

## DESENVOLVIMENTO DE DISPOSITIVO ELETRÔNICO PARA AUXÍLIO NA LOCOMOÇÃO DE PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL

**Aliny Garcia Nunes**<sup>1</sup>

Graduanda em Engenharia Eletrônica - IFSP SP

**Francisco Werbes de Lima**<sup>2</sup>

Graduando em Engenharia Eletrônica - IFSP SP

**Matheus Serafim**<sup>3</sup>

Graduando em Engenharia Eletrônica - IFSP SP

**Ricardo Pires**<sup>4</sup>

Doutor em Sistemas Automáticos e Microeletrônicos

Docente do Campus São Paulo - IFSP

### RESUMO

A deficiência visual pode ser caracterizada pela perda total ou parcial da visão, comprometendo a acessibilidade e submetendo os portadores a situações de vulnerabilidade, necessitando de auxílio para realizar atividades simples. O uso de bengala é comum para facilitar a locomoção de pessoas portadoras de deficiência visual. Porém, esse equipamento limita-se a detectar desníveis e obstáculos que estejam no nível do solo, sendo comum a ocorrência de acidentes com objetos posicionados acima da linha da cintura, como é o caso de placas de sinalização, telefones públicos e carrocerias de caminhão. O objetivo do presente trabalho foi desenvolver um dispositivo eletrônico microcontrolado que capta sinais do ambiente por meio de um sensor ultrassônico, assegurando maior confiança na locomoção por parte do usuário, o qual será avisado por meio de vibração sobre a ocorrência de obstáculos acima da linha da cintura e a uma distância de até 2,5 m. Além de detectar os obstáculos, o *software* desenvolvido contou com um filtro por média móvel para estabilização dos sinais ruidosos gerados pelo sensor,

---

<sup>1</sup> Endereço eletrônico: aliny.nunes@aluno.ifsp.edu.br

<sup>2</sup> Endereço eletrônico: werbes.lima@aluno.ifsp.edu.br

<sup>3</sup> Endereço eletrônico: serafim.matheus96@gmail.com

<sup>4</sup> Endereço eletrônico: ricardo\_pires@ifsp.edu.br

garantindo maior eficiência e velocidade de resposta para as variações de distância, considerando os testes dinâmicos realizados.

Palavras-chave: detecção de obstáculos, sensor ultrassônico, média móvel

## **DEVELOPMENT OF AN ELECTRONIC DEVICE TO ASSIST IN THE LOCOMOTION OF VISUALLY IMPAIRED PEOPLE**

### **ABSTRACT**

Visual impairment can be characterized by total or partial loss of vision, compromising accessibility and subjecting people to situations of vulnerability, requiring help to carry out simple activities. The use of a cane is common to facilitate locomotion for people with visual impairments. However, this equipment is limited to detecting unevenness and obstacles that are at ground level, and it is common for accidents to occur with objects positioned above the waistline, such as road signs, public telephones and truck bodies. The objective of the present work was to develop a microcontrolled electronic device that captures signals from the environment through an ultrasonic sensor, ensuring greater confidence in locomotion by the user, who will be warned by means of vibration about the occurrence of obstacles above the waistline and at a distance of up to 2.5 m. In addition to detecting obstacles, the developed software had a moving average filter to stabilize the noisy signals generated by the sensor, ensuring greater efficiency and response speed for distance variations, considering the dynamic tests performed.

keywords: obstacle detection, ultrasonic sensor, moving average

### **INTRODUÇÃO**

A deficiência visual é caracterizada pela perda total ou parcial da capacidade visual de um ou dos dois olhos, sendo chamada no primeiro caso de cegueira, e no segundo, de baixa visão (Lourenço, 2020).

Para caracterização do grau de deficiência, segundo a Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas Relacionados à Saúde (CID), elaborada pela Organização Mundial da Saúde (OMS), é considerada cegueira quando os valores encontram-se abaixo de 0,05 ou o campo visual menor do que 10°. A baixa visão, ou visão subnormal, corresponde ao valor da acuidade visual corrigida no melhor olho, menor do que 0,3 e maior ou igual a 0,05 ou seu campo visual menor do que 20° no melhor olho com a melhor correção óptica (Lourenço, 2020; Portaria nº 3.128/ 2008).

A cegueira afeta de maneira incorrigível a capacidade de ver cor, tamanho, forma, distância, posição ou movimento em um campo mais ou menos abrangente. A baixa visão

corresponde a um mau funcionamento visual em ambos os olhos, que não pode ser sanado com uso de óculos convencionais, lentes de contato ou cirurgias oftalmológicas (Lourenço, 2020).

Nos dois casos, seja cegueira ou baixa visão, o portador de deficiência visual lida com situações de vulnerabilidade e necessita continuamente de apoio para realizar suas atividades. Esse apoio envolve pessoas auxiliares para a locomoção e realização de atividades e o uso de aparelhos e equipamentos auxiliares, sendo o mais comum e acessível a bengala branca.

Com o avanço tecnológico, para suprir necessidades de identificação de objetos, leitura, identificação de cores, entre outras, existem diversos aplicativos gratuitos e pagos que podem ser instalados no celular e que substituem a necessidade de uma pessoa para auxiliar nessas atividades.

Segundo dados da OMS, estima-se que a cegueira afeta cerca de 39 milhões de pessoas no mundo, e que 246 milhões de pessoas sofram de perda moderada ou severa da visão (Ottaiano, 2019).

