

BENGALA ELETRÔNICA PARA PESSOA COM DEFICIÊNCIA VISUAL

Carlos Daniel da Silva Inácio

Giovanni Paschoal Raphael

RESUMO

A independência da Pessoa com Deficiência Visual (PDV) ainda está comprometida, principalmente, pelo complexo trânsito nos centros das cidades. Existem algumas ferramentas projetadas para auxiliá-las na questão de mobilidade, como bengalas, aplicativos, etc. No entanto, em relação a alguns obstáculos de altura localizados acima da cintura do usuário, a bengala se torna ineficiente. O objetivo deste trabalho, por meio de métodos exploratórios de pesquisas e implementações de componentes, foi criar um sistema que possa identificar obstáculos que não podem ser detectados pela bengala. Para tanto, busca respaldo teórico nos principais temas envolvidos. Desta forma, foi desenvolvida uma bengala eletrônica que mantém a estrutura formal da bengala, mas tem a capacidade de emitir alarmes sonoros e vibratórios relacionados a obstáculos de distância detectados por sensores ultrassônicos. Resultados satisfatórios foram obtidos por meio de testes com a bengala eletrônica, principalmente para obstáculos com menos de 80 centímetros de distância. Além disso, a bengala foi implementada com componentes de baixo custo.

Palavras-chave: Deficiência visual, mobilidade, obstáculos, bengala, bengala eletrônica

ELECTRONIC CANE FOR VISUALLY IMPAIRED PERSON

ABSTRACT

The independence of the Visually Impaired Person (VIP) is still compromised, mainly, by the complex traffic in the city centers. There are some tools designed to assist in the issue of mobility, such as walking sticks, applications, etc. However, in relation to some height adjustments above the user's waist, a cane becomes inefficient. The objective of the work, by means of exploratory research methods and component implementations, was to create a system that identifies that they cannot be detected by the cane. Therefore, it seeks theoretical support in the main themes. In this way, an electronic cane was developed that maintains a formal structure of the cane, but has the ability to emit audible and vibrating alarms related to distance tracking detected by ultrasonic sensors. Satisfactory results were obtained through tests with the electronic cane, mainly for research purposes less than 80 centimeters away. In addition, a cane has been implemented with low-cost components.

Keywords: Visual impairment, mobility, obstacles, cane, electronic cane

1 INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, discute-se muito sobre a inclusão, isso porque nossa cultura se impõe aos outros por meio da estética e das normas. Aqueles que são baixos, altos, brancos e não têm deficiência física são requisitos padrão. É nesse contexto que a educação é necessária e imprescindível, pois é por meio dela que podem ocorrer mudanças em nossas percepções (SIMÃO, 2017).

As PDVs e demais deficientes, além das barreiras físicas, também enfrentam barreiras culturais, que as fazem pensar que são impotentes. Por meio do sistema Braille, sistema de

Revista Alomorfia, Presidente Prudente, v. 5, n. 1, 2021, p. 220-234.

escrita tátil utilizada por PDVs, a educação inclusiva permitirá que os alunos se comuniquem e se socializem com outros alunos.

O Braille permite que os alunos leiam e escrevam independentemente, o que facilita a comunicação e o acesso às informações (OTSUKA, 2010). A autoestima é parcialmente perdida após a cegueira, porém a inclusão das PDVs com escolaridade leva ao seu aumento. Por esses motivos, é necessária a formação de profissionais nas redes públicas e privadas de ensino.

Devido ao grande número de PDVs, a segurança é maior se estiverem equipadas com instrumentos que as ajudem a se movimentar com mais facilidade. Para isso, a bengala eletrônica será um meio muito útil, pois ela seria a "visão" para elas (ADEVA, 2016).

O desenvolvimento de dispositivos que utilizam sensores, sistemas de som e vibradores para identificar objetos por meio de som e vibração pode diminuir os problemas acima.

Desde a realização de pequenas tarefas até a realização de tarefas mais complexas, a bengala eletrônica pode proporcionar comodidade ao dia a dia de quem a utiliza, além de proporcionar maior segurança ao utilizá-la, pois o aparelho não falha na localização de objetos próximos do usuário.

