

“O PROBLEMA DA CESTINHA” NUMA PROPOSTA DE EQUIPAMENTO INTERATIVO AUTOMATIZADO PARA AMBIENTES DE EDUCAÇÃO NÃO FORMAL

“THE LITTLE BASKET PROBLEM” IN A PROPOSAL FOR AUTOMATED INTERACTIVE EQUIPMENT FOR NON-FORMAL EDUCATION ENVIRONMENTS

Osmar Henrique Moura da Silva¹
Luiz Fernando Schmidt²
Kátia da Silva Oliveira dos Santos³

Resumo

Tópicos de Física são dificilmente abordados nos anos iniciais do ensino fundamental mediante a barreira primária de viabilização de quaisquer adequações com linguagem inteligível a esse nível escolar, entre outras razões. Perante isso, alguns trabalhos na literatura buscam defender uma proposta de inserção das Atividades de “Conhecimento Físico”, envolvendo determinados arranjos experimentais demonstrativos e de âmbito qualitativo. Foca-se, no presente trabalho, na divulgação de uma dessas atividades, denominada de “O problema da cestinha”, originalmente arquitetada para uso com alunos em sala de aula por intermédio do professor. Dessa versão inicial, objetiva-se aqui apresentar uma inovadora proposta de montagem automatizada e com materiais facilmente adaptáveis, cuja diferenciação a torna viável aos ambientes de educação não formal que almejam a peculiar interatividade de aprendizado por livre escolha. A proposta de montagem automatizada permite a reprodução de todas as ações e resultados do original arranjo experimental dessa Atividade de “Conhecimento Físico”, de modo seguro ao visitante e ao equipamento (contra avarias indesejáveis durante interações), caracterizando-se num produto educacional proveitoso para os acervos de museus de ciências e tecnologia, e similares. Algumas reflexões acerca da modalidade de interação, pedagogicamente desejável e que abrange a proposta, são também estabelecidas nesse contexto. Espera-se, portanto, contribuir com ambientes de educação não formal que se interessem por essa específica atividade interativa com adequada automatização direcionada aos anos iniciais do ensino fundamental, vindo a proporcionar que equipes técnicas locais possam reproduzi-la e inseri-la em seus salões de exposições.

¹ Orientador. Doutor em Educação para Ciência pela UNESP/Bauru/SP. Físico do Departamento de Física da Universidade Estadual de Londrina, Londrina – PR.

² Engenheiro Eletricista. Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Estadual de Londrina, Londrina – PR.

³ Mestre em Ensino de Física pela Universidade Estadual de Londrina, Londrina – PR. Professora do Ensino Fundamental I na Escola Municipal Presidente Getúlio Vargas, Arapongas – PR.

Palavras-chave: Anos Iniciais do Ensino Fundamental; Produto Educacional; Museus de Ciências e Tecnologia.

Abstract

Physics topics are difficult to address in the early years of elementary school due to the primary barrier of adapting them to language intelligible at that school level, among other reasons. In light of this, some works in the literature seek to advocate for the inclusion of "Physical Knowledge" activities, involving specific demonstrative and qualitative experimental setups. This work focuses on disseminating one of these activities, called "The Basket Problem," originally designed for use with students in the classroom by the teacher. From this initial version, the aim here is to present an innovative proposal for automated assembly with easily adaptable materials, whose differentiation makes it viable for non-formal education environments that seek the unique interactivity of free-choice learning. The proposed automated assembly allows for the reproduction of all actions and results of the original experimental setup of this "Physical Knowledge" Activity, in a way that is safe for both the visitor and the equipment (against undesirable damage during interactions). This constitutes a valuable educational product for the collections of science and technology museums and similar institutions. Some reflections on the pedagogically desirable interaction modality encompassed by the proposal are also established in this context. Therefore, it is hoped to contribute to non-formal education environments interested in this specific interactive activity with appropriate automation geared towards the early years of elementary school, enabling local technical teams to reproduce and incorporate it into their exhibition spaces.

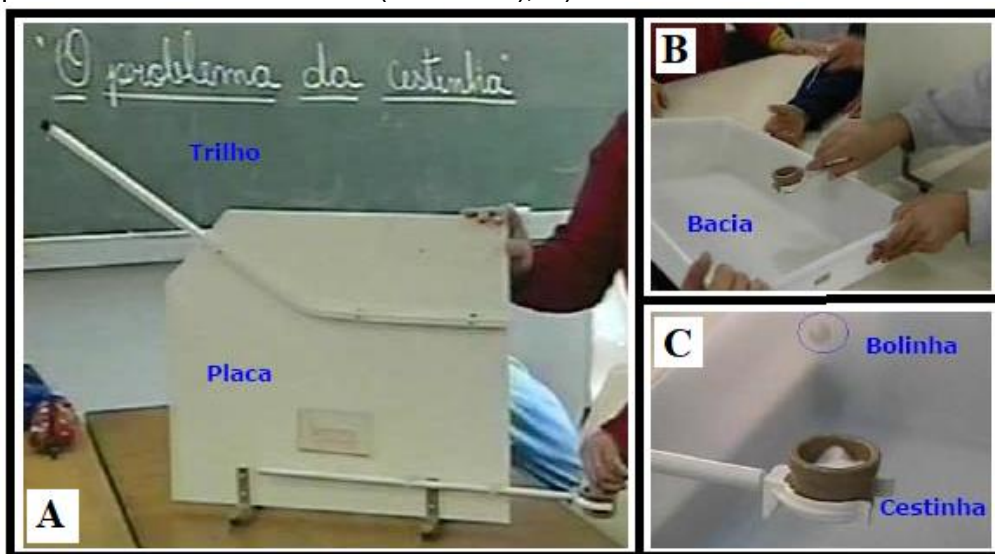
Keywords: Early Years of Elementary School; Educational Product; Science And Technology Museums.

Introdução

Tópicos das ciências naturais, em especial de Física, são dificilmente abordados nos anos iniciais do ensino fundamental (Pereira et al., 2017; Colombo Jr. et al.), mediante a dificuldade primária ao se buscar uma viabilização de quaisquer adaptações com linguagem inteligível a esse nível escolar. Alguns estudos abordam o ensino de ciências nos anos iniciais do ensino fundamental brasileiro, visando contribuir, em distintos vieses, “para tornar o ensino de ciências mais ‘agradável’ e acessível ao aluno no início do processo de escolarização” (Colombo Jr. et al., 2012, p. 494). Destaca-se aí a iniciativa de Carvalho et al. (1998), que caracterizam quinze atividades de “Conhecimento Físico” para serem empregadas nos anos iniciais do ensino básico, como base inclusive para demais estudos com esse intuito. Em particular a uma dessas atividades, que é indicada na Figura 1, denominada de “O problema da cestinha” e inicialmente divulgada em Carvalho et al. (1998), Colombo Jr. et al. (2012) investigaram a sua potencialidade em sala de aula defendendo-a

como proveitosa em alunos de 8 a 10 anos de idade dos anos iniciais do ensino fundamental.

Figura 1: A) Experimento “O problema da cestinha”; B) Uso de uma bacia para captura da esfera quando ela não acerta o alvo (“cestinha”); C) “Cestinha”.



Fonte: Colombo Jr. et al. (2012, p. 496).

Entretanto, perante a relevância dessa atividade específica da Figura 1 numa conjuntura que necessita o envolvimento de um mediador (um educador/professor) junto à experimentação com o aprendiz em sala de aula, é sensato ponderar que tal experimentação possa ainda abranger para além dos espaços de educação formal (escolas), explorando-a de um modo interativo distinto. Há atualmente muitas instituições de educação não formal, como museus e centros de ciência, em crescente expansão no Brasil (ABC MC, 2015) e que almejam atividades na modalidade de “aprendizagem por livre escolha” ocorrida entre visitante e objeto de interação (Silva; Laburú; Camargo, 2022). Conforme estes últimos autores, nessa modalidade os aparatos ilustram circunstâncias nas quais aprendizagens são movidas por livre escolha, de modo voluntário e não sequencial, visto que os visitantes permanecem liberados no salão de exposição. Inclusive nesse contexto, Ferreira (2014, p. 7) chegou a relatar a “quase inexistência de trabalhos que mostram como as exposições e objetos de um museu de ciências são produzidos”.

Por consequência das considerações acima, o presente trabalho se insere numa linha de publicações que divulgam propostas de desenvolvimentos de equipamentos interativos ao público visitante desses ambientes educacionais

específicos (Silva; Laburú; Zimer, 2019; Silva; Laburú, 2019; Bravo, 2018; Silva, 2015; Silva; Mathias, 2015). Mais precisamente, objetiva-se desenvolver um produto educacional constituído de uma atividade experimental relacionada ao “Problema da cestinha”, mediante inserção de uma automação com a popular placa Arduino controlando dispositivos/mecanismos ajustados, e que se insere nessa perspectiva de aprendizado por livre escolha, vindo assim a proporcionar uma interatividade típica desses ambientes planejados à educação não formal.