A população mundial com cegueira ou deficiência visual deve dobrar até 2050, chegando a 61 milhões de pessoas com cegueira e 474 milhões de pessoas com deficiência visual moderada a severa. As conclusões estão em uma pesquisa publicada na revista *The Lancet Global Health* (01/12/2020), e consideraram fatores como envelhecimento da população, maus hábitos alimentares, exposição excessiva a telas de smartphones, além da falta de acesso a atendimento oftalmológico (Grepí, 2020).

Em visita dos autores ao Centro de Apoio ao Deficiente Visual (CADEVI), em São Paulo (SP), a interação direta com os portadores da deficiência permitiu perceber a fragilidade e atenção necessária com relação a eventos comuns do dia, como subir ou descer escadas ou preparar um café. Foi possível ainda levantar diversas necessidades e dificuldades com as quais os portadores lidam no seu dia-a-dia e que, por mais que tenham desenvolvido certas habilidades para superar as situações, estando de certa forma acostumados com sua condição, há eventos em que se torna indispensável a dependência em relação a uma outra pessoa para auxiliar na locomoção, como é o caso de precisar caminhar por ruas em que o deficiente visual nunca esteve antes.

Além do auxílio que pode ser prestado por outras pessoas ao conduzirem um portador de deficiência visual, o uso de bengalas como auxílio na locomoção é o mais

comum e bem aceito pela comunidade. Atualmente, existem diversos modelos que atendem a diferentes expectativas, e também são identificadas por cores que indicam o tipo de deficiência da pessoa, para que as demais pessoas saibam como lidar ou prestar ajuda ao usuário:

- Bengala branca: é utilizada por pessoas cegas, ou seja, que apresentam ausência total da visão. Isso significa que elas não conseguem identificar obstáculos, movimentos ou luz (Tortato, 2021).
- Bengala verde: é usada por quem possui baixa visão ou visão subnormal. Essas pessoas têm sua função visual comprometida, mas conseguem utilizá-la para a execução de tarefas. Podem identificar a luz, enxergar vultos e, em certos casos, reconhecer pessoas e objetos. O comprometimento visual pode variar entre os graus leve, moderado e profundo (Tortato, 2021).
- Bengala vermelha e branca: é utilizada por pessoas com surdocegueira, que, em diferentes graus, têm a audição e a visão comprometidas. A comunicação, nesses casos, geralmente ocorre pelo sistema “Tadoma”, também conhecido como “Braille Tátil”. Nele, utilizam-se as mãos para sentir os movimentos da boca e maxilar, além da vibração da garganta de quem está falando (Tortato, 2021).

Além da identificação por cores, as bengalas normalmente são de metal, dobráveis, com um cordão próximo ao punho e com uma ponteira redonda de borracha para facilitar o deslizamento delas pelas vias em que estão circulando.

Embora a bengala branca seja a mais utilizada por portadores de deficiência visual por ser de fácil utilização e acesso, existe também o uso de cão-guia, que é considerado o melhor e mais completo auxiliar na locomoção, pois prevê com maior antecedência as situações de perigo. Porém, ele é de difícil acesso, devido às poucas instituições que se dedicam a treiná-lo.

Dentre os dispositivos tecnológicos, é possível encontrar disponíveis no mercado:

- óculos com câmera para identificação de objetos e rostos e leitura de textos, utilizando inteligência artificial, que fornecem as informações através de áudio;
- pulseira com sensor ultrassônico, que identifica a proximidade de objetos e pessoas por meio de vibrações;

- bengala inteligente, que possui câmera e sensores acoplados que efetuam a identificação visual do ambiente e a proximidade de objetos e pessoas por meio de informações por áudio e de vibrações;
- aplicativos para celular que, através da câmera traseira do aparelho, podem efetuar a identificação visual do ambiente (luz acesa ou apagada), e também podem realizar a identificação de objetos por meio de voluntários que, ao serem contatados, informam qual é o objeto na imagem.

Apesar de todo o desenvolvimento tecnológico que cada dispositivo apresenta, nenhum deles dispensa o uso da bengala, considerada uma extensão do braço do usuário. Ademais, com exceção dos aplicativos para dispositivos móveis, os dispositivos em geral possuem preços não acessíveis a pessoas de baixa renda, cujo grupo compõe a maioria da comunidade portadora de deficiência visual.

Considerando os estudos e análises acerca do cenário atual e futuro, com o número cada vez mais crescente de pessoas portadoras de deficiência visual e ressaltando ainda os diversos efeitos que tal deficiência interpõe ao dia-a-dia do portador, potencialmente a de mais difícil compensação ao compará-la a outra deficiência de tipo sensorial, o presente trabalho tem como objetivo apresentar uma alternativa de baixo custo que atenda às necessidades primárias dos portadores de deficiência visual.

Desenvolver um dispositivo eletrônico equivale à criação de um novo produto para o mercado. É possível chegar a um produto muito próximo ao ideal quando todas as etapas de desenvolvimento estão asseguradas pelo método de trabalho.

No caso de pessoas com deficiência visual, assumindo-se este nicho como o público-alvo do produto a ser desenvolvido, faz-se necessário iniciar os trabalhos com a pesquisa em campo. Podem-se obter as informações necessárias com abordagem direta ao público, devendo-se também considerar a possibilidade de realizar pesquisas em entidades e organizações responsáveis por prestar auxílio às pessoas com deficiência visual.