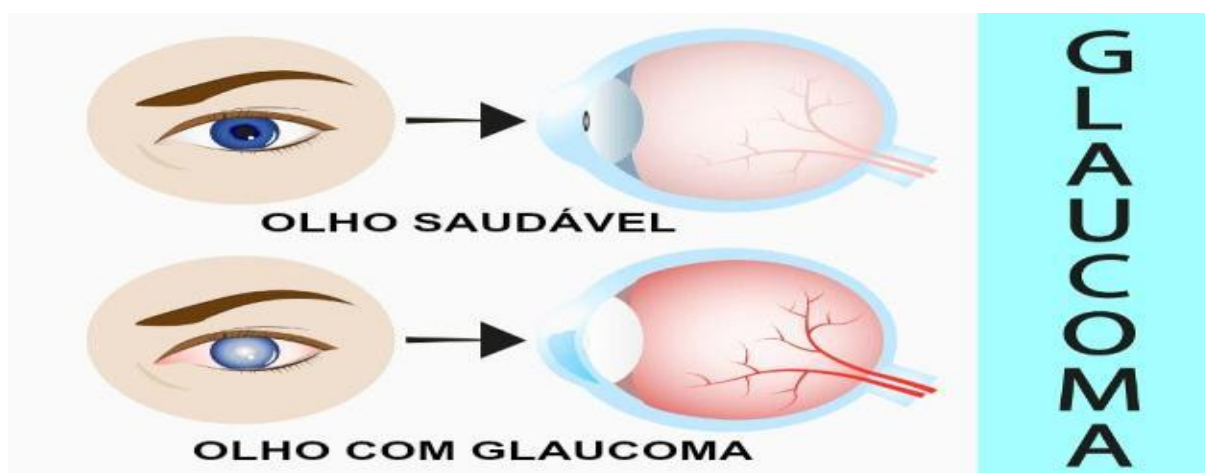
O objetivo do projeto da bengala eletrônica foi utilizar os sensores de distância e motores de vibração para melhorar o dia a dia das PDVs. Para isso foi necessário identificar qual o nível de cegueira mais comum, e analisar o seu cotidiano. Também aprofundar o conhecimento sobre a arquitetura dos componentes da bengala eletrônica e verificar se a bengala eletrônica é capaz de tornar a vida do usuário mais fácil.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Deficiência visual

O termo "deficiência visual" refere-se a uma condição irreversível de visão reduzida. Nesta categoria, existem duas formas de ser considerado deficiente, uma é nascer com a deficiência visual e a segunda é uma deficiência vitalícia, por meio de um acidente (ABREU, 2009). Pessoas com esses problemas tendem a perder a autonomia de realizar as tarefas diárias, porém as pessoas com visão saudável não possuem esses problemas, conforme mostrado na Figura 1.

Figura 1 – Contraste de visão normal e visão com deficiência



Fonte: Pantaleão, 2017.

A socialização dos indivíduos interfere na produção de diferentes conhecimentos. São eles: a internet, o nível familiar, o nível político e a globalização. O idioleto é o estágio de aprendizagem individual da linguagem social. Ele começa com o ruído inerente à habilidade dos humanos de produzir sons para se comunicar. Quando a PDV tenta reconhecer o ambiente, o aprendizado da linguagem e do ruído é realizado por meio de outras percepções. A audição e outros órgãos sensíveis tornaram-se mais nítidos e adaptados aos círculos de comunicação (ABREU, 2009).

As primeiras PDVs foram capacitadas para atuar na área de informática e foram reconhecidas pela empresa, o que aconteceu por volta de 1970. Os computadores e seus periféricos (scanners e impressoras) possibilitaram a realização de algumas atividades como imprimir textos em Braille (SIMÃO, 2017). As PDVs também utilizam várias bengalas, como a bengala tradicional, que é feita de madeira ou alumínio, sendo de custo menor e leve. As bengalas de madeira devem ser feitas pelo tamanho do paciente, já as de alumínio são ajustáveis.

A questão de mobilidade das PDVs é algo fundamental para discussão, pois mobilidade significa ir de um lugar para o outro sem muitas complicações, como por exemplo, o simples fato de sair de casa e ir ao supermercado; porém isto é extremamente complexo para uma PDV, ainda mais se não houver qualquer tipo de instrumento para ajudar em sua mobilidade, como um carro. Andar pelas ruas e enfrentar o complexo trânsito das cidades sem estar acompanhada é um alto risco (PEREIRA, 2018). Deste modo, para que a sociedade não seja indiferente com as PDVs, foram criadas as leis e as normas que as permitem receber uma reabilitação.

Foi adotado pelos estados membros (agências especializadas de saúde) da Organização Mundial da Saúde (OMS) na Assembleia Mundial da Saúde de 2013 em 7 de abril de 1948 a Saúde Ocular Universal, que é um plano de ação global para 2014-2019. O objetivo do plano é reduzir a deficiência visual como um problema de saúde pública global e garantir que estes tipos de deficientes recebam serviços de reabilitação (BOURNE, 2017).

A Classificação Internacional de Mortes (CID) define todo o campo de doenças, enfermidades, lesões e outras condições de saúde relacionadas; permite comparar dados em um mesmo local em momentos diferentes, compartilhando e comparando informações de saúde entre qualquer hospital, região, ambiente e país, e o mais importante, define o grau de deficiência de uma pessoa.