Em termos funcionais, durante a comunicação entre sujeito e objeto de interação, intenciona-se que o equipamento automatizado permita a reprodução de todas as ações e resultados do original arranjo experimental desta mencionada Atividade de ‘Conhecimento Físico’ (Carvalho et al., 1998; Colombo Jr. et al., 2012). Por assim ser, igualmente promover-se-ão reflexões acerca de distintas possibilidades que, antecipadamente via comando de orientação por texto explicativo anexado no aparato, se conduzem a criança a fazer, e que o experimento venha, a posteriori, corroborar uma relação física ali pensada, qual seja: “a relação entre a altura de lançamento de uma bolinha e seu alcance ao sair de uma rampa” (Colombo Jr. et al., 2012, p. 489). Nesse enquadramento, os detalhes da elaboração deste produto educacional são apresentados mais adiante, cujo *link* do vídeo com seu funcionamento no museu de ciências é: <https://drive.google.com/file/d/1HWiQi76mFCxfE9V9PMnEDADDBVZiSbp1/view?usp=sharing>.

Aporte teórico

Aos ambientes de educação não formal, cabe ressaltar entidades com as nomenclaturas de “Museus de Ciências” e de “Centros de Ciências” que podem ser diferenciadas em essência, embora por alguma distinção feita nesse sentido ainda existam entidades com ambas as finalidades pelas quais se procurou distingui-las (Durant, 1992). Quanto às terminologias usuais desses núcleos, Jacobucci (2006) avalia que “elas não estão muito definidas” (p. 13), prevalecendo o entendimento corriqueiro “na literatura e coloquialmente no Brasil, como espaços idênticos” (p. 14). E, nessa totalidade, também predomina a terminologia “Museu de Ciências e Tecnologia” (MCT), atrelando-se a visão popular de entidade com objetivo de caracterizar a ciência de forma lúdica e interativa, mediante o papel educativo

comum desses ambientes de “complementação do ensino escolar” (Silva; Laburú; Zimer, 2019, p. 1). Dessas considerações, portanto, não se pretende aqui aprofundar detalhes acerca das distintas nomenclaturas de tal aglomerado de entidades educacionais.

Todavia, um ponto a realçar nesses ambientes planejados para a educação não formal está na diversidade de aparatos com os quais o público interage, majoritariamente, ou por manuseio de manivelas ou por aperto de botões (Iszlaji, 2012; Cazelli; Marandino; Studart, 2003). Inseridos numa perspectiva de entretenimento, os experimentos desse último tipo constituem-se com particulares automatizações estabelecidas por uma equipe especializada do setor, motivo que gerou o famoso apelido da atividade museal de “interatividade *push-button*” (Damico, 2004). Assim, conforme Silva e Mathias (2015, p. 1), “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”, em que a tradicional automatização das demonstrações controladas por aperto de botões permite que elas sejam realizadas pelos próprios visitantes em interações ocorridas de forma livre e espontânea acerca de um fenômeno.

Levando em conta os comentários de Antônio C. Pavão (na ocasião diretor da ABCMC – Associação Brasileira de Centros e Museus de Ciências), 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), caso este do presente produto educacional, torna-se oportuno refletir um pouco mais a respeito dessa interatividade. Em geral, a interatividade focada 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 (Moraes et al., 2007). Moraes et al. (2007, p. 59) descrevem que um nível simples e direto no qual isto pode ser feito é estimulando o visitante a interagir com os equipamentos 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”. Há pouco mais de uma década, uma categorização mais ou menos consagrada da interatividade entre sujeitos e objetos nesses lugares, baseada em Wagensberg (2005), abrange três níveis: 1) a interatividade *hands-on*, relacionada ao toque e manipulação física. Nessa modalidade, almeja-se que o visitante “esteja no papel do cientista” ao experimentar

métodos científicos quando manipula objetos, modelos ou montagens que lhe permitem entender o funcionamento e o desenrolar de processos e fenômenos; 2) a interatividade *minds-on*, relacionada ao engajamento intelectual; 3) e a interatividade *heart-on*, relacionada com a emoção e a cultura.

Sobretudo numa interação por manipulação, tem-se o entendimento no qual ela pode ocorrer diretamente (*hands-on*) ou por meio de mecanismos acionados pelo visitante num simples apertar de botão (*push-button*) (Chelini; Lopes, 2008), resultando num direcionado processo ou fenômeno a ser pensado (Padilla, 2001). Concepção esta de experimentação por manipulação que parece estar na origem de muitos museus de ciências, nos quais “a interatividade tem sido a palavra de ordem” (Pavão; Leitão, 2007, p. 44). Ocorre, no entanto, uma crítica particular à interatividade do tipo *push-button*. A crítica aponta que aparatos desse 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. Levanta-se, assim, a possibilidade de a interatividade advir como “compulsão psicomotora” ao se apertar o botão, sem que o experimentador ao menos aguarde 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, por exemplo, se testar uma hipótese (Massabki, 2011). Logo, é natural que críticas como essa a respeito da 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.

Aliás, embora o uso restrito desse tipo de interação aparente certas limitações, indicando não ser o simples fato de permitir tal manipulação pelo público que se garantirá a compreensão daquilo que está exposto, há estudos com comprovações de diferenças não significativas no grau de aprendizagem comparativamente a distintos e separados modos de interação nesses ambientes educativos não formais (Eason; Linn, 1976 apud Gaspar, 1993)⁴. Para uma comparação nesse sentido, cabe mencionar os resultados das investigações de Blud (1990a; 1990b) com dezenas de grupos de indivíduos em três exposições diferentes que objetivavam demonstrar e instruir determinado conceito: uma completamente

⁴ EASON, L. P.; LINN, M. C. - Evaluation of the Effectiveness of Participatory Exhibits. *Curator*, v. 19, n. 1, p. 45-61, 1976. <https://doi.org/10.1111/j.2151-6952.1976.tb00484.x>

interativa, uma do tipo “aperta botão” (*push-button*) e uma estática. Surpreendentemente, esta autora concluiu não haver diferença significativa de aprendizado de conteúdos específicos entre os participantes de cada uma das três exposições, apesar de as primeiras promoverem mais discussões. Aliás, de modo geral ela ressaltou não constatar “evidências muito claras de que as exposições interativas em museus sejam mais eficazes do que as exposições mais tradicionais” (Blud, 1990a, p. 49).

Diante disso, cabem aos equipamentos interativos *push-button*, assim como para aqueles classificados em outras modalidades, textos explicativos a eles anexados que contribuem para uma clareza de entendimentos. Segundo Silva (2015, p. 903), “mais do que explicações dos fenômenos pensadas com linguagem inteligível à maioria dos visitantes experimentadores, textos que direcionam o que observar e comandos de acionamento são indispensáveis”. Isto, pois, ressalta Gaspar (1993, p. 148) que os sujeitos, “na sua maioria, leem os textos apresentados pelo menos até que tenham uma ideia do objetivo ou proposta da demonstração”. E ainda que qualquer elaboração de uma leitura nesse sentido continue alvo de melhorias, é significativo dizer que a essência de uma orientação explicativa, que se recomenda atrelar nos equipamentos, mantém-se conservada.

Entre as modalidades interativas, é razoável mencionar um movimento de boa parte dos museus de ciência que ocorreu 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). E por uma questão de refinamento da categorização de interatividade do equipamento automatizado relacionado ao “Problema da cestinha”, há uma abrangência às modalidades de interação *hands-on* e *minds-on*. Isto, sem querer aqui estabelecer uma hierarquia entre modalidades, visto que a outra modalidade, denominada “*heart-on*”, “necessita abordar su aspecto más genuinamente cultural”, permitindo uma “conversa com la identificación coletiva a que pertence la sociedade donde se inserta el museo” (Wagensberg, 2006, p. 38).

Portanto, na modalidade *hand-on*, a interatividade manual com o equipamento faz do visitante um elemento ativo na exposição, usando as mãos para provocar e controlar variáveis envolvidas no fenômeno físico ali investigado, em sucessivas tentativas de acerto do alvo (cestinha). Aliás, de acordo com Studart

(2005, p. 63), “os comentários dos visitantes sugerem que a abordagem *hands-on* usada nas exposições é considerada, tanto pelos pais quanto pelas crianças, educativa e motivadora para o aprendizado infantil”. Deste modo, promovem-se reflexões acerca de distintas possibilidades da relação física de proporção entre a altura de lançamento da bolinha e sua velocidade adquirida para acerto do alvo em determinada distância. Durante a experimentação, e segundo Denzin e Lincoln (1994 apud Studart, 2005, p. 58)⁵, a natureza de análise qualitativa dos resultados se destaca “a fim de examinar a frequência com que os eventos ocorrem e explorar possíveis relações entre variáveis”. 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” à situação.

Apresentação do produto educacional

Descreve-se aqui parte de uma dissertação de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), na qual se preocupou em subsidiar inserções de tecnologias educacionais em um museu de ciências, ainda em fase inicial de desenvolvimento. A metodologia de confecção desta tecnologia educacional e os materiais envolvidos seguem discutidos na próxima seção. Em razão da variedade de itens e detalhes procedimentais, pretende-se melhor orientar esta elaboração com separadas subseções, assim denominadas: “Protótipo automatizado ‘O problema da cestinha’”; “Orientações elétrica/eletrônica via Arduino”; “A preparação final”, em que se apresenta um modelo de indicações arquitetado para o aparato, intencionado a auxiliar o início de uma interação e consequentes reflexões por parte das crianças durante suas tentativas de acerto, seguindo recomendações de segurança mútua entre experimento e experimentador.