Em conversa com o Diretor-Presidente da instituição CADEVI, o sr. Sandro Rodrigues, foi possível selecionar as principais implementações para um dispositivo eletrônico com o objetivo de prestar assistência na locomoção dos usuários. Dentre elas: (i) identificação de obstáculos próximos por vibração; (ii) identificação opcional de obstáculos próximos por alarme sonoro; (iii) que o dispositivo seja a prova d'água; (iv)

que seja versátil, podendo ser utilizado como uma pulseira, em um cinto ou diretamente na empunhadura da bengala, sendo sugerido material como o velcro para fixação do dispositivo.

O trabalho de fim de curso de grupo anterior (Oliveira; Fukunishi, 2019), o qual inspirou o presente trabalho, apresentou um dispositivo embutido em uma bengala, para detectar, por meio de sonar, obstáculos acima da linha da cintura e sinalizá-los por meio de vibração. Para tanto, a construção da bengala levou em consideração o tamanho máximo do circuito para que pudesse ser implantado em seu interior, cujo sensor deveria estar posicionado de forma que a empunhadura da bengala garantisse que ele apontasse sempre para a frente. Dentre os requisitos levantados no presente trabalho, o dispositivo desenvolvido naquele trabalho não considerava, portanto, a versatilidade e, como proposta de melhoria, indicava a impermeabilidade como sugestão para trabalhos futuros, com o propósito de possibilitar seu uso em dias de chuva, por exemplo.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi o projeto e a construção de protótipo de dispositivo com as seguintes características:

- Deverá ser dada grande importância ao custo de cada componente.
- Deverá sinalizar por meio de vibração a presença de obstáculos.
- Deverá proporcionar opcionalmente a sinalização sonora.
- Deverá ser à prova d'água.
- Poderá ser utilizado como uma pulseira, em um cinto ou diretamente na empunhadura da bengala, sendo sugerido material como o velcro para sua fixação.

## **ESTADO DA ARTE**

Em pesquisa realizada na *internet* por informações a respeito de dispositivos para auxílio na locomoção de pessoas com deficiência visual comercializados atualmente, foram encontrados os que estão listados na Tabela 1.

Tabela 1: Dispositivos de tecnologia assistiva disponíveis no mercado.

Dispositivo	Descrição	Análise comparativa
Sunu Band (Sunuband, [s.d.])	Pulseira com sensor tipo sonar, informa através de vibrações que se intensificam conforme a proximidade de obstáculos acima da linha da cintura, detecta objetos num raio de 30 centímetros até 5 metros de distância. Possui funções adicionais como relógio e obtenção de rotas que são informadas através de áudio.	Apresenta características semelhantes às do presente trabalho, em se tratando das funções de detecção de obstáculos. Porém, não é versátil, pois não permite fixação em locais diferentes, como cinto ou empunhadura da bengala, e apresenta preço de R\$ 2.499.
OrCam MyEye (OrCam, ©1995-2023)	Dispositivo de inteligência artificial com câmera e áudio que identifica produtos, cores, moedas, reconhece faces, lê textos. Pode ser acoplado à haste do óculos comum. Seu tamanho é 76 x 21 x 14.9 mm e é de fácil utilização. Atende por comando de voz.	O dispositivo apresenta tecnologia avançada e atende a diversas demandas apresentadas por pessoas portadoras de deficiência visual. Porém, o preço é de R\$ 21.500.
WeWalk (WeWalk, ©2023)	Dispositivo que se prende à bengala branca convencional. Possui sensores de movimento que detectam obstáculos acima do peito e alertam com vibração. Sincroniza com celulares e possui integração ao assistente de voz e ao Google Maps.	O dispositivo apresenta grandes semelhanças ao desenvolvido pelo presente trabalho, em especial com relação à principal função, que é de detectar obstáculos acima da linha da cintura e informar através de vibração. Porém, o preço é de R\$ 5.200.

Fonte: Autores.

Em buscas por publicações acadêmicas, vários trabalhos são encontrados abordando a temática da tecnologia assistiva. Um artigo em especial (Elmannai, Elleithy, 2017) apresenta diversas soluções que foram demonstradas em conferências internacionais. As soluções que se aproximam da proposta do presente trabalho são discutidas nos próximos parágrafos.

**Bengala Inteligente (*Smart Cane*):** Trata-se de um dispositivo portátil a ser instalado em bengala branca, com sensor ultrassônico, microcontrolador, vibrador, *buzzer* e detector de água. O conjunto de sensores e componentes permitem que o usuário seja

notificado por vibração ou por áudio sobre a presença de obstáculos à frente. Dentre as melhorias apontadas para o dispositivo, estão que o detector de água possa ser acionado em poças com menos de 0,5 cm de profundidade e, também, que o *buzzer* deixe de alarmar após determinado tempo, pois, no dispositivo desenvolvido, ele permanece soando o alarme enquanto o detector de água não esteja seco. Também foi sugerida a implementação de método para informar a respeito da situação da bateria (Wahab et al., 2011).

***Electronic Long Cane (ELC)***: A bengala longa eletrônica é um dispositivo que pode ser acoplado à bengala branca comum. Possui um sistema embarcado com sensor ultrassônico para detecção de objetos, micromotor para vibração e bateria de 9V. Conforme os obstáculos acima da linha da cintura são detectados pelo sensor, é acionada a frequência da vibração, a qual aumenta conforme se aproxima do obstáculo. Considerando a função de alertar sobre obstáculos, o dispositivo se mostrou muito eficiente, sendo este um dispositivo muito próximo do desenvolvido no presente trabalho (FONSECA, 2011).

**Um projeto de bengala com multissensores**: Dispositivo acoplado a uma bengala, que detecta obstáculos à direita, à esquerda e acima da cintura, devido à disposição de três sensores ultrassônicos. Assim como os demais dispositivos apresentados, conforme o obstáculo se aproxima, através da detecção pelos sensores, o dispositivo emite alarme de vibração ou sonoro (Yi, 2015).