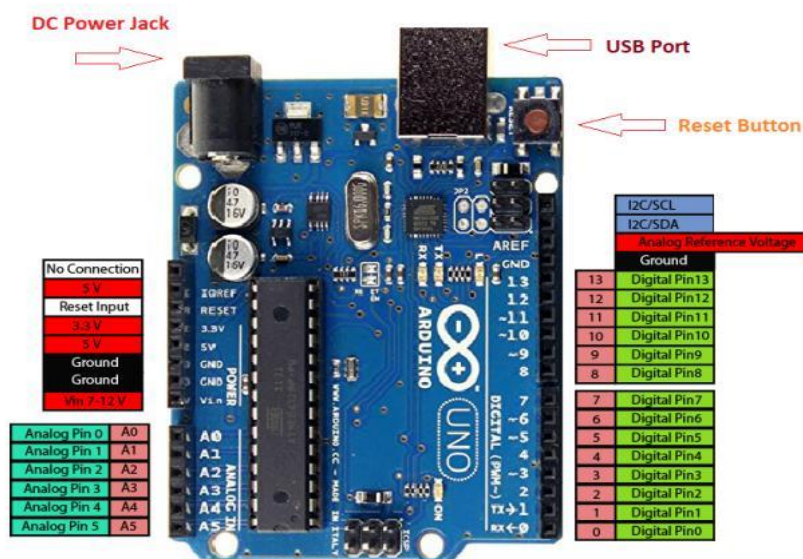
Em 1999 foi criada a Lei Federal nº 1 3298/99, esta lei garante os direitos legais de todas as PDVs em terras brasileiras em educação, saúde, lazer, trabalho, esporte, turismo, transporte, edifícios públicos, habitação, cultura e assim por diante. Para ajudar a garantir que as PDVs recebam os serviços de reabilitação, o Arduino, por meio de uma gama de possibilidades, oferece a chance de se criar equipamentos que possam ajudar no seu cotidiano.

2.2 Arduino

O Arduino é uma Placa de Circuito Impresso (PCI), que contém em sua composição vários microcontroladores de 8 bits, como por exemplo, o ATMEL ATMEGA328 e ATMEL ATMEGA16U2, que faz com que o Arduino se torne bem semelhante a um computador, no qual os usuários podem programá-lo para controlar toda a entrada e saída de energia para interagir com quaisquer componentes externos.

O programa enviado para o Arduino, por meio da linguagem de programação C/C++, será gravado e pode ser executado sem um computador (ARDUINO, 2019), conforme a Figura 2 mostra.

Figura 2 - Detalhamento do Arduino Uno



Fonte: Elaborado pelos autores

O Arduino pode ser alimentado com energia por meio da entrada DC PJ nesta entrada é altamente recomendável a voltagem estar entre 7 e 12. Esta energia passa por um regulador de tensão que a transforma em 5 volts, que é compatível com a tensão de funcionamento da placa. A alimentação também poder ser recebida por meio de uma conexão USB diretamente em um computador, elimina assim, a necessidade de um regulador.

A entrada e saída do Arduino (I/O) é dividida em pinos, separados pelos do tipo analógico e do tipo digital. De todos estes pinos, 14 podem ser utilizados como a entrada e a saída digital, como também 6 pinos como entrada analógica.

3 METODOLOGIA

Para alcançar todos os objetivos do trabalho, foi realizada uma pesquisa aplicada com objetivo exploratório, desenvolveu um projeto experimental, de caráter construtivo. Para comprovar a viabilidade da bengala, foram realizadas análise e testes de forma qualitativa aplicados no processo de construção da bengala eletrônica. Os testes foram separados nas seguintes categorias: componentes, equipamento, usabilidade, ergonomia e ambiente.

Com o intuito de realizar comparações, foram investigadas diversas bengalas eletrônicas por meio de uma pesquisa: a de Alessandro Alessi, Ivan dos Passos e Jäder André Lourenço Ribeiro, alunos da universidade tecnológica federal do Paraná em Curitiba (ALESSI, PASSOS e RIBEIRO, 2010); a de Henrique Venâncio Schutt de Almeida e Diogo Rigolon, alunos da

universidade tecnológica federal do Paraná em Ponta Grossa (ALMEIDA e RIGOLON, 2016) e a de Alessandro Cardozo Bueno, aluno da universidade Positivo em Curitiba (BUENO, 2010), conforme o Quadro 1.

Quadro 1 - Comparação entre as bengalas eletrônicas

	(ALESSI, PASSOS e RIBEIRO, 2010)	(ALMEIDA e RIGOLON, 2016)	(BUENO, 2010)	AUTORES
Amplificador	1 Amplificador 741, preço médio R\$18,49			
Acelerômetro		1 Acelerômetro MMA7361, preço médio R\$42,90		
Microcontrolador		1 Arduino Uno, preço médio R\$23,70	1 Microcontrolador MSP430F1232, preço médio R\$67,67	1 Arduino Uno, preço médio R\$23,70
Sensor	1 Sensor ultrassom LV-MaxSonar-EZ1, preço médio R\$157,41	1 sensor ultrassônico HC-SR04, preço médio R\$12,90	2 Transceptores de ultrassom (Max Sonares), preço médio R\$86,35 cada	1 sensor ultrassônico HC-SR04, preço médio R\$12,90
Som			2 <i>Buzzers</i> , preço médio R\$3,90 cada	1 <i>Buzzer</i> , preço médio R\$3,90
Temporizador	1 Temporizador 555, preço médio R\$1,20			
Vibração	1 Motor vibratório de controle de Playstation 2, preço médio R\$23,75	1 Motor de vibração PWM, preço médio R\$14,90	2 Micromotores elétricos de celular, preço médio R\$ 25,00 cada	Módulo Motor Vibracall MV50, preço médio R\$ 12,99
Diferencial Positivo	Alta vibração, sinais amplificados	Sinais rápidos	Ótima performance, muito precisa	Baixo custo, bengala leve
Diferencial Negativo	Custo alto, bengala médio peso	Médio custo, vibração fraca	Muito cara, bengala pesada	Som e Vibração emitidos juntos
Total	R\$200,85	R\$94,40	R\$298,17	R\$53,49

Fonte: Elaborado pelos autores

Com base na comparação realizada no Quadro 1, pode-se observar que as bengalas eletrônicas mais caras foram a de (BUENO, 2010) com o custo de R\$298,17 e a de (ALESSI, PASSOS e RIBEIRO, 2010) com o custo de R\$200,85; as outras duas possuem o custo mais

baixo, sendo a de (ALMEIDA e RIGOLON, 2016) custando R\$94,40 e, finalmente, a dos autores com o custo mais baixo de R\$53,49.