Protótipo automatizado “O problema da cestinha”.

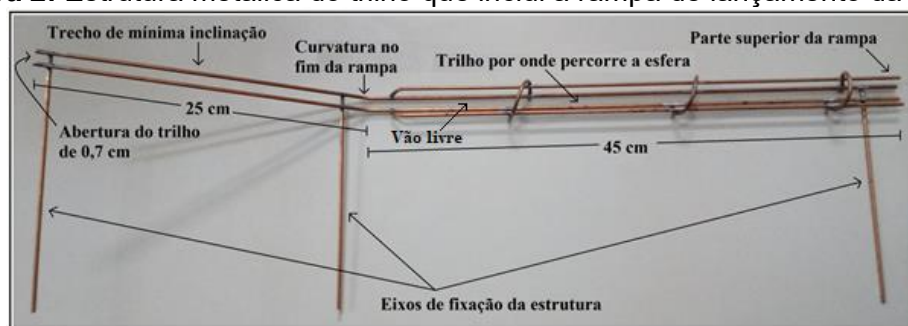
À distinção do experimento da Figura 1, na medida em que necessariamente se alteram e complementam os materiais lá observados, a lista dos itens empregados na elaboração desta montagem constitui-se de: 1 esfera de aço de 1

⁵ Denzin, N; Lincoln, Y. **Handbook of Qualitative Research**. Londres: SAGE Publications, 1994.

cm de diâmetro; um trilho de impressora de jato de tinta; arames de ferro de 3 mm de diâmetro (comumente usados em solda elétrica); 1 tubo de cobre de 45 cm de comprimento com 1 cm de diâmetro; 1 perfil cilíndrico de alumínio com 55 cm de comprimento que percorra o interior do tubo de cobre ligeiramente sem folga; 1 CAP de PVC (cestinha); 1 parafuso de rosca sem fim de 3/8, madeira de 70 cm; 2 rolamentos com diâmetros internos acertados para o encaixe justo do parafuso de rosca sem fim; 2 braçadeiras para fixar os rolamentos em madeira; 1 motor c. c., denominado de M1, no caso de 32 V e 0,5 A; 1 barra de ferro de 7 mm de diâmetro e 70 cm de comprimento; 2 capacitores cerâmicos de 100 nF (C1 e C2); 1 led vermelho de 5 mm (D1); 1 fusível de vidro 6 x 20 mm, 1 A (F1); 1 fusível de vidro 6 x 20 mm, 0,5 A; 1 motor c.c., de 12 V e 1 A, denominado de M2 (já embutido no trilho da impressora); 2 servomotores 9g Tower Pro SG90 (M3 e M4); 1 resistor de 560 Ohms x ¼ W (R1); 1 *Joystick* com 4 micro chaves do tipo normalmente aberta (S1, S2, S9 e S10); 1 botão *push-button* normalmente aberto (S3); 4 chaves de fim de curso normalmente aberta com haste (S4, S5, S6 e S7); 1 micro chave aproveitada do sensor de papel de impressora de jato de tinta (S8); 2 placas módulo ponte-h L298N para Arduino (U1 e U2); 1 Arduino UNO R3 (U3); fios com pontas para conectar no Arduino; 2 porta-fusíveis; 1 fonte de alimentação de 32 V (FA-1); 1 fonte de alimentação de 12 V (FA-2); 1 placa universal para barramento de + 5 V e terra; 2 m² de chapa de madeira de 2 cm de espessura com fórmica; 2 m² de chapa de acrílico transparente e incolor. Ademais, cabe ressaltar a obviedade quanto ao emprego de diversos parafusos, por exemplo, em que suas dimensões, tipos e quantidades podem ser avaliados no momento da montagem e fixação de peças.

De início, é cabível destinar-se à confecção do trilho por onde percorre a esfera de aço, neste caso feito de arames de ferro de 3 mm de diâmetro, unidos por meio de uma máquina de solda ponto (popular ponteadeira). A Figura 2 apresenta essa estrutura metálica e suas dimensões, em que todos os cortes e dobramentos são obtidos por manuseio de ferramentas como arco de serra e alicates. Na Figura 2, a parte do trilho especificado com 45 cm constitui-se na rampa (Figura 3A), com dois segmentos extras de arames para impedir que a esfera venha a escapar pelas laterais, devendo-se notar que a união destes seguimentos ocorre por três semiarcos, em que há um vão livre para movimentação do pino lançador da esfera, via servo motor (Figura 3B).

Figura 2: Estrutura metálica do trilho que inclui a rampa de lançamento da esfera.



Fonte: autores.

Figura 3: A) Fixações de trilho da rampa, trilho da impressora e da haste móvel do alvo (cestinha); B) Vista ampliada do servomotor com seu pino no vão livre do trilho, segurando a esfera. Optou-se por parafusar o servomotor num pequeno pedaço de madeira então parafusada no corpo de plástico do trilho da impressora.



Fonte: autores.

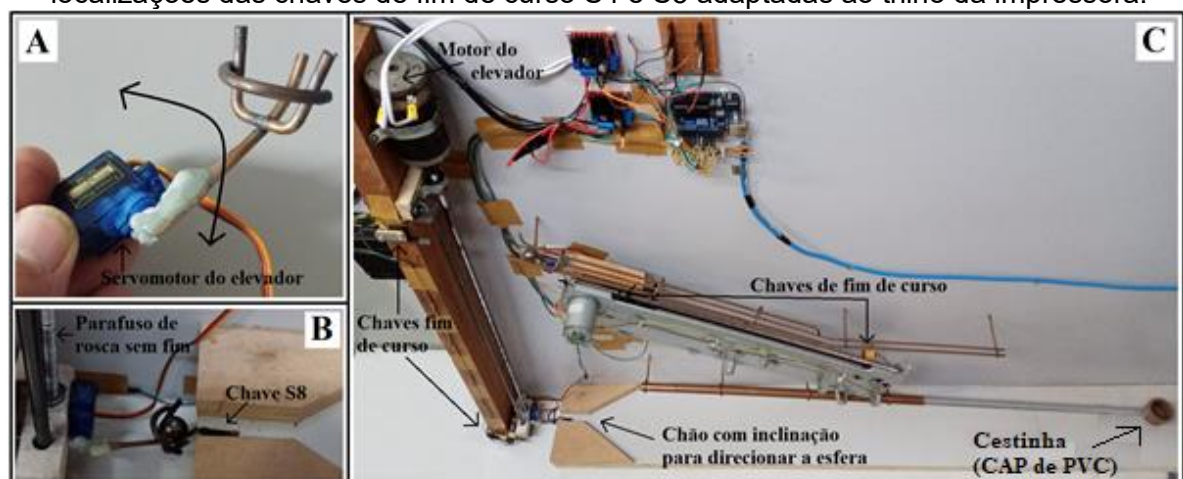
Os três eixos de fixação indicados na Figura 2 servem para posicionar a estrutura na parede de trás da caixa (chapa de fórmica de 2 cm de espessura), cuja curvatura no fim da rampa a mantém numa inclinação próxima de 120° com relação ao trecho de 25 cm de comprimento. Os três eixos de fixação são penetrados em respectivos furos na parede da caixa (Figura 3), determinando uma distância e alinhamento da rampa sobre o trilho da impressora, também fixado nessa parede com parafusos. Nesse alinhamento, é importante notar que o arranjo das peças deve permitir que o pino do servomotor transite pelo vão livre do trilho da rampa (Figura 3B), na função de posicionar a esfera em local escolhido do lançamento da mesma.

O trilho de impressora foi adquirido de um descarte e se manteve uma adaptação viável ao comprimento de 45 cm do trilho da rampa, visto que o motor de corrente contínua (M2) movimenta um corpo de plástico (“carrinho da impressora” -

que pertence ao trilho para encaixar cartuchos de tinta) de um lado a outro nesse trilho, dependendo do sentido da corrente elétrica aplicada. Assim, acoplando-se o servomotor neste corpo de plástico com seu pino no vão do trilho da rampa (Figura 3B), é possível automatizar a movimentação desse pino ao longo desse vão e pará-lo na altura de interesse de lançamento, ora efetuado por simples apertado de botão que ativa o servomotor para abaixar esse pino e liberar a esfera (Figura 3B). Para tanto, ainda se faz necessário fixar duas chaves de fim de curso em extremidades do trilho da impressora (S4 e S5), conforme se avaliam as delimitações das alturas máxima e mínima de lançamento na rampa, ou seja, a fim de parar o movimento do corpo de plástico e, juntamente, o servo motor que segura a esfera (Figura 3).

O puxador da haste da cestinha permite ser manuseado horizontalmente para posicionar o alvo (cestinha) em determinada distância e, após se acionar o botão para liberar a esfera numa altura definida, dois resultados são presumíveis: acerto ou erro no alvo (cestinha). Não acertando o alvo, a esfera cairá diretamente no chão da caixa, que possui uma inclinação proposital para conduzir a esfera numa passagem em direção ao dispositivo de captura do elevador (Figuras 4B e 4C), logo a suspendendo e depositando-a automaticamente no início da rampa (Figura 3B).