Num trabalho de conclusão de curso do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, anterior ao presente trabalho (Oliveira; Fukunishi, 2019), foi desenvolvido protótipo de bengala com dispositivo eletrônico embutido. Fez parte daquele projeto a construção da bengala. A proposta foi de construir uma bengala semelhante às bengalas brancas mais comuns, as quais são leves e dobráveis, mas com uma empunhadura que facilita o posicionamento correto do sensor tipo sonar para possibilitar a identificação de obstáculos acima da linha da cintura. Ademais, o dispositivo contou com uma bateria recarregável com saída microUSB, fácil de ser encontrada e comumente utilizada para carregar bateria de celular.

Naquele trabalho, foram realizados testes na instituição CADEVI, sendo verificada a detecção de obstáculos acima da linha da cintura, como mesa, tábua, árvore e cabideiro, com 30 cm de distância, permitindo tempo hábil suficiente para o desvio dos

objetos. Também foram realizados experimentos com objetos se movendo em direção ao usuário, para os quais também foi possível desviar-se dos obstáculos sem que houvesse choque com nenhuma parte do corpo.

Concluindo-se aquele trabalho, foram indicadas as seguintes sugestões como melhoria para o dispositivo desenvolvido:

- adicionar um sensor para detecção de obstáculos abaixo da linha da cintura
- impermeabilidade, para o uso durante os dias de chuva

Em visita realizada às dependências da Instituição CADEVI pelos autores do presente trabalho, foi apontada a importância de o dispositivo ser versátil, apresentando a possibilidade de ser fixado em partes diversas, devido a fatores como o fato de alguns deficientes não se adaptarem ao uso da bengala e poderem utilizar o dispositivo em um cinto ou no pulso, por exemplo. Também ficou definido que o sensor para auxiliar na detecção de obstáculos abaixo da linha da cintura seria algo apenas adicional, pois a bengala branca já cumpre a função.

## **FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

O desenvolvimento de um dispositivo eletrônico que realiza tarefas a partir de informações obtidas do ambiente em tempo real necessita de dois elementos fundamentais: um sensor, para captar as informações necessárias e alimentar o sistema, e um microcontrolador, para processar os dados obtidos e gerar as ações esperadas.

Um sensor é um dispositivo que responde a um estímulo de uma entrada proveniente do ambiente, produzindo um sinal que pode ser convertido e interpretado por outros dispositivos. Em sistemas elétricos, ao ser convertido, esse sinal pode ser lido por um processador ou ser eletronicamente transmitido para uma rede de dados (EMJEL, 2022).

Um sensor ultrassônico funciona por meio da reflexão de uma onda gerada pelo transdutor, medindo-se o lapso de tempo gasto pela onda desde o instante em que ela é gerada até o instante em que ela retorna ao transdutor, depois de refletir-se em um objeto a ser detectado. A essa técnica dá-se o nome de eco. Como o som se propaga com velocidade constante e conhecida em um determinado meio, normalmente o ar, e em uma determinada temperatura, o tempo entre a emissão e a recepção da onda refletida (eco)

será proporcional à distância percorrida entre o sensor e o objeto. Assim, pode-se dizer que distância medida é igual à velocidade de propagação da onda em determinado meio multiplicada pela metade do tempo desde a emissão da onda (BEGA et al., 2011).

Um outro dispositivo eletrônico que tem grande importância para a constituição deste projeto, para processar todas as informações recebidas pelos sensores e manipular o acionamento dos periféricos de saída (motovibrador), é o microcontrolador. Um microcontrolador pode ser definido como sendo um computador com um único circuito integrado (*chip*), sendo que, neste *chip*, há os seguintes elementos: UCP (Unidade Central de Processamento), memória RAM, memória EEPROM, interface de entrada e saída (I/O) (Instituto Newton C. Braga, 2023).

Desta forma, o microcontrolador possui uma arquitetura que permite o processamento dos dados obtidos pelos sensores, sendo capaz de receber esses sinais elétricos, iniciar a contagem do tempo por meio de um temporizador interno ou externo e, desse tempo, calcular a distância, para que, de forma condicional ou de forma direta, ele possa atuar acionando um dispositivo conectado a uma de suas saídas, conforme definido no programa que esteja gravado no microcontrolador (Microchip, 2003).

## **METODOLOGIA**

Para desenvolver o dispositivo com as características requeridas, foram realizadas simulações com uso do programa Proteus®. O desenvolvimento do código e a compilação foram realizados por meio do programa MPLAB X. Sendo o propósito do presente trabalho desenvolver um dispositivo que atendesse aos requisitos para auxiliar na locomoção de deficientes visuais sem incorrer em altos custos e manter o dispositivo com aparência discreta, foi selecionado o microcontrolador PIC 16F628A. Ele conta com oscilador interno de 20MHz, temporizadores de 8 e 16 bits, arquitetura RISC (*Reduced Instruction Set Computer*), 16 pinos I/O com controle de sentido de dados individual, entre outras características. Além de apresentar as características funcionais necessárias para o dispositivo, ele é encontrado com facilidade no mercado, com custo médio de R\$20, e 23x6,3x3,3 mm de dimensão, o que facilita a montagem de um dispositivo com tamanho reduzido.