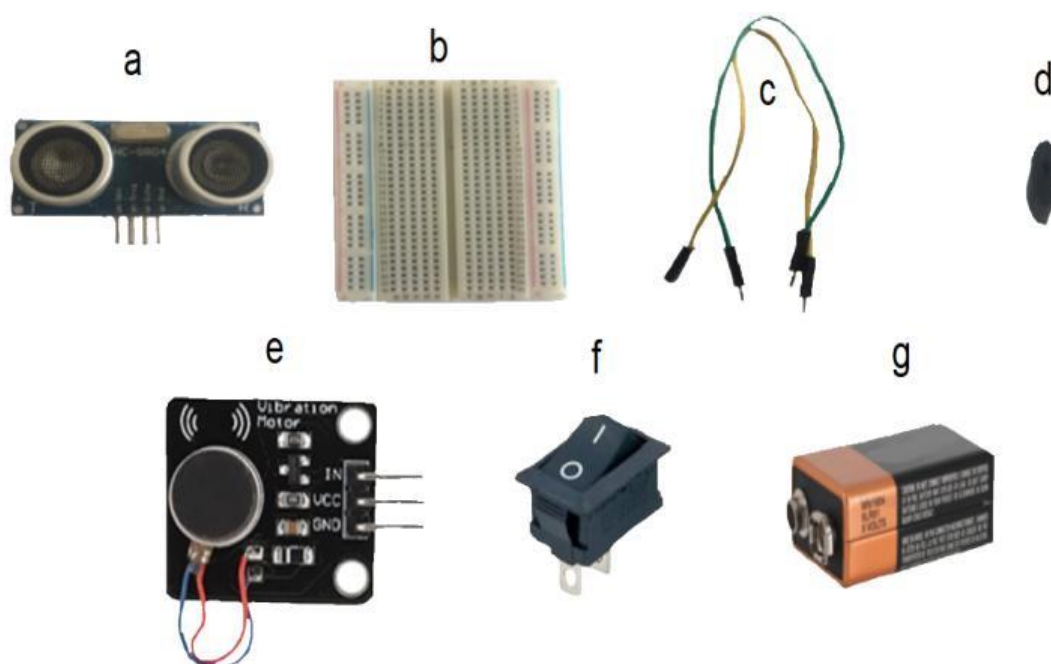
Os componentes da bengala eletrônica do presente trabalho foram definidos de acordo com as principais necessidades da PDV, relacionando tanto o som, emitido pelo *buzzer*, quanto a vibração, emitida pelo motor de vibração, para que os requisitos de melhor direcionamento sejam atendidos – audição e tato. Além disso, todos os componentes foram escolhidos para se contruir uma bengala eletrônica com o menor custo possível.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Arquitetura dos componentes

Todos os materiais que foram utilizados para concretizar a bengala eletrônica foram: Arduino Uno, sensor ultrassônico HC-SR04, *protoboard*, jumpers macho-macho, *buzzer* passivo, motor de vibração, chave gangorra, bateria 9V e cabo de madeira. Pode-se observar os componentes na Figura 3.

Figura 3 - Componentes



Fonte: Elaborado pelos autores

O sensor ultrassônico HC-SR04, conforme a Figura 3a mostra, pode identificar objetos em sua área de direção e determinar a distância entre o sensor e o objeto. O princípio de funcionamento é muito simples, ele envia ondas ultrassônicas por meio de um transmissor, e

essas ondas ultrassônicas retornam ao objeto e são captadas pelo receptor (FILIPEFLOP, 2015). O cálculo da distância é baseado no tempo gasto entre a transmissão e a recepção das ondas de rádio. O sensor ultrassônico HC-SR04 possui, no total, quatro pinos: 1 VCC, 1 TRIG, 1 ECHO e 1 GND.

Há uma base de plástico na superfície do *proto-board*, conforme a Figura 3b mostra, com dezenas de orifícios para a montagem dos componentes. Em sua parte inferior são instalados contatos metálicos que interligam eletricamente os componentes inseridos na placa. Eles geralmente suportam correntes de 1 A a 3 A.

Os pinos do jumper, conforme a Figura 3c mostra, estão dispostos lado a lado e são chamados de "blocos de ponte". Cada grupo tem pelo menos um par de pinos. Uma pequena parte condutora de tamanho apropriado é conectada ao pino para fechar o circuito. Jumpers são condutores elétricos, geralmente encapsulados por blocos de plástico isolantes. Isso evita o risco de fechamento acidental do jumper e curto-circuito (principalmente quando o jumper cai em um circuito em funcionamento) (VIDA DE SILÍCIO, 2020).