Figura 4: A) Servomotor do elevador com estrutura de arame arquitetada para captura da esfera; B) Servomotor fixado no elevador movido à rotação do parafuso de rosca sem fim, com indicação da Chave S8 na passagem da esfera; C) Haste da cestinha, chão com inclinação, vista completa do elevador com chaves de fim de curso S6 e S7, e indicação das localizações das chaves de fim de curso S4 e S5 adaptadas ao trilho da impressora.

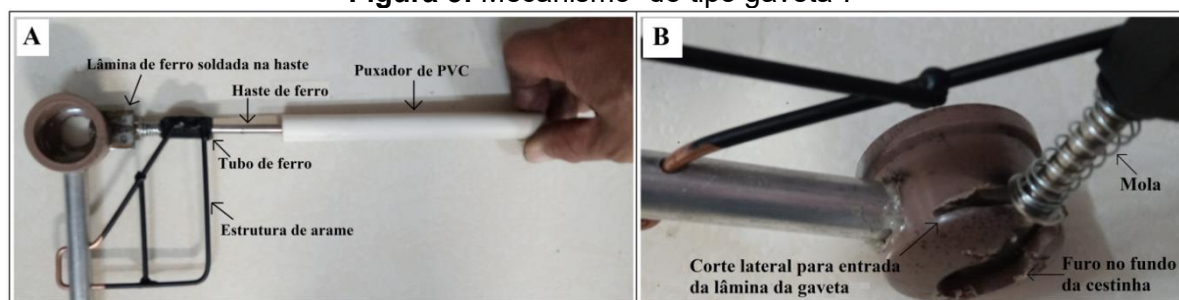


Fonte: autores.

Já em caso de acerto do alvo, o puxador pode ser movido para trás, em que o mecanismo elaborado “do tipo gaveta” libera a esfera pelo fundo da cestinha

(Figura 5) diretamente no chão da caixa, realizando o percurso já descrito até o início da rampa para uma nova tentativa experimental.

Figura 5: Mecanismo “do tipo gaveta”.



Fonte: autores.

Como se pode notar na Figura 4, o elevador é basicamente composto por adaptação de um parafuso de rosca sem fim num corpo de plástico contendo uma porca, de modo que a rotação desse parafuso permite subir ou abaixar esse corpo de plástico onde está fixado o servomotor do elevador (Figura 4A). Uma extremidade do parafuso é soldada no eixo do motor do elevador (M1), antes passando em dois rolamentos próximos de suas extremidades e que são fixos por braçadeiras numa madeira ajustada para posicionamento dessas peças. Também é válido notar que há uma haste de ferro paralela ao parafuso de rosca sem fim que evita o giro do corpo de plástico pela rotação do parafuso, e assim efetue o movimento vertical programado.

Os detalhes e implantação do dispositivo “do tipo gaveta” à cestinha da Figura 4C seguem na Figura 5. Para isso, o CAP apresenta duas aberturas (Figura 5B): um corte na lateral para movimentação de uma lâmina de ferro então soldada na haste de 6 mm de diâmetro; um buraco no fundo, cuja abertura permite a passagem da esfera. Na Figura 5A simula-se o puxador da cestinha para trás, abrindo a gaveta e comprimindo a mola perante o tubo de ferro que possui um diâmetro interno ligeiramente maior que o de 6 mm da haste que o atravessa. Ainda pode-se notar na Figura 5A uma idealizada estrutura de arame (3 mm de diâmetro) fixa na haste de alumínio e que foi soldada nesse tubo de ferro. Assim, após a liberação do puxador, a lâmina desse mecanismo “do tipo gaveta” (chapa de ferro soldada na haste) retorna para dentro do CAP, impedindo a passagem da esfera (Figura 5B).

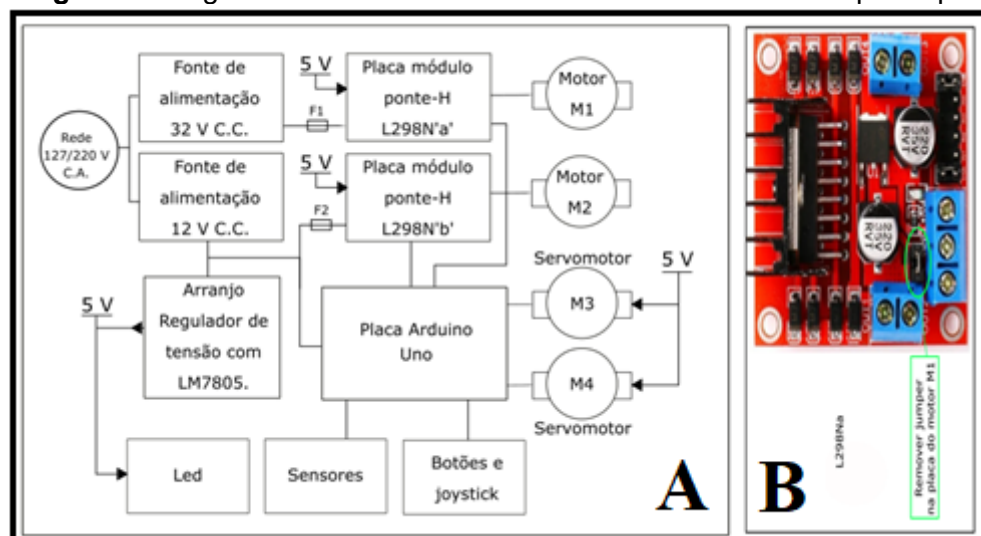
Assim caracterizado o arranjo das peças envolvidas até aqui, a próxima subseção trata de discutir demais orientações acerca da automatização empregada.

Orientações elétrica/eletrônica via Arduino

O sistema elétrico/eletrônico está ilustrado no formato simplificado de diagrama de blocos exibido na Figura 6A. Para o controle do elevador da esfera, foi utilizado um motor de 32 V com corrente de 0,5 A, identificado como M1. O motor da rampa de posicionamento da esfera, M2, foi aproveitado do mecanismo do carrinho de impressão de uma impressora antiga e opera com 12 V e 1 A. Ambos, são motores de corrente contínua.

Considerando que os motores exigem maior corrente do que a placa Arduino pode fornecer em seus pinos de entrada e saída (<https://docs.arduino.cc/hardware/uno-rev3>) e que operam sob diferentes tensões de alimentação, foi necessário o uso de dois módulos de *driver* de potência, mais conhecidos como ponte h com o circuito integrado L298N, iguais ao da Figura 6 um para cada motor. Dessa forma, as placas *drivers* L298N fornecem a potência necessária para cada motor e permitem a inversão do sentido dos eixos dos motores, ou seja, o controle bidirecional (<https://www.st.com/resource/en/datasheet/l298.pdf>), conforme os comandos recebidos do Arduino.

Figura 6: Diagrama de blocos do sistema elétrico/eletrônico do protótipo.



Fonte: autores.

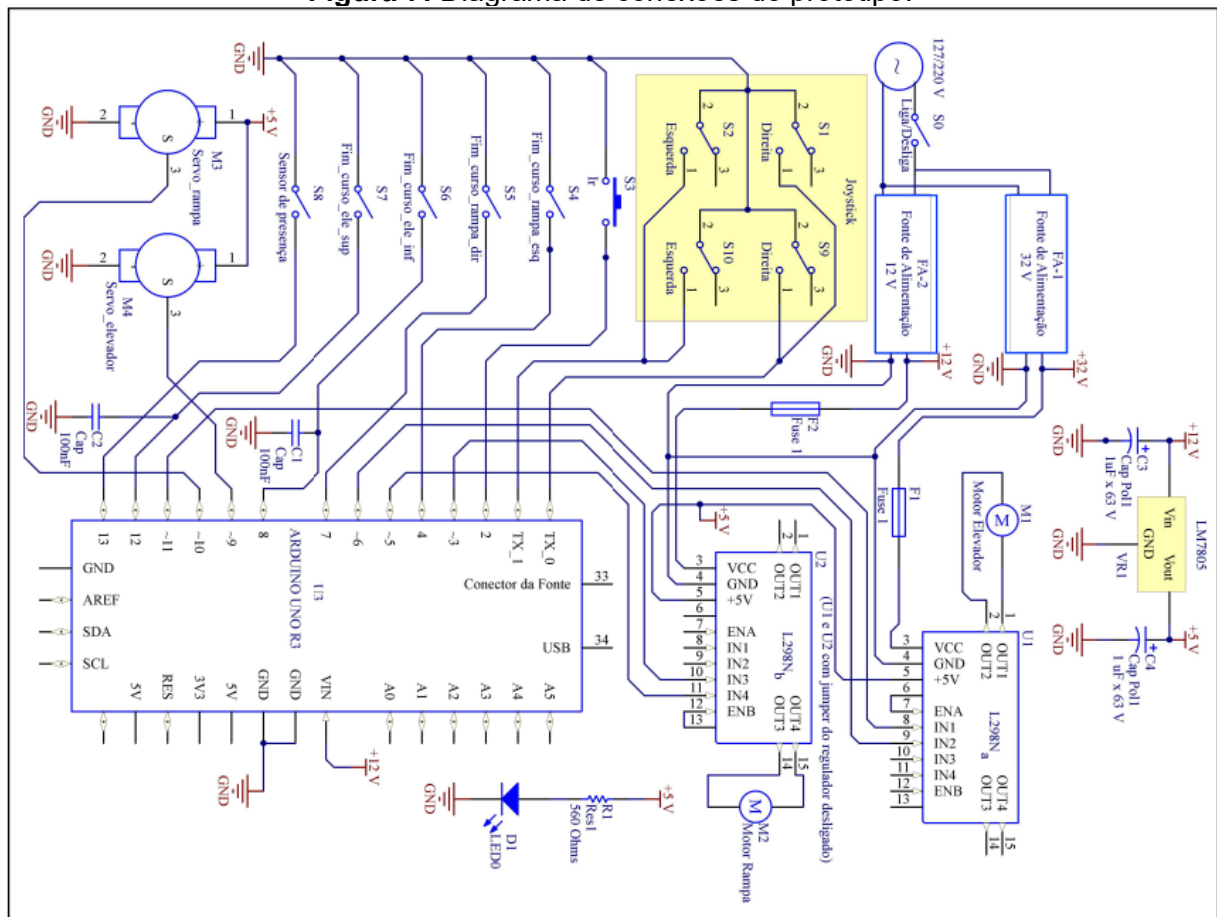
As fontes de alimentação FA-1 e FA-2 são conversores de corrente alternada para corrente contínua daquelas que se conectam na rede elétrica de 127