Para interagir com o ambiente, foi selecionado o sensor ultrassônico HC-SR04, um módulo de alcance ultrassônico de 2 a 400 cm com precisão de 3 mm, o que o torna

elegível para uso no dispositivo desenvolvido. O módulo inclui transmissor ultrassônico, receptor e circuito de controle, que possui a seguinte sequência de trabalho: (i) início com um gatilho E/S com 10 $\mu$ s de sinal em nível alto; (ii) o módulo envia automaticamente oito pulsos a 40 kHz e detecta se há um sinal de retorno (eco); (iii) quando há retorno do sinal, o tempo de duração de E/S de saída alta será o tempo desde o envio do ultrassom até o retorno. A partir dos valores de tempo, utiliza-se a seguinte equação para cálculo da distância detectada:

$$Distância = \frac{Tempo \times Velocidade \text{ do Som}}{2},$$

onde:

Tempo: tempo gasto desde a emissão do sinal sonoro até sua recepção, dividido por 2, considerando que a onda sonora é propagada e tem seu retorno (eco).

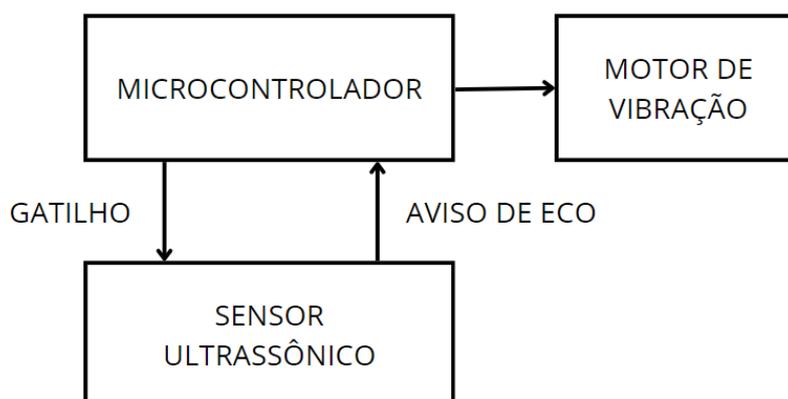
Velocidade do som: velocidade de propagação de uma onda sonora.

Para sinalizar ao usuário sobre a proximidade de obstáculos, considerando-se as necessidades do portador de deficiência visual, foi selecionado o motor de vibração 1027. Para que seu funcionamento ocorra, é preciso aplicar uma tensão em seus terminais, de acordo com o fabricante, de 2,5 V a 4,0 V. Sua velocidade nominal é de 9000 RPM e sua corrente de operação máxima é de 70 mA. As dimensões deste motovibrador são: 40 mm de comprimento, 10 mm de largura e 3 mm de altura. (Sparkfun, 2020).

O dispositivo eletrônico para auxílio na locomoção de pessoas com deficiência visual deve ser alimentado por uma tensão suficiente para operar normalmente todo o circuito. Para o protótipo, foi utilizada uma bateria de 9V e 565 mAh, o que equivale a um tempo médio de 13h de duração, considerando-se a corrente mínima de 15 mA que flui constantemente pelo circuito em função do consumo do sensor e do microcontrolador, e a corrente máxima de 70 mA quando o motor é acionado.

O diagrama de blocos do sistema projetado é apresentado na Figura 1.

Figura 1: Diagrama de blocos.



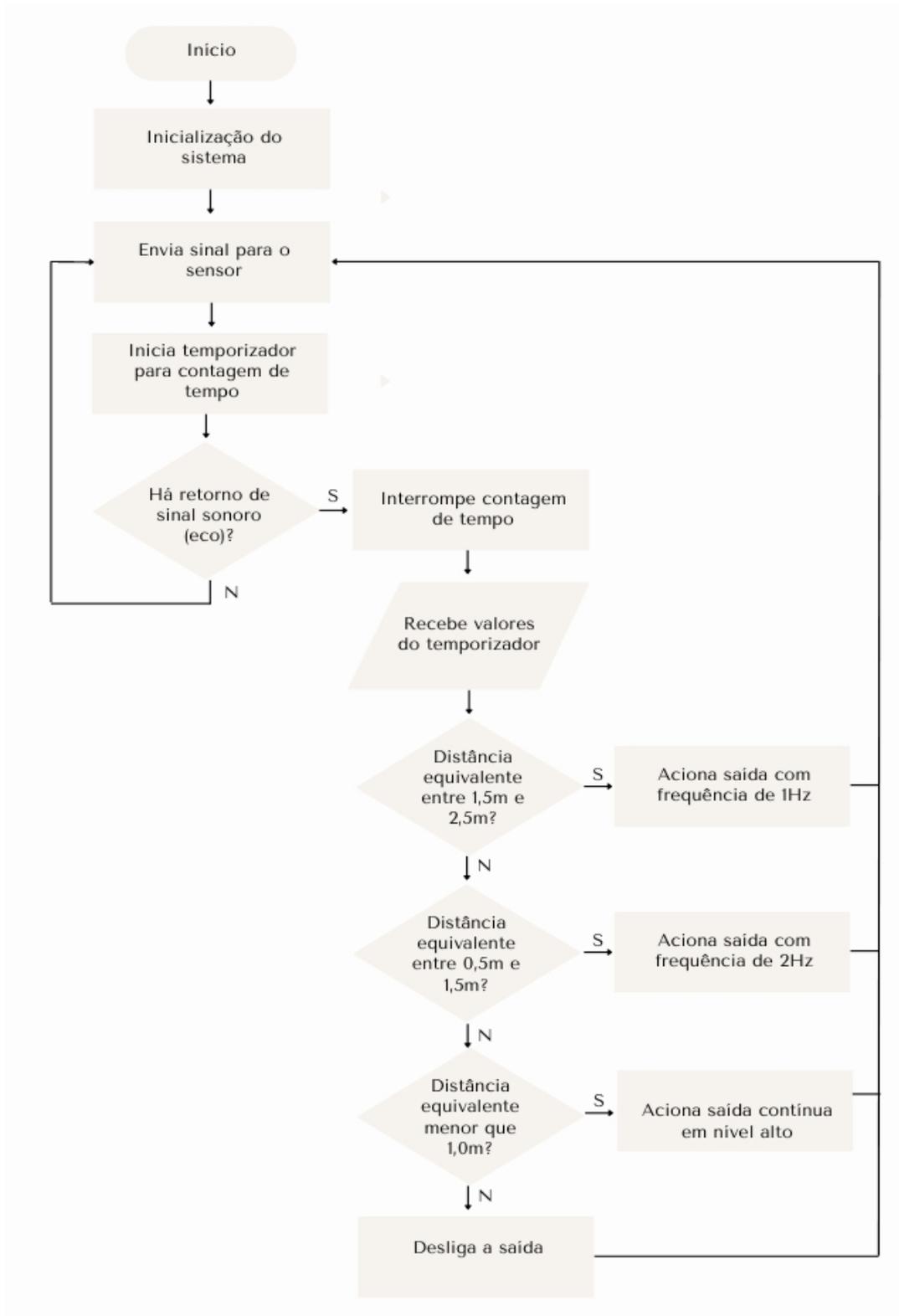
Fonte: Autores.