O *buzzer*, também conhecido como campainha, conforme a Figura 3d mostra, é uma espécie de dispositivo que emite sinais de áudio, ele pode ser mecânico, eletromecânico ou piezoelétrico. Os usos mais comuns desse tipo de *buzzer* podem ser incluídos em dispositivos de alarme, cronômetros e até mesmo confirmação de entrada do usuário em algum local, como por exemplo, clicar com o mouse ou tecla (ARDUINO, 2019).

O módulo do motor Vibracall MV50, também conhecido como motor de vibração, conforme a Figura 3e mostra, é uma escolha inteligente para se utilizar no desenvolvimento de projetos Arduino. Este tipo de micromotor também é chamado de motor de vibração e foi montado em uma placa de circuito impresso. Além dos dois orifícios para fixação, a placa de circuito impresso também é fornecida com três pinos de conexão. O motor de vibração responde à tensão, ou seja, enquanto estiver ligado e receber um sinal adequado do Arduino, ele vibrará (USINAINFO, 2013).

Para que a chave gangorra realmente funcione, conforme a Figura 3f mostra, o contato elétrico deve ser feito por meio de seus terminais, e cada terminal é responsável pelas cargas positivas e negativas de determinados jumpers ou cabos gerais. Portanto, quando a chave gangorra é pressionada, como um botão, a carga pode ou não ser liberada.

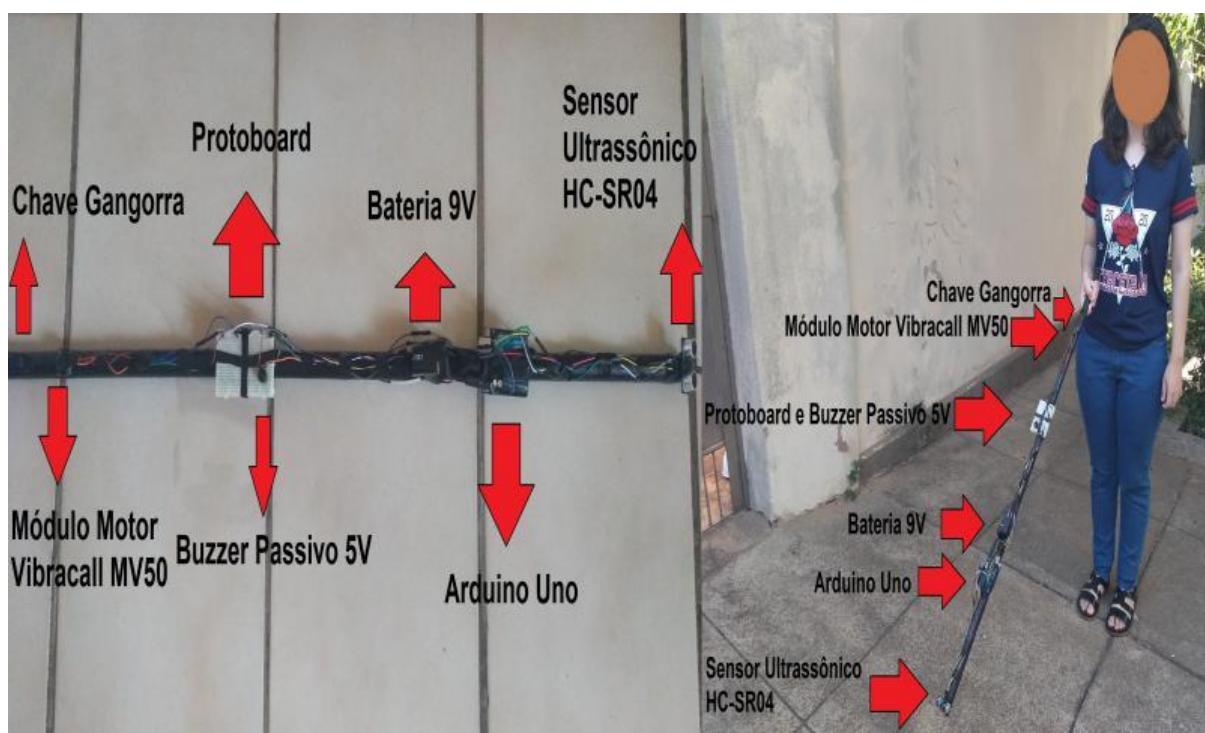
A bateria de 9V, conforme a Figura 3g mostra, é geralmente utilizada na reação química primária de zinco e álcali de carbono, na reação química de dissulfeto de ferro e lítio primário e na forma recarregável de níquel cádmio, hidreto de metal de níquel e íon de lítio. As baterias de óxido de mercúrio deste formato já foram muito comuns e não são produzidas há muitos

anos devido ao seu conteúdo de mercúrio. Além disso, uma bateria de 9V pode ser utilizada para alimentar a placa Arduino por meio do adaptador de entrada positiva / negativa do microcontrolador (FORUM, 2016).

4.2 Bengala Eletrônica

Conforme mostrado na Figura 4, a bengala eletrônica possui um sensor ultrassônico HC-SR04 em sua parte inferior, este sensor envia e recebe sinais ultrassônicos, por meio do *protoboard*, para o Arduino. O sinal é captado na placa e de acordo com a força do sinal, ela também aciona o *buzzer* e aciona o motor de vibração para vibrar de acordo com a força do sinal. A chave gangorra serve para ligar e desligar a placa Arduino; se a bengala eletrônica emitir um bipe e vibrar, significa que está ligada.