V ou 220 V e foram aproveitadas de impressoras a jato de tintas antigas. Os fusíveis F1 e F2 foram utilizados para garantir proteção para as placas e motores e possuem os valores de 0,5 A e 1,0 A respectivamente.

O arranjo do regulador de tensão com LM7805 recebe 12 V e os converte para 5 V estabilizados, fornecendo essa tensão para o Led, servomotores e módulos ponte h. Os sensores, botões, servomotores e *joystick* foram conectados diretamente às portas GPIO (*general purpose input output*) da placa Arduino.

A Figura 7 ilustra as conexões elétricas dos componentes. Os botões S1, S2, S9 e S10 são responsáveis pelo controle da posição do carrinho da esfera na rampa, e estão anexados no corpo do *joystick*.

Figura 7: Diagrama de conexões do protótipo.



Fonte: autores.

O botão S3 é do tipo *push-button* normalmente aberto e sua função principal é transmitir o sinal que libera a esfera na rampa.

As chaves de fim de curso S4, S5, S6 e S7 são utilizadas para limitar os movimentos do carrinho da rampa e do elevador da esfera, protegendo os seus respectivos motores. Essas chaves foram posicionadas nas extremidades dos cursos dos mecanismos e conectadas com fios simples de 0,75 mm² sem blindagem. Contudo, deve-se ficar atento se ocorrerem paradas inesperadas dos motores, isso significa que o Arduino está sofrendo interferência eletromagnética, e para contornar esse problema, pode-se utilizar cabos manga com blindagem. Para este projeto, as interferências foram solucionadas com os capacitores C1 e C2 conectados próximos do Arduino e uma programação adicional. A chave S8 é o sensor de presença cuja função é detectar a chegada da esfera na posição de captura e informar ao microcontrolador o momento de acionar o servomotor do elevador.

Dois servomotores foram utilizados, um deles possui a função de capturar a esfera para suspendê-la até a rampa e o outro é responsável por liberar a esfera para descer sobre rampa.

Para este projeto, foi escolhida a placa Arduino Uno R3. O Arduino é composto de hardware e software fáceis de usar e programar. Existem vários modelos (conhecidos como placas). Ele foi criado para os fins de prototipagem e para controlar outros dispositivos. É uma plataforma *open-source* (ou código aberto) que pode ser empregada na leitura de sensores e acionamento de elementos como luzes, motores e portas de garagem. Para programar as placas Arduino é oferecida a Arduino IDE (*integrated development environment* ou ambiente integrado de desenvolvimento) e uma linguagem de programação semelhante ao C (Javed, 2017).

Para energizar o Arduino foi extraída a tensão de 12 V da fonte FA-2, sendo conectada ao terminal Vin da placa Uno R3. Já para os módulos ponte h L298N'a', L298N'b', servomotores e Led0 elaborou-se um arranjo com o componente regulador de tensão LM7805, cuja função foi a de receber 12 V, reduzir e estabilizar a tensão em 5 V, fornecendo potência para os outros elementos do sistema. Tanto o regulador como os dois capacitores C3 e C4 foram soldados em uma placa universal para eletrônica. Conforme indicado na Figura 7, o pino Vin (1) do LM7805 foi conectado ao terminal de 12 V da fonte de alimentação FA-2 e o pino Vout (3) forneceu a alimentação de 5 V. Para facilitar as conexões, foi implementada uma placa de barramentos com duas trilhas de solda, uma de +5 V e outra de terra (ou

GND, abreviação de *ground*), centralizando e distribuindo esses potenciais para os componentes do circuito.

A placa do módulo de ponte h L298N possui dois pinos responsáveis pela ativação do regulador de 5 V soldado em sua placa, cuja função é fornecer energia para o circuito integrado L298N (<https://www.st.com/resource/en/datasheet/l298.pdf>), como está mostrado na Figura 6B. Em ambos os módulos, o *jumper* precisou ser removido para desabilitar o regulador, uma vez que a tensão de alimentação de 5 V foi obtida do arranjo com o LM 7805.

Todos os componentes utilizados estão listados na Tabela 1.

Tabela 1: Lista de componentes na automação.

C1 e C2	Capacitor cerâmico de 100 nF
C3 e C4	Capacitor eletrolítico de 1 uF x 63 V
D1	Led vermelho de 5 mm
F1	Fusível de vidro 6 x 20 mm 1 A
F2	Fusível de vidro 6 x 20 mm 0,5 A
M1	Motor c.c. 32 V 0,5 A
M2	Motor c.c. 12 V 1 A
M3 e M4	Servomotor 9g Tower Pro SG90
R1	Resistor de 560 Ohms x ¼ W
S0	Interruptor do tipo chave gangorra
S1, S2, S9 e S10	Controle do tipo joystick
S3	<i>Push Button</i> normalmente aberto
S4, S5, S6, S7	Chave de fim de curso normalmente aberta com haste
S8	Micro chave aproveitada do sensor de papel de impressora de jato de tinta
U1 e U2	Placa módulo ponte-h L298N para Arduino
U3	Arduino UNO R3
VR1	Regulador de tensão LM7805 To-220
FA-1	Fonte de alimentação de 32 V
FA-2	Fonte de alimentação de 12 V
Fios com pontas para conectar no Arduino	
Porta-fusíveis	
Pinos para conexões de fios	
Placa universal para barramento de +5 V e terra	
Fonte: autores.	

A respeito dos detalhes da programação do Arduino, estes podem ser consultados em Apêndice.

A preparação final

A Figura 8 apresenta o equipamento finalizado, agregando-se uma caixa protetora de madeira com a parte frontal de acrílico transparente incolor, expostos o joystick, o botão e o puxador para controle do experimentador.

Figura 8: Equipamento para interação.



Fonte: autores.

Nela (Figura 8) inclui-se o modelo de texto explicativo aqui estruturado e que deve ser percebido como uma alternativa àquilo anexado no equipamento, fundamentando-se na seguinte descrição dessa atividade de “Conhecimento físico”:

A distância alcançada pela bolinha depende da velocidade com que ela sai do trilho; quanto mais rápido sair, mais longe irá. Já a velocidade depende da altura em que a bolinha é solta; quanto mais alto for solta, mais velocidade terá ao sair do trilho. Isso ocorre porque, quando a bolinha está a certa altura, essa configuração corresponde a uma quantidade de energia chamada potencial. À medida que a bolinha vai descendo, essa energia vai se transformando em energia cinética. Então, se a energia potencial for grande no início (altura grande), a energia cinética será grande no final do trilho (velocidade grande). (Carvalho et al., 1998, p. 163).

Assim preparado, mesmo que sejam raros os acidentes, envolve-se a segurança como atenção principal, considerando os seguintes requisitos de

aparatos interativos: 1) qualquer experimentador, individualmente, deve realizar a demonstração com segurança quando manipular um equipamento, impossibilitando acidentes como por choques elétricos perante inoportuna falha elétrica ou eletrônica, ou, como exemplifica Silva (2015, p. 904), “por contato físico do dedo de uma criança com o ‘volante’ (roda) em alta rotação”; 2) há garantia de êxito da demonstração, cujo funcionamento oferece resultados reproduzíveis; 3) todo equipamento deve encontrar-se protegido contra danos previsivelmente ocasionados por ‘curiosidades’ indesejadas, em razão de eles serem projetados para o manuseio livre dos visitantes, conforme caracteriza Silva (2015, p. 904), “...peças internas apresentam sensibilidade ao toque indevido, e alguém, por esse motivo, poderia entortar um virabrequim, remover um eletroímã e/ou demais peças, isto é, danificar o equipamento”.