A partir de uma fonte de entrada de tensão contínua (DC), o sistema do dispositivo é iniciado, enviando sinais para o sensor que fará a verificação de obstáculos por meio do retorno das ondas sonoras emitidas. As verificações são realizadas de forma contínua, verificando o tempo de retorno das ondas sonoras, o qual indica a distância do objeto para o qual o sinal foi refletido. A informação de tempo é testada pelo controlador e, conforme as condições de distância sejam atendidas, será acionada uma saída de alarme por vibração, buscando-se diferenciar o quão distante o objeto está.

Para garantir que a distância do obstáculo possa ser interpretada de forma eficiente, estabeleceu-se um sistema onde, estando o objeto entre 1,5 m e 2,5 m de distância, a vibração será acionada na frequência de 1 Hz, ou seja, com variação entre pulsos e intervalos de 1 s. Quando a distância esteja na faixa entre 0,5 m e 1,5 m, a frequência da oscilação do sinal é de 2 Hz, ou seja, variando entre pulsos e intervalos de 500 ms. Quando a proximidade do objeto seja menor que 0,5 m, a vibração (saída) é acionada de forma contínua.

A lógica da programação para o microcontrolador foi desenvolvida conforme fluxograma na Figura 2.

Figura 2: Fluxograma da lógica de programação para o microcontrolador.

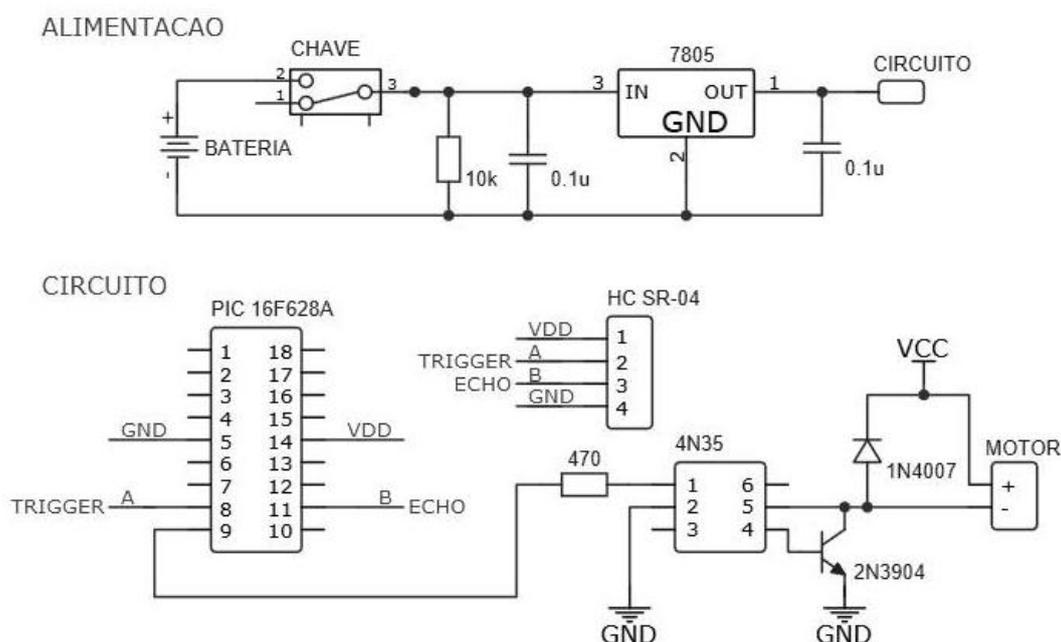


Fonte: Autores.

Para tratar os sinais recebidos pelo sensor de forma a manter os dados estáveis, excluindo-se os picos característicos que o sensor apresenta quando há variação de distância, foi incluído um filtro digital por cálculo de média móvel, um estimador calculado a partir de N amostras sequenciais, sendo neste caso das 10 amostras mais recentes do sinal.

Na Figura 3 está demonstrado o diagrama elétrico completo do dispositivo final.