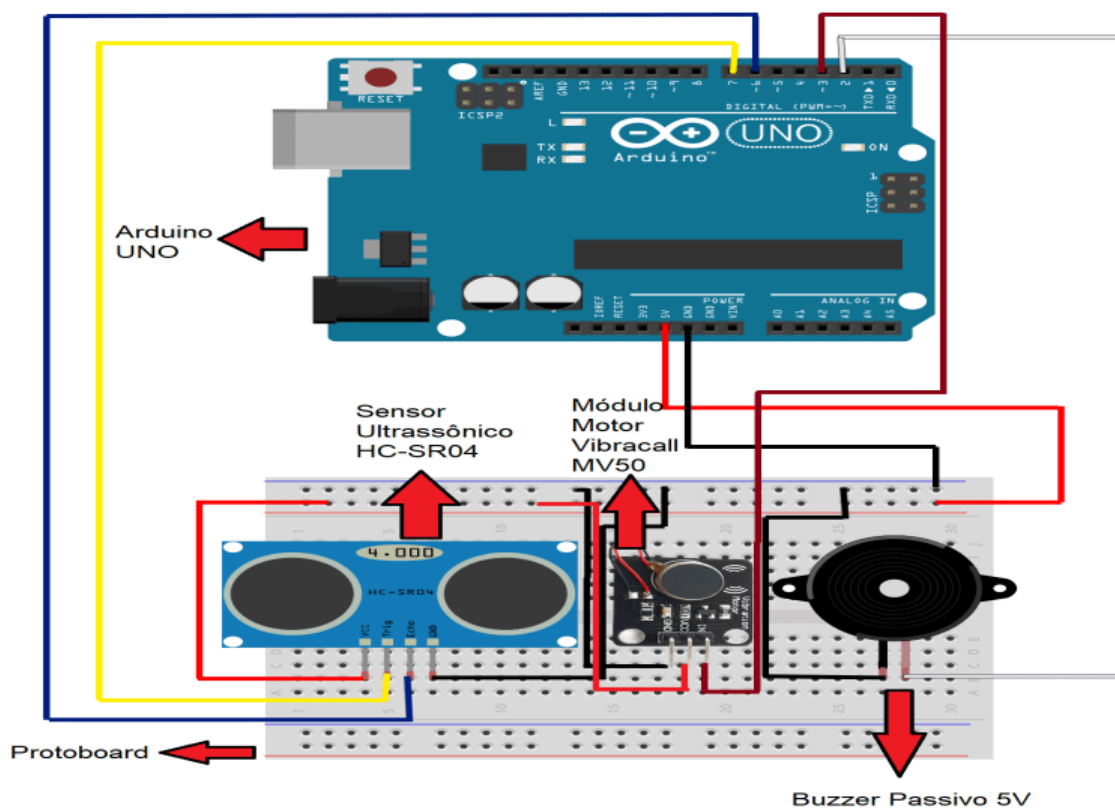
Figura 4 - Bengala eletrônica



Fonte: Elaborado pelos autores

Desta forma, é possível desenvolver um diagrama de montagem, conforme mostrado na Figura 5, que mostra claramente todos os componentes eletrônicos e suas conexões. O layout foi projetado utilizando softwares como o Protheus Professional 8 e o Arduino IDE (interface). Para melhorar a aparência do diagrama, foi utilizada a biblioteca "simulino" do Protheus.

Figura 5 - Diagrama de montagem



Fonte: Elaborado pelos autores

4.3 Funcionamento da bengala

Devido a sua ampla gama de possibilidades, o uso do Arduino em projetos é muito grande, em eletrônica, robótica, automação, etc. Deve-se observar que o Arduino não executa o projeto sozinho, normalmente requer sensores, motores de vibração, fontes de alimentação e cargas para acioná-lo.

Bengalas eletrônicas ou bastões de articulação são utilizados pela maioria das PDVs. Seu funcionamento é muito prático, mas requer treinamento, a pessoa pode sentir a superfície à sua frente com o toque.

Portanto, o objetivo do desenvolvimento do projeto da bengala eletrônica foi proporcionar maior acessibilidade às PDVs, pois, por exemplo, não precisam mais se preocupar com a perda de autonomia ao andar na calçada. O projeto consiste, basicamente, em uma placa Arduino, sensor ultrassônico, motor de vibração e *buzzer*.

Esses comandos são utilizados para estabelecer conexões entre a placa Arduino, sensores, motor de vibração e *buzzer*; a base de conhecimento do Arduino é necessária para codificar adequadamente o projeto.

Além da biblioteca Arduino, existem outras funções. Por exemplo, o sensor ultrassônico pode liberar comandos para controlar a distância entre um objeto e outro (FILIPEFLOP, 2015), e a biblioteca do *buzzer* pode liberar comandos para emitir um determinado som quando o objeto se aproxima (COMPONENTES101, 2017).