Notável na Figura 8, uma identificação para o equipamento deve ser exposta: “O problema da cestinha”, bem como uma orientação de funcionamento com textos explicativos dos fenômenos. Em razão da automatização, frases idealizadas podem ser: “Experimente lançar a bolinha e acertá-la na cestinha (alvo)”; “Manipule o *joystick* conduzindo a esfera na altura desejada de lançamento”; “Movimente o puxador para determinar a distância do alvo (cestinha)”; “Pressione o botão para lançar a bolinha”; “Quando acertar a cestinha, arraste o puxador para trás para liberar a bolinha”. Para estimular tentativas e a reflexão, convém indagações do tipo: “Qual altura da rampa se lança a bolinha para acertar a cestinha na distância escolhida?”; “Consegue acertar em várias distâncias?”; “Quanto maior a altura de lançamento, maior será a distância da cestinha para acertá-la?”; “Quanto maior a altura de lançamento, maior será a velocidade da bolinha no final da rampa?”. Orientações como essas ajudam o início de uma interação com a demonstração perante espontâneas curiosidades sobre o fenômeno, mediante frases em linguagem inteligível ao público alvo. 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” (Silva; Laburú; Zimer, 2019, p. 9-10). Obviamente que cada modelo de texto ou frase pode ser aprimorado a critério do aprofundamento estipulado das explicações científicas pela equipe técnica e pedagógica local, em termos qualitativos ou não.

Considerações finais

Este estudo justificou-se na reunião das seguintes considerações: 1) Pelo destaque da crescente ampliação dos espaços planejados à educação não formal no Brasil nos últimos anos (ABCMC, 2015), com grande parte deles comparativamente classificados de pequeno porte e ainda em fase inicial de desenvolvimento e ampliação de suas atividades interativas (Silva; Laburú; Zimer, 2019); 2) Pelo relato da “quase inexistência de trabalhos que mostram como as exposições e objetos de um museu de ciências são produzidos” (Ferreira, 2014, p 7); 3) e, por consequência, pela sua inserção numa linha de publicações que visam atender essa demanda de propostas de montagens inovadoras e apropriadas a esses ambientes educacionais (Silva; Laburú; Zimer, 2019; Silva; Laburú, 2019; Bravo, 2018; Silva, 2015; Silva; Mathias, 2015).

De modo peculiar, o produto educacional aqui desenvolvido torna-se adequado para os ambientes de educação não formal que mais precisamente são idealizados para crianças, denominados de Museus para Crianças (Valença, 2006), mas que igualmente vem a ser proveitoso aos demais museus e centros de ciências empenhados com atividades interativas dirigidas às crianças. Isto, aliás, mesmo com a avaliação de que essa tipologia de museus voltados para o público infantil ainda se encontre quase inexistente no Brasil (Do Valle, 2019).

Espera-se, portanto, contribuir com as equipes técnicas locais desses espaços educativos, cuja análise pedagógica avalie o interesse por essa experimentação automatizada e viabilizada aos anos iniciais do ensino fundamental, proporcionando sua reprodução e inserção em salões de exposição, logo vindo a expandir seus acervos de atividades interativas destinadas ao público visitante. Nesse contexto, àqueles comprometidos com a educação não formal visando entretenimentos e simulações, 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 pasado al lema ‘prohibido no tocar’, del concepto vitrina se ha evolucionado a la idea de experimento...” (Lubinski, 1998, p. 296). Ainda na perspectiva de aprendizagem por livre escolha, cabe complementar a respeito do seguinte dilema que tais ambientes educacionais enfrentam, qual seja: Como podem se manter como ambientes

reverenciáveis de aprendizado científico ao mesmo tempo que incitam o visitante a decidir por si só quais *exhibits* observar e interagir (Allen, 2007)?

Conforme Allen (2007, p. 44), pesquisas nesse campo indicam a viabilidade de criação de um ambiente de aprendizagem no qual os visitantes estão, simultaneamente, “em um constante estado de livre escolha e em processo de aprendizagem de, pelo menos, algum aspecto da ciência”. Obviamente que, para isso, e pelo grau de dificuldade, deva-se abarcar um programa de pesquisa focado aos detalhes da ‘atmosfera’ onde tal aprendizagem aconteça. Acerca do experimento da Figura 8, o qual compõe juntamente com demais equipamentos desenvolvidos (entre outros comprados) o acervo de *exhibits* do setor de exposição do MCT a que pertencem os autores deste trabalho, a comunidade externa tem interagido com ele já há mais de seis meses. A fim de implantar um espaço de exposições permanentes nesse MCT, o planejamento segue as etapas de: i) construir tais tecnologias e instalá-las provisoriamente; ii) testar o potencial de mobilização dos visitantes à aprendizagem para cada uma delas; iii) para completar, planejar os agrupamentos de exposições com instalações definitivas. Posto isto, um estudo mais aprofundado sobre os detalhes da aprendizagem em cada *exhibit* será deixado para o futuro.

Enfim, pôde-se constatar um acompanhamento coerente com a seguinte orientação: “as crianças podem permanecer por um tempo maior nas exposições, e aprender mais, quando são acompanhadas por um adulto (monitor) que esteja ativamente envolvido nas atividades” (Ahmad et al., 2018, p. 33). Quanto a isto, disponibilizou-se um *link* no final da introdução deste trabalho para acesso a um curto filme do funcionamento do referido aparato em interatividade com alunos dos anos iniciais do ensino fundamental no MCT.

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: 02 de novembro de 2022.

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.

AHMAD, S.; ABBAS, M.Y.; MOHD, W.Z.; MODH, Y.T.; Zafrullah, M. Creating Museum Exhibition: What the public want? **Asian Journal of Behavioural Studies (AjBeS)**, 3(11), p. 27-36, may/jun, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/325679868_Creating_Museum_Exhibition_What_the_public_want. Último acesso: 21/12/2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CENTROS E MUSEUS DE CIÊNCIA (ABCMC). **Centros e museus de ciência do Brasil 2015**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Centros e Museus de Ciência: UFRJ/FCC. Casa da Ciência; Fio Cruz. Museu da Vida, 2015. 312p.

BLUD, L. Social Interaction and Learning Among Family Groups Visiting a Museum. **Museum Management and Curatorship**, v. 9, Edição 1, p. 43-51, 1990a. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0260477990900248>. Acesso em: 6 de maio de 2026.

BLUD, L. Sons and Daughters Observations on the Way Families Interact during a Museum Visit. **Museum Management and Curatorship**, v. 9, Edição 3, p. 257-264, 1990b. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/journal/museum-management-and-curatorship/vol/9/issue/3>. Acesso em: 6 de maio de 2026.

BRAVO, I. D. N. **A física em espaços não formais de ensino: uma proposta de divulgação científica na cidade de São Mateus norte do Espírito Santo**. Dissertação apresentada à Pós-Graduação em Ensino na Educação Básica do Centro Universitário Norte do Espírito Santo – Universidade Federal do Espírito Santo. Requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino na Educação Básica, São Mateus, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufes.br/server/api/core/bitstreams/8922eea3-9a87-46eb-b833-c70bb0dd7e5e/content>. Último acesso: 21/12/2023.

CARVALHO, A. M. P; VANNUCCHI, A. I.; BARROS, M. A.; GONÇALVES, M. E. R.; REY, R. C. **Pensamento e Ação no Magistério - Ciências no Ensino Fundamental: O conhecimento físico**. 1ª edição. São Paulo: Editora Scipione Ltda, 1998.

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).

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. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/anaismp/article/view/5497>. Último acesso: 21/12/2023.

COLOMBO Jr., P. D.; LOURENÇO, A. B.; SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Ensino de Física nos anos iniciais: análise da argumentação na resolução de uma “atividade de conhecimento físico”. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 17, n. 2, p. 489-507, 2012. Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/200/0>. Último acesso: 21/12/2023.

CONSTANTIN, A.C.C. Museus interativos de ciências: espaços complementares de educação? **Interciência**, v. 26, n. 5, maio de 2001. Disponível em: http://www.len.ib.ufu.br/sites/len.ib.ufu.br/files/Anexos/Bookpage/Museus_interativos.pdf. Último acesso: 21/12/2023.

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. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/5035>. Último acesso: 21/12/2023.

DO VALLE, D. D. Análise da missão e dos programas educativos na dimensão do brincar nos espaços interativos do Brooklyn Children’s Museu. **Revista Eletrônica da ABDF**, v. 3, n. 2, p. 27-45, jul/dez, 2019. Disponível em: <https://revista.abdf.org.br/abdf/article/view/11>. Último acesso: 21/12/2023.

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

FERREIRA, G. L. **A interatividade nos museus de ciências: o processo de criação de um artefato museal**. Dissertação aprovada para a obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-graduação em Educação da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia – MG, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/13955/1/InteratividadeMuseusCiencias.pdf>. Último acesso: 21/12/2023.

GASPAR, A. **Museus e Centros de Ciências: conceituação e proposta de um referencial teórico**. Tese (Doutorado, na área de Didática) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993. Disponível em: <https://www.fiocruz.br/brasilliana/media/gaspartese.pdf>. Último acesso: 21/12/2023.