Figura 3: Diagrama elétrico completo do dispositivo final.



Fonte: Autores.

A construção do protótipo levou em consideração o requisito de ser um dispositivo discreto e versátil. Desta forma, o sistema eletrônico foi acondicionado em uma caixa plástica padrão, conforme a Figura 4, e posteriormente desenvolvida uma tampa em impressora 3D, conforme figuras 5 e 6.

Figura 4: Protótipo finalizado; a) vista frontal, b) detalhe: chave liga/desliga.



Fonte: Autores.

Figura 5: Dispositivo com pulseira adaptada, uso no pulso.



Fonte: Autores.

Figura 6: Dispositivo com pulseira adaptada, uso na bengala.



Fonte: Autores.

## RESULTADOS

Os testes foram realizados verificando-se a resposta do dispositivo para diferentes objetos, colocados a diferentes distâncias e alturas, dentro e fora da faixa programada para sua detecção. Os resultados estão na Tabela 2, na qual a primeira coluna indica o objeto utilizado para o teste, e as demais colunas indicam as faixas de distância para as quais os objetos foram detectados. Os resultados são apresentados de forma a identificar quando há ou não detecção do obstáculo, sendo que para qualquer distância inferior a 2,5 m o resultado esperado é que haja detecção.

Para estabelecer as condições experimentais, foram consideradas situações corriqueiras narradas pelo entrevistado na instituição CADEVI, em que os portadores de deficiência visual sofrem acidentes por conta de objetos posicionados de forma que a bengala branca não os alcança, como é o caso de placas na altura da cabeça, telefones públicos e carroceria de caminhão.

Outro ponto considerado nos testes foi o ângulo de detecção do sensor. Este, em especial, opera com maior eficiência na detecção de objetos dentro da região compreendida por 30°. Na entrevista realizada na instituição CADEVI, foi abordada a questão do alcance do dispositivo, sendo esclarecido que o ideal é que o obstáculo seja detectado preferencialmente quando localizado à frente do usuário, uma vez que a detecção de objetos deslocados para o lado pode atrapalhar em locais com muito movimento, quando o disparo do alarme seria excessivo. Portanto, a realização dos testes limitou-se a detectar objetos colocados diretamente à frente do dispositivo.

Tabela 2: Resultados experimentais.

Objeto	Detecção acima de 2,5 m	Detecção entre 0,5 m e 2,5 m	Detecção a menos de 0,5 m
Cadeira	Não	Sim	Sim
Pessoa	Não	Sim	Sim
Placa na altura da cabeça	Não	Sim	Sim
Mesa	Não	Sim	Não (*)
Prateleira	Não	Sim	Sim

Armário	Não	Sim	Sim
---------	-----	-----	-----

Fonte: Autores.

(\*) No caso da mesa, quando posicionada muito próxima ao dispositivo, fica fora do ângulo de detecção do sensor, considerando a altura do dispositivo acima da linha da cintura do usuário e a mesa utilizada no teste, abaixo desta altura, com a onda sendo emitida diretamente por cima da mesa, sem interagir com ela. Deve-se, no entanto, levar em consideração a altura do dispositivo e o propósito para o qual foi projetado, o qual é de detectar objetos acima da linha da cintura.

No caso do presente trabalho, o dispositivo foi projetado para identificar objetos com distância de até 2,5 m. Portanto, o uso principal é em áreas abertas. Em ambientes fechados, o dispositivo apresenta detecção constante de objetos, pois identifica as paredes e o teto.

## CONCLUSÃO

O projeto desenvolvido teve início com consultas à CADEVI e com a análise de trabalhos anteriores, os quais auxiliaram na orientação dos primeiros passos e facilitaram na resolução de problemas iniciais, como identificar as principais características requeridas para o dispositivo, quais as etapas do projeto que exigem maior tempo de execução, questões relacionadas à logística para levantamento e aquisição dos componentes necessários ao dispositivo.

A etapa de desenvolvimento do programa foi a mais dispendiosa, pois, com as simulações realizadas em *software*, verificavam-se possibilidades de melhorias que poderiam ser implementadas, e com elas, estudos para que o desempenho do dispositivo não fosse comprometido, considerando-se o tempo de processamento do microcontrolador e, por consequência, de resposta do dispositivo. O melhor resultado obtido foi com a implementação de filtro por média móvel, que estabilizou o sinal recebido do sensor e melhorou a acurácia do sistema.

O maior desafio consistiu em manter as etapas do projeto alinhadas ao objetivo final, de garantir um dispositivo eficiente e com baixo custo para construção, tendo em vista o usuário final. O protótipo final apresenta características adequadas aos objetivos propostos para o presente trabalho:

- Baixo custo: para produção, foi investido o valor de R\$ 93.
- Sinalização por vibração: a detecção de obstáculos é sinalizada por meio de um motor de vibração.
- Sinalização sonora opcional: o microcontrolador possui pinos para adicionar saída opcional, como sinalização sonora.
- Dispositivo à prova d'água: não foi possível garantir que o dispositivo fosse à prova d'água, pois a implementação do sensor deve ser de forma que o emissor e o receptor das ondas estejam expostos. Para tanto, a escolha de um sensor industrial comprometeria o requisito de possuir baixo custo.
- Versatilidade: o dispositivo pode ser utilizado como uma pulseira, em um cinto ou diretamente na empunhadura da bengala, pois trata-se de um dispositivo portátil e com dimensões de 70x55x20 mm, bastando para isso adaptar o tipo de pulseira desejada.