Os componentes podem ser vistos, e até mesmo comprados, por meio do manual do Arduino (documento). Por meio deste manual, muitas informações podem ser consideradas como a relação entre equipamentos, amostras, aplicações, suporte e treinamento para cada tipo de componente (MICROCHIP, 2014).

A programação da bengala eletrônica foi escrita com a linguagem C ++. Deste modo, foram interligados o sensor ultrassônico HC-SR04 com o Arduino Uno, o *buzzer* e o motor de vibração.

4.4 Análise e Testes da Bengala Eletrônica

Para verificar a veracidade do funcionamento da bengala, foram realizados os testes de qualidade e de pesquisa em PDVs; o primeiro foi o teste de componentes, para verificar se algum componente interferia no manuseio da bengala eletrônica; o segundo foi o teste de equipamento, para averiguar se a bengala eletrônica estava funcionando corretamente; o terceiro teste foi o de experiência por parte das PDVs, a fim de analisar se haveria diferença de sentidos do tato ao segurar uma bengala eletrônica ao invés de uma bengala tradicional; e, por fim, o teste de ergonomia, que foi comprovado que, além da posição dos componentes para garantir a estabilidade de peso, a bengala também possui ergonomia suficiente para o uso a longo prazo.

Além disso, foram realizados testes de usabilidade e ambiente. Os testes de usabilidade para verificar se a bengala eletrônica conseguiu detectar os obstáculos a 80 centímetros de distância e se o portador reagiu a tempo para se desviar; estes testes foram comprovados serem verídicos pela pesquisa de campo realizada nas PDVs, a bengala detectou os obstáculos e o portador conseguiu desviar dos obstáculo. E, por fim, os testes de ambiente para verificar se a bengala eletrônica conseguiu detectar os obstáculos acima ou abaixo das PDVs e se em período de chuva afetou o seu funcionamento; os testes comprovaram que apenas se detectou objetos abaixo das PDVs e que a bengala não funcionou corretamente em periodos de chuva.

Deste modo, foram obtidos os seguintes resultados a respeito da bengala eletrônica: os componentes não interferiram no seu manuseio; a bengala eletrônica funcionou corretamente ao ligar e desligar por meio da chave gangorra, *buzzer* e motor de vibração; as PDVs não sentiram diferença de tato entre a bengala eletrônica e a bengala tradicional, o que comprovou

que a bengala eletrônica é capaz de substituir a antiga bengala sem a notação de diferença por parte do portador; e, por último, a bengala eletrônica não fez com que as PDVs sentissem dor na mão e no pulso ao segurar a bengala por um longo prazo. No apêndice estão contidas todas as perguntas relacionadas ao uso da bengala eletrônica pelas PDVs (APÊNDICE I).

5. CONCLUSÕES

No processo de desenvolvimento da pesquisa, além de todos os conteúdos relacionados à bengala eletrônica, todos os resultados esperados foram alcançados. Eventualmente, as PDVs poderão contar com a tecnologia de bip e vibração para se moverem com mais facilidade.

Verificou-se que o atual nível de cegueira da maioria das pessoas que possuem qualquer tipo de doença relacionada à deficiência visual, no mundo, é o de moderadamente comprometido (ABREU, 2009).

As PDVs enfrentam tantas dificuldades, seja no estudo, no trabalho, no lazer ou pela tecnologia, que encontraram uma saída, precisam de recursos para interagir e conseguir sua integração social.

Com o desenvolvimento da tecnologia, surgiram leitores de tela entre a criação e a implementação de softwares, por meio dos quais as PDVs podem utilizar computadores e telefones celulares para auxiliar no estudo e na comunicação. Porém, ainda existem lacunas que dificultam a inclusão digital, como acessibilidade insuficiente de aplicativos e sites, falta de descrição sonora em imagens, falta de audiodescrição em filmes, etc., que afetam diretamente as relações de trabalho e são principalmente de pesquisa (BOURNE, 2017).

A cada dia que se passa a tecnologia continua a evoluir, assim foram desenvolvidas várias soluções para resolver esses problemas: aplicativos que podem ajudar essas pessoas no seu dia a dia, como reconhecedores de notas, digitalização e criação de arquivos de texto editáveis (OCR) para digitalização, ônibus e vários acessórios simplificam muito a rotina.

Atualmente, as pessoas vivenciam o momento de integração das PDVs, discussões acaloradas têm ocorrido, nos quais tanto as pessoas com deficiência visual quanto os outros tipos deveriam ter melhores condições de participação na sociedade, e usufruir de seus direitos e obrigações.

Deste modo, a bengala eletrônica conseguiu resolver a falta de acessibilidade e mobilidade, por meio dos bips e motores de vibração, que foram encontrados pelas PDVs, além de se conseguir construir uma bengala eletrônica que tanto atende às necessidades de locomoção, também possui um baixo custo.

REFERÊNCIAS

ABREU, Fagner. **Deficiência visual e modelos de inclusão**. 2009. Disponível em: <<http://www.overmundo.com.br/overblog/deficiencia-visual>>. Acesso em: 26 out. 2019.

ADEVA. **Bengala eletrônica tem protótipo nacional**. 2016. Disponível em: <https://www.adeva.org.br/fiquepordentro/detalhe_noticia.php?registro=271&cat=>>. Acesso em: 17 abr. 2020.