ISZLAJI, C. **A criança nos museus de ciências: análise da exposição mundo da criança do museu de ciência e tecnologia da PUCRS**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências da Faculdade de Educação) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81133/tde-13062012-111917/pt-br.php>. Último acesso: 21/12/2023.

JACOBUCCI, D. F. C. **A formação continuada de professores em centros e museus de ciências no Brasil**. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade de Campinas, Campinas, 2006. Disponível em: https://www.fiocruz.br/brasilliana/media/Tese_Jacobucci.pdf. Último acesso: 21/12/2023.

JAVED, A. **Criando Projetos com Arduino para a Internet das Coisas**. São Paulo-SP: Novatec, 2017.

LUBINSKI, J. W. A favor del conocimiento científico (Los nuevos museos). **Revista Valenciana D'estudis Autonòmics**, n. 23, segundo trimestre, 1998. Disponível em: <https://laboratoriogrecia.cl/wp-content/uploads/2016/04/Jorge-Wagensberg-CL21.pdf>. Último acesso: 6 de maio de 2026.

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. Disponível em: https://www.academia.edu/87364354/Centros_e_museus_de_ci%C3%A2ncia_e_tecnologia. Último acesso: 21/12/2023.

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 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. (Org.). **Diálogos & Ciência: mediação em museus e centros de ciência**. Rio de Janeiro: Museu da Vida, 2007. p. 39-48.

PEREIRA, G. R.; PAULA, L. M.; PAULA, L. M.; SILVA, R. C. Formação continuada de professores dos anos iniciais da educação básica: impacto do programa formativo de um museu de ciência a partir do viés crítico-reflexivo. **Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 19, e2470, 2017. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/24725>. Último acesso: 21/12/2023.

SILVA, O. H. M. Um equipamento interativo tipo *push-button* de uma versão de três pistões de um motor movido a eletroímãs para MCTs e similares. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, p. 902-914, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/287375586_Um_equipamento_interativo_tipo_push-button_de_uma_versao_de_tres_pistoes_de_um_motor_movido_a_eletroimas_para_MCTs_e_similares. Último acesso: 21/12/2023.

SILVA, O. H. M.; LABURÚ, C. E.; CAMARGO, S. Concepção educacional de um museu de ciências: um estudo de caso. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. V. 39, n. 1, p. 34-58, abril, 2022. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/359809458_Concepcao_educacional_de_um_museu_de_ciencias_um_estudo_de_caso. Último acesso: 21/12/2023.

SILVA, O.H.M.; LABURÚ, C.E. Uma montagem de câmara de nuvens por difusão para museus de ciências e laboratórios didáticos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 36, n. 2, p. 514-528, ago. 2019. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/335470684_Uma_montagem_de_camara_de_nuvens_por_difusao_para_museus_de_ciencias_e_laboratorios_didaticos.

Último acesso: 21/12/2023.

SILVA, O. H. M.; LABURÚ, C. E.; ZIMER, T. T. B. Uma proposta de interatividade *hands-on* para MCTs a partir de um equipamento automatizado. **Tear: Revista de Educação Ciência e Tecnologia**, Canoas, v. 8, n. 1, p. 1-15, 2019. Disponível em:

<https://periodicos.ifrs.edu.br/index.php/tear/article/view/3341>. Último acesso:

21/12/2023.

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 Renote** (Novas Tecnologias na Educação), v. 13, n. 1, julho, 2015. Disponível em:

<https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/57648>. Último acesso: 21/12/2023.

STUDART, D. C. Museus e famílias: percepções e comportamentos de crianças e seus familiares em exposições para o público infantil. **História, Ciências, Saúde – Manguinhos**, v. 12 (suplemento), p. 55-77, 2005. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/hcsm/a/8tPLvWr9PSQXGn3JZmvssFk/>. Último acesso:

21/12/2023.

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.

Disponível em:

<https://antigo.periodicos.ufsc.br/index.php/perspectiva/article/view/10763>. Último acesso: 21/12/2023.

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

WAGENSBERG, J. O Museu “Total”, uma ferramenta para a mudança social. In: **Congresso Mundial de Centros de Ciência**, v. 4., 2005, Rio de Janeiro. Anais...

Rio de Janeiro, 2005. p. 1-19. Disponível em:

<https://museudavida.fiocruz.br/4scwc/Texto%20Provocativo%20-%20Jorge%20Wagensberg.pdf>. Último acesso: 6 de maio de 2026.

Apêndice – Programação do Arduino.

```

1 include <Servo.h>
2
3 /* Constantes */
4 #define Direita 0 //pino para controle do motor da rampa para a direita
5 #define Esquerda 1 //pino para controle do motor da rampa para a esquerda
6 #define bot_ir 2 //define o nome do pino 11 para ligar o botão ir
7
8 #define vpwmi_ramp_esq 120 //velocidade de partida do motor da rampa quando move para a
esquerda
9 #define vpwmf_ramp_esq 160 //velocidade final do motor da rampa quando move para a esquerda
10 #define vpwmi_ramp_dir 120 //velocidade de partida do motor da rampa quando move para a
direita
11 #define vpwmf_ramp_dir 140 //velocidade final do motor da rampa quando move para a direita
12 #define g 45 //constante de ajuste da abertura do servomotor ao entregar a esfera para a rampa
13 #define IN1 11 //constante para o pino IN1 da ponte H
14 #define IN2 6 //constante para o pino IN2 da ponte H
15 #define IN3 3 //constante para o pino IN3 da ponte H
16 #define IN4 5 //constante para o pino IN4 da ponte H
17 #define fim_curso_resq 4 //constante para o fim de curso da rampa, esquerda
18 #define fim_curso_rdir 7 //constante para o fim de curso da rampa, direita
19 #define fim_curso_ele_inf 8 //constante para o fim de curso do elevador, inferior
20 #define fim_curso_ele_sup 12 //constante para o fim de curso do elevador, superior
21 #define sensor_presenca 13 //constante para o sensor de presença da esfera
22
23 Servo servo_rampa; //cria um objeto para controlar o servomotor da rampa
24 Servo servo_elevador; //cria um objeto para controlar o servomotor do elevador
25 int sinal = 0;
26
27 /* Protótipos das funções */
28 void esquerda();
29 void direita();
30 void sobe();
31 void desce();
32 void inicio();
33 void erro();
34 void abre(int pos_atual, int pos_final, int veloc);
35 void fecha(int pos_atual, int pos_final, int veloc);
36
37 void setup() {
38   pinMode (Direita, INPUT_PULLUP); //define o pino 0 do arduino como entrada com resistor de
pull_up
39   pinMode (Esquerda, INPUT_PULLUP); //define o pino 1 do arduino como entrada com resistor de
pull_up
40   pinMode (bot_ir, INPUT_PULLUP); //define o pino 2 do arduino como entrada com resistor de
pull_up
41   pinMode (IN1, OUTPUT); //define o pino 11 do arduino como saída para conectar o pino IN1 da
ponte H
42   pinMode (IN2, OUTPUT); //define o pino 6 do arduino como saída para conectar o pino IN2 da
ponte H
43   pinMode (IN3, OUTPUT); //define o pino 3 do arduino como saída para conectar o pino IN3 da
ponte H
44   pinMode (IN4, OUTPUT); //define o pino 5 do arduino como saída para conectar o pino IN4 da
ponte H
45   pinMode (fim_curso_rdir, INPUT_PULLUP); //define o pino 7 do arduino como entrada com resistor
de pull_up
46   pinMode (fim_curso_resq, INPUT_PULLUP); //define o pino 4 do arduino como entrada com
resistor de pull_up

```

```

47 pinMode (fim_curso_ele_inf, INPUT_PULLUP); //define o pino 8 do arduino como entrada com
resistor de pull_up
48 pinMode (fim_curso_ele_sup, INPUT_PULLUP); //define o pino 12 do arduino como entrada com
resistor de pull_up
49 pinMode (sensor_presenca, INPUT_PULLUP); //define o pino 13 do arduino como entrada com
resistor de pull_up
50
51 servo_rampa.attach(10); //configura o pino 10 para o servo_rampa
52 servo_elevador.attach(9); //configura o pino 9 para o servo_elevador
53
54 servo_rampa.write(170); //inicia os servomotores nas posições corretas
55 delay(15); //tempo necessário para atuação do servomotor
56 servo_elevador.write(140);
57 delay(15);
58 desce(); //aciona o motor do elevador para posicioná-lo no ponto de espera
59 servo_elevador.write(105); //comando para o servomotor aguardar a esfera
60 delay(15);
61
62 while (digitalRead(fim_curso_rdir)) //laço while para posicionar o carrinho da rampa à direita
63 {
64 digitalWrite(IN3, LOW);
65 analogWrite(IN4, 150); //150 é o valor do PWM para ativar o motor
na velocidade de giro correta
66 }
67 digitalWrite(IN4, LOW); //freia o motor da rampa
68 digitalWrite(IN3, LOW); //freia o motor da rampa
69
70 while (digitalRead(fim_curso_resq)); //laço while para posicionar o carrinho da
rampa à esquerda
71 {
72 digitalWrite(IN4, LOW);
73 analogWrite(IN3, 160); //160 é o valor do PWM para ativar o motor na velocidade de giro correta
74 }
75 digitalWrite(IN4, LOW); //freia o motor da rampa
76 digitalWrite(IN3, LOW); //freia o motor da rampa
77 }
78
79 void loop() {
80 int j = 0;
81 if (sinal == 0 && digitalRead(bot_ir) == 0) //se o botão ir estiver pressionado ao ligar, executa a
rotina de inicialização
82 {
83 inicio(); //chama a função da rotina de inicialização
84 sinal = 1; //configura a variável para que a rotina de inicialização não atue novamente enquanto o
arduino estiver ligado
85 }
86 sinal = 1;
87 /* Teste se o botão esquerdo for pressionado: */
88 if (digitalRead(Esquerda) == LOW && digitalRead(fim_curso_resq)) esquerda();
89
90 /* Teste se o botão direito for pressionado: */
91 if (digitalRead(Direita) == LOW && digitalRead(fim_curso_rdir)) direita();
92
93 /* Teste de botão para acionar o servo da rampa */
94 if (digitalRead(bot_ir) == LOW); //testa se o botão ir foi pressionado
95 {
96 delay(150); //aguarda um tempo para garantir que o botão foi pressionado
97 if (digitalRead(bot_ir) == LOW); //se o botão ir foi pressionado executa os comandos seguintes:
98 {
99 servo_rampa.write(80); //abre o servo da rampa para a esfera descer

