21 void setup(){ // Configura periféricos do Arduino
22   pinMode(BOTAO1, INPUT); pinMode(BOTAO2, INPUT);
23   pinMode(BOTAO3, INPUT);
24   pinMode(RELE1, OUTPUT); pinMode(RELE2, OUTPUT);
25   pinMode(RELE3, OUTPUT); pinMode(RELE4, OUTPUT);
26   Timer1.initialize(1000000); // Inicializa Timer1 com int. à cada
27   1s
28   Timer1.attachInterrupt(InterrupcaoUmSegundo);
29 }
30 void loop(){ // Laço principal. Verifica botões
31   if(digitalRead(BOTAO1)&&(TempoCCA1==0)){
32     TempoCCA1 = T_CCA1; digitalWrite(RELE1, 1);
33   }
34   if(digitalRead(BOTAO2)&&(TempoCCA2==0)){
35     TempoCCA2 = T_CCA2 + T_CCA2_ESPERA; digitalWrite(RELE2, 1);
36   }
37   if(digitalRead(BOTAO3)&&(TempoCCA3==0)){
38     TempoCCA3 = T_CCA3 + T_CCA3_ESPERA; digitalWrite(RELE3, 1);
39   }
40 }
41
42 void InterrupcaoUmSegundo(){ // Executa à cada 1 segundo
43   if(TempoCCA1==0){ // Temporizador CCA1
44     digitalWrite(RELE1, 0);
45   }else{
46     TempoCCA1 = TempoCCA1--;
47   }
48   if(TempoCCA2!=0){ // Temporizador CCA2
49     if((TempoCCA2) == T_CCA2_ESPERA){
50       digitalWrite(RELE2, 0);
51     }
52     TempoCCA2 = TempoCCA2--;
53   }
54   if(TempoCCA3!=0){ // Temporizador CCA3
55     if((TempoCCA3) == T_CCA3_ESPERA){
56       digitalWrite(RELE4, 1); digitalWrite(RELE3, 0);
57     }
58     TempoCCA3 = TempoCCA3--;
59   }else{
60     digitalWrite(RELE4, 0);
61   }
62 }

```