## REFERÊNCIAS

Arduino®. What is Arduino? 2023. Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>. Acesso em: 08 fev. 2023.

Bega, E. A. et al. **Instrumentação Industrial**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2011.

Elmannai, Wafa. Elleithy, Khaled. Sensor-Based Assistive Devices for Visually-Impaired People: Current Status, Challenges, and Future Directions. In: National Library of Medicine. Bethesda: mar. 2017, p. 42. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5375851>. Acesso em: 02 fev. 2023.

EMJEL. Sensores: você sabe o que são? EMJEL UFPR: ©2022. Disponível em: <https://emjel.com.br/2021/09/02/sensores-voce-sabe-o-que-sao>. Acesso em 20 jun. 2023.

Fonseca, R. Bengala longa eletrônica para melhoria da locomoção em deficientes visuais: Um estudo de caso. Anais do Intercâmbio Pan-Americano de Cuidados de Saúde (PAHCE) de 2011. Rio de Janeiro, Brasil (2011).

Grepí, Giovanna. Cegueira e deficiência visual devem dobrar até 2050, aponta estudo. In: Jornal da USP. São Paulo: dez. 2020. Disponível em:

<https://jornal.usp.br/ciencias/cegueira-e-deficiencia-visual-devem-dobrar-ate-2050-aponta-estudo>. Acesso em: 23 dez. 2022.

IEEE, RAS UFCG. O Que É Um Microcontrolador? IEEE, ©2023. Disponível em: <https://edu.ieee.org/br-ufcgras/o-que-e-um-microcontrolador>. Acesso em: 20 jun. 2023.

Instituto Newton C. Braga, [s.d.]. O Básico sobre os Microcontroladores. Disponível em <https://www.newtonbraga.com.br/index.php/52-artigos-tecnicos/artigos-diversos/13263-o-basico-sobre-os-microcontroladores-parte-1-mic139.html>. Acesso em: 21 jun. 2023.

Lourenço, Erica A. Garrutti *et al.* Acessibilidade para os Estudantes com Deficiência Visual: Orientações para o Ensino Superior. São Paulo: Portal da Acessibilidade UNIFESP, 2020.

Microchip. PIC12F629/675 Datasheet. 2003 Microchip Technology Inc. Disponível em: <https://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/41190c.pdf>. Acesso em: 27 fev. 2023.

Oliveira, Arthur B. De. Fukunishi, Thatiane M. Desenvolvimento de tecnologia assistiva para locomoção de pessoas com deficiência visual. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Controle e Automação) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo. São Paulo, p. 77. 2019.

Orcam. Original de Orcam Myeye dispositivo auxiliar para cegos e deficientes visuais. e-Bay, ©1995-2023. Disponível em: <https://www.ebay.com/itm/284332456284>. Acesso em: 03 fev. 2023.

Ottaiano, José A. A. *et al.* As condições de saúde ocular no Brasil 2019. Conselho Brasileiro de Oftalmologia (CBO). São Paulo, 2019. Disponível em [https://www.cbo.com.br/novo/publicacoes/condicoes\\_saude\\_ocular\\_brasil2019.pdf](https://www.cbo.com.br/novo/publicacoes/condicoes_saude_ocular_brasil2019.pdf). Acesso em 23 dez. 2022.

Rahim, Taliha H. Desenvolvimento de um protótipo para auxílio no deslocamento de deficientes visuais. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Tecnologias da

Informação e Comunicação do Centro Araranguá da Universidade Federal de Santa Catarina. Araranguá, p. 55. 2017.

Samsung. Datasheet. Disponível em <https://j5d2v7d7.stackpathcdn.com/wp-content/uploads/2019/04/ICR18650.pdf>. Acesso em 08 jun. 2023.

Sparkfun. Datasheet. Disponível em: [https://www.sparkfun.com/datasheets/Robotics/310-101\\_datasheet.pdf](https://www.sparkfun.com/datasheets/Robotics/310-101_datasheet.pdf). Acesso em: 08 jun. 2023

Sunuband. Pulseira detectora de obstáculos. Loja Civiam, [s.d.]. Disponível em: <https://www.lojaciviam.com.br/sunuband>. Acesso em: 03 fev. 2023.

Tortato, Carla. Revisado por Melissa Medroni e Beatriz Tedesco. Saiba identificar o significado das cores das bengalas utilizadas por pessoas com deficiência visual. Tribunal Regional Eleitoral (PR). Curitiba, 2021. Disponível em <https://www.tre-pr.jus.br/comunicacao/noticias/2021/Agosto/saiba-identificar-o-significado-das-cores-das-bengalas-utilizadas-por-pessoas-com-deficiencia-visual>. Acesso em 28 dez. 2022.

Wahab, A. Helmy, M. Talib, A. A. Kadir, H. A. Johari, A. Noraziah, A. Sidek, R. M. Mutalib, A. A. Smart Cane: Assistive Cane for Visually-impaired People. In: International Journal of Computer Science Issues. Malaysia: jul. 2011, p. 21 - 27. Disponível em: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1110.5156>. Acesso em: 02 fev. 2023.

Wewalk. Bengala inteligente. Mais Autonomia, ©2023. Disponível em: <https://maisautonomia.com.br/bengala-inteligente-wewalk>. Acesso em: 03 fev. 2023.

Yi, Y. Dong, L. Um projeto de bengala de guia cego baseado em multi-sensores. Anais da 12ª Conferência Internacional de Sistemas Fuzzy e Descoberta de Conhecimento (FSKD) de 2015. Zhangjiajie, China (15–17 ago. 2015).

Enviado em: 18/12/2023