```

```

100 delay(1000); //aguarda 1 segundo
101 servo_rampa.write(170); //fecha o servo da rampa
102 delay(15);
103 while (digitalRead(fim_curso_resq)); //laço while para posicionar o carrinho da rampa à esquerda
104 {
105 digitalWrite(IN4, LOW);
106 analogWrite(IN3, 180); //180 é o valor do PWM para ativar o motor na velocidade de giro correta
107 }
108 digitalWrite(IN4, LOW); //freia o motor da rampa
109 digitalWrite(IN3, LOW); //freia o motor da rampa
110 while (digitalRead(sensor_presenca) == LOW) {} //aguarda a esfera ativar o sensor de presença
111 delay(1000); //delay de 1 segundo após a esfera
ativar o sensor
112 fecha(105, 140, 15); //chama a função para acionar o servomotor do elevador lentamente após
capturar a esfera
113 sobe(); //chama a função para levar a esfera para cima
114 abre(140, 45, 30); //chama a função para acionar o servomotor e entregar a esfera para a rampa,
informando posições inicial, final do eixo do motor e delay
115 delay(1000); //aguarda 1 segundo
116 fecha(45, 140, 5); //chama a função para acionar o servomotor do elevador lentamente após
entregar a esfera
117 desce(); //chama a função para descer o carrinho do elevador
118 abre(140, 105, 5); //chama a função para acionar o servo e aguardar a esfera após o lançamento
do usuário
119 } //end if
120 } //end if
121 } //end loop
122
123 /* DESENVOLVIMENTO DAS FUNÇÕES */
124 void esquerda(); //função para mover carrinho da rampa para a esquerda
125 {
126 digitalWrite(IN4, LOW);
127 int i = 0;
128 for (i = vpwm_i_ramp_esq; i < vpwm_f_ramp_esq; i++) //laço para partida suave do motor
129 {
130 analogWrite(IN3, i);
131 } //end for
132 while (digitalRead(Esquerda) == LOW); //laço para manter o motor acionado na velocidade final
enquanto o botão estiver pressionado
133 {
134 if (digitalRead(fim_curso_resq) == LOW) break;
135 }
136 analogWrite(IN3, 0); //desliga o motor ao acionar a chave de fim de curso
137 } //end esquerda
138
139 void direita(); // função para mover carrinho da rampa para a direita
140 {
141 digitalWrite(IN3, LOW); //IN3
142 int i = 0;
143 for (i = vpwm_i_ramp_dir; i < vpwm_f_ramp_dir; i++) //laço para partida suave do motor
144 {
145 analogWrite(IN4, i);
146 } //end for
147 while (digitalRead(Direita) == LOW); //laço para manter o motor acionado na velocidade final
enquanto o botão estiver pressionado
148 {
149 if (digitalRead(fim_curso_rdir) == LOW) break;
150 }
151 analogWrite(IN4, 0); //desliga o motor ao acionar a chave de fim de curso
152 } //end direita

```

```

153
154 void sobe(); //função para mover o carrinho do elevador para cima
155 {
156 digitalWrite(IN1, LOW);
157 while (digitalRead(fim_curso_ele_sup))digitalWrite(IN2, HIGH); //mantem o motor acionado até
ativar a chave de fim de curso
158 if (digitalRead(fim_curso_ele_sup)); //teste para reduzir o efeito de interferências eletromagnéticas
159 {
160 while (digitalRead(fim_curso_ele_sup))digitalWrite(IN2, HIGH);
161 }
162 digitalWrite(IN1, LOW); //freia o motor
163 digitalWrite(IN2, LOW); //freia o motor
164 }//end sobe
165
166 void desce(); //função para mover o carrinho do elevador para baixo
167 {
168 digitalWrite(IN2, LOW);
169 while (digitalRead(fim_curso_ele_inf))digitalWrite(IN1, HIGH); //mantem o motor acionado até
ativar a chave de fim de curso
170 if (digitalRead(fim_curso_ele_inf)); //teste para reduzir o efeito de interferências eletromagnéticas
171 {
172 while (digitalRead(fim_curso_ele_inf))digitalWrite(IN1, HIGH);
173 }
174 digitalWrite(IN1, LOW); //freia o motor
175 digitalWrite(IN2, LOW); //freia o motor
176 }//end desce
177
178 void abre (int pos_atual, int pos_final, int veloc); //função de três parâmetros para acionar o servo
motor do elevador lentamente
179 {
180 int j = 0;
181 for (j = pos_atual; j > pos_final; j--); //laço for para ativar lentamente
182 {
183 servo_elevador.write(j);
184 delay(veloc);
185 }
186 }//end abre
187
188 void fecha(int pos_atual, int pos_final, int veloc); //função de três parâmetros para ativar o servo
motor do elevador lentamente
189 {
190 int j = 0;
191 for (j = pos_atual; j < pos_final; j++)
192 {
193 servo_elevador.write(j);
194 delay(veloc);
195 }//end for
196 }
197
198 void inicio(); //função utilizada para iniciar a máquina caso ela seja energizada com o botão ir
pressionado
199 {
200 int i = 0;
201 int j = 0;
202 if (digitalRead(fim_curso_resq)); //testa o fim de curso esquerdo da rampa para posicionar o
carrinho à esquerda
203 {
204 digitalWrite(IN4, LOW);
205 for (i = vpwmf_ramp_esq; i < vpwmf_ramp_esq; i++) //laço para partida suave do motor da rampa
206 {

```

```

207 analogWrite(IN3, i);
208 } // end for
209 while (digitalRead(fim_curso_resq)) {}; //laço para manter o motor ativo enquanto o fim de curso
    não é acionado
210 digitalWrite(IN3, LOW); //freia o motor
211 digitalWrite(IN4, LOW); //freia o motor
212 } //end if
213 delay(500);
214 if (digitalRead(fim_curso_ele_inf)); //testa o fim de curso inferior do elevador
215 {
216   desce();
217   abre(140, 105, 15); //chama a função para acionar o servo motor do elevador lentamente
218   servo_rampa.write(80); //ativa o servomotor da rampa e libera a esfera
219   delay(2000);
220   servo_rampa.write(170); //fecha o servo
221   delay(30);
222   while (digitalRead(sensor_presenca) == LOW) {}; //aguarda a esfera acionar o sensor de
    presença
223   delay(500);
224   fecha(105, 140, 15); //chama a função para acionar o servomotor do elevador lentamente após
    capturar a esfera
225   sobe(); //chama a função para levar a esfera para cima
226   abre(140, 45, 30); //chama a função para acionar o servomotor do elevador lentamente e
    entregar a esfera
227   delay(1000); //aguarda um segundo
228   fecha(45, 140, 5); //chama a função para acionar o servomotor do elevador lentamente após
    entregar a esfera
229   desce(); //retorna o carrinho do elevador para baixo
230   abre(140, 105, 5); //chama a função para acionar o servomotor do elevador e aguardar a esfera
231 } else; //caso a garra esteja na posição baixa com a esfera capturada, executa os comandos:
232 {
233   fecha(105, 140, 15); //chama a função para acionar o servomotor do elevador lentamente após
    capturar a esfera
234   sobe(); //chama a função para levar a esfera para cima
235   abre(140, 45, 30); //chama a função para acionar o servomotor e entregar a esfera para a rampa
236   delay(1000); //aguarda um segundo
237   fecha(45, 140, 5); //chama a função para acionar o servomotor do elevador lentamente após
    entregar a esfera
238   desce(); //retorna o carrinho do elevador para baixo
239   abre(140, 105, 5); //chama a função para ativar o servomotor do elevador e aguardar a esfera
240 } //end else
241 } //end inicio
242
243 void erro()
244 {
245   while (1) {}
246 } //end erro

```