ALESSI, A.; PASSOS, I.; RIBEIRO, J. A. L. **Bengala eletrônica via sensor ultrassom**. 2010? Disponível em: <<http://paginapessoal.utfpr.edu.br/msergio/portuguese/ensino-de-fisica/oficina-de-integracao-ii/oficina-de-integracao-ii/Monog-10-1-Bengala-eletronica.pdf>>. Acesso em: 01 mar. 2020.

ALMEIDA, H. V. S.; RIGOLON, D. **Projeto de equipamento sensorial para orientação e mobilidade de deficientes visuais**. 2016. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/7625/1/PG_COELE_2016_2_01.pdf>. Acesso em: 01 mar. 2020.

ARDUINO. **IDE oficial do Arduino**. 2019. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Main/Software>>. Acesso em: 28 set. 2019.

BOURNE, R. R. et al. **Magnitude, tendências temporais e projeções da prevalência global de cegueira e distância e comprometimento da visão de perto: uma revisão sistemática e metanálise**. 2017. Disponível em: <[https://www.thelancet.com/journals/langlo/article/PIIS2214-109X\(17\)30293-0/fulltext#%20](https://www.thelancet.com/journals/langlo/article/PIIS2214-109X(17)30293-0/fulltext#%20)>. Acesso em: 28 set. 2019.

BUENO, A. C. **Bengala Eletrônica para Deficientes Visuais**. 2010. Disponível em: <<https://www.up.edu.br/blogs/engenharia-da-computacao/wp-content/uploads/sites/6/2015/06/2010.1.pdf>>. Acesso em: 01 mar. 2020.

COMPONENTES101. **Campinha passiva ativa**. 2017. Disponível em: <<https://components101.com/buzzer-pinout-working-datasheet>>. Acesso em: 28 set. 2019.

FILIFELOP. **GitHub – filipeflop / Ultrasonic: Biblioteca Sensor Ultrassonico HC-SR04**. 2015. Disponível em: <<https://github.com/filipeflop/Ultrasonic>>. Acesso em: 28 set. 2019.

FORUM CIFRA CLUB. **Solução bateria 9V recarregável com o mesmo tempo de uso da Duracell**. 2016. Disponível em: <<https://forum.cifraclub.com.br/forum/9/325931/>>. Acesso em: 01 mar. 2020.

INÁCIO, C. D. D. S.; RAPHAEL, G. P. **LinkedIn dos Autores**. 2019. Disponível em: <<https://www.linkedin.com/in/carlos-daniel-da-silva-in%C3%A1cio-9ab823191/>> <<https://www.linkedin.com/in/giovanni-paschoal-29919912a/>>. Acesso em: 17 abr. 2020.

MICROCHIP. **Datasheet completo sobre Arduino**. 2014. Disponível em: <<https://www.microchip.com/>>. Acesso em: 28 set. 2019.

OTSUKA, D. **Braile – sistema de escrita e leitura para deficientes visuais**. 2010. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/portugues/braile/>>. Acesso em: 26 out. 2019.

PANTALEÃO, E. **Glaucoma – Causas, Prevenção e Tratamento**. 2017. Disponível em: <<https://www.dr pantaleao.com.br/tratamentos/glaucoma-causas-prevencao-e-tratamento/>>. Acesso em: 18 mar. 2021.

PEREIRA, S. R. C. **Orientação e Mobilidade para Cegos: relevância do atendimento desde a infância até a universidade**. 2018. Disponível em: <<https://institutoitard.com.br/orientacao-e-mobilidade-para-cegos-relevancia-do-atendimento-desde-infancia-ate-universidade/>>. Acesso em: mar. 2021.

SIMÃO, L. V. P. **Educação para deficientes visuais: Um processo de inclusão**. 2017. Disponível em: <<https://institutoitard.com.br/educacao-para-deficientes-visuais-um-processo-de-inclusao/>>. Acesso em: 17 abr. 2020.

USINAINFO. **Módulo Motor Vibracall MV50**. 2013. Disponível em: <<https://www.usinainfo.com.br/micromotores-e-motores/modulo-motor-vibracall-arduino-mv50-para-projetos-5486.html>>. Acesso em: 30 mar. 2020.

VIDA DE SILÍCIO. **Protoboard e Jumpers**. 2020. Disponível em: <<https://www.vidadesilicio.com.br/acessorios-e-ferramentas/protoboard-e-jumpers>>. Acesso em: 01 mar. 2020.

APÊNDICE I

Usabilidade

- 1) A bengala eletrônica consegue detectar obstáculos a uma distância adequada?
- 2) O deficiente visual segurando a bengala eletrônica, ouvindo os bips e sentindo as vibrações, consegue reagir ao obstáculo à frente?

Ergonomia

- 3) O deficiente visual consegue segurar a bengala eletrônica com alguma dificuldade?
- 4) A bengala eletrônica possui tamanho adequado?

Ambiente

- 5) A bengala eletrônica consegue detectar os obstáculos que estão abaixo do deficiente visual, como por exemplo o degrau do fim de uma rua?

- 6) Em dias de ventos fortes ou de chuva, o deficiente visual consegue utilizar a bengala eletrônica com alguma dificuldade?