

IMPLEMENTAÇÃO DE DISPOSITIVO DETECTOR DE OBSTÁCULOS PARA DEFICIENTES VISUAIS DE BAIXO CUSTO

Alison de Andrade Couto, Universidade Federal de São João Del-Rei, alisondeandrade@ufsj.edu.br

Departamento das Engenharias de Telecomunicações e Mecatrônica, Universidade Federal de São João Del Rei - UFSJ

Aline de Faria Lemos, Universidade Federal de São João Del-Rei, alinefaria@ufsj.edu.br

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais – PUC-MG e Departamento das Engenharias de Telecomunicações e Mecatrônica, Universidade Federal de São João del-Rei – UFSJ

Resumo. *Com as dificuldades apresentadas na mobilidade do deficiente visual é notória a necessidade de ferramentas que auxiliem em sua locomoção e detecção de obstáculos. Os equipamentos disponíveis no mercado são parcialmente eficientes. A bengala, por exemplo, não contribui para a identificação de objetos que possam colidir com a cabeça e tórax do indivíduo. Equipamentos mais efetivos na verificação de obstáculos possuem alto custo. Fato esse que os torna inacessíveis para grande parcela da população portadora dessa deficiência. Alguns dispositivos já existentes possuem design exagerado, o que compromete a aceitação do consumidor. Este estudo tem por objetivo apresentar o projeto de dispositivo para deficientes visuais, que visa complementar o uso da bengala. Trata-se de um óculos detector de obstáculos dotado de alerta vibracional. O projeto é de fácil implementação e de baixo custo, o que o torna acessível. Além disso, ele possui design discreto, o que aumenta a sua usabilidade.*

Palavras chave: Tecnologia Assistiva, Deficiência Visual, Óculos Ultrassônico, Mobilidade, Detecção de Obstáculos.

1. INTRODUÇÃO

Situações simples como se deslocar no interior de uma residência com portas entreabertas, gavetas abertas e modificação na localização dos móveis podem trazer complicações à vida diária do deficiente visual. As colisões que ocorrem nesse contexto podem trazer lesões graves ao indivíduo. Com as dificuldades e limitações apresentadas no cotidiano do deficiente, é notória a necessidade do desenvolvimento e aplicação de tecnologias que auxiliem na locomoção e detecção de obstáculos, principalmente em ambientes internos. Um dos objetos mais conhecidos e utilizados para tal finalidade é a bengala. Ela teve sua primeira aparição no século XX, com sua metodologia de uso (técnica do toque) desenvolvida pelo oftalmologista americano Richard Hoover. Inicialmente a bengala foi projetada para auxiliar na reabilitação de veteranos da Segunda Guerra Mundial que sofreram perda de sua capacidade visual no decorrer dos conflitos. Ela tem como objetivo a detecção de objetos, desníveis, aclives, declives ou qualquer obstrução que o deficiente pode estar sujeito durante seu percurso (WEID, 2015).

Obstruções na altura dos pés e tibia podem ser detectados através da bengala. No entanto, ela não é capaz de proteger o tronco e cabeça. Esses membros são geralmente monitorados através da mão livre. Com isso, apesar de ser um instrumento extremamente benéfico, o seu uso é limitado. Em meio às tecnologias assistivas que possam amenizar as restrições do uso da bengala há uma gama de dispositivos desenvolvidos e aprimorados com os avanços tecnológicos. Alguns deles priorizam a simplicidade e facilidade de utilização por parte do usuário, como luvas ou bengalas acrescidas de sensores ultrassônicos (ELMANNAI, 2017). Outros dispositivos são mais elaborados e utilizam GPS para mapear previamente um ambiente fechado com as funcionalidades de um *smartphone* (Al-Khalifa; 2016). Peças de roupa também são instrumentadas para atender às demandas do deficiente visual (BAHADIR, 2012).

O treinamento de Orientação de Mobilidade, disponibilizado pelo MEC, apresenta também técnicas de locomoção que aumentam a autonomia do deficiente. Os procedimentos adotados abordam diversas situações que podem ser resolvidas com técnicas específicas, aliadas ou não ao uso de dispositivos. O curso é destinado ao deficiente e à comunidade em que ele se encontra inserido (MACHADO, 2003).

Com base em algumas metodologias de tecnologia assistiva e aceitação pelo deficiente ao seu uso, Elmannai *et. al.* (2017) elaborou a Tab. (1). Ela sintetiza os fatores observados pelo deficiente ao adotar um instrumento de detecção de obstáculos para uso diário. A literatura apresenta inúmeros dispositivos voltados para o deficiente visual para detecção de objetos. Em suma, alguns deles necessitam de ajustes para aumentar a usabilidade.

Esse trabalho tem como objetivo apresentar o projeto de um dispositivo de detecção de obstáculos para uso de deficientes visuais.

Tabela 1. Fatores importantes para o usuário (ELMANNAI, 2017, tradução nossa, adaptado).

Fator	Descrição
Tempo de resposta	Tempo que o dispositivo leva para identificar um obstáculo ou situação e repassar a informação ao usuário.
Cobertura	Define se o dispositivo vai atuar em ambientes abertos ou fechados. Necessário para respeitar as limitações do dispositivo e garantir a segurança do usuário.
Tempo	Tempo em que o dispositivo tem autonomia de funcionamento entre recargas ou substituição da fonte de tensão, se aplicável.
Alcance	Faixa de atuação do dispositivo tendo o usuário como referência. Indica qual é o raio em que os objetos devem estar para que sejam identificados pelo dispositivo.
Tipo do Objeto	Define as características dos objetos que o dispositivo consegue identificar, abrangendo objetos estáticos e dinâmicos com características comuns do cotidiano.
Design	Deve ser priorizado o <i>design</i> , ergonomia e aparência do dispositivo, conforme entrevista com usuários em potencial. Os dispositivos embarcados em objetos fora do contexto do uso cotidiano tendem a ser rejeitados pelo usuário.

2. SOLUÇÃO PROPOSTA

O monitoramento manual da cabeça e tórax acarreta na fadiga do braço utilizado. Além disso, a necessidade de contato expõe o deficiente visual ao risco de entrar em contato direto com objetos ou superfícies perfuro cortantes. O dispositivo foi projetado para garantir a identificação de objetos ou obstruções na altura da cabeça e tórax, sem a necessidade de contato físico. Para que o dispositivo seja acessível, é indispensável que tenha baixo custo e fácil implementação. O *design* do produto também deve ser considerado no projeto, de forma que o deficiente não se iniba ao usá-lo.

A melhor forma de atender esses requisitos seria um sistema embarcado em um par de óculos, objeto comum utilizado pelo deficiente visual e de fácil manipulação de designer. Para isso foi feita aquisição de um óculos comercial de baixo custo e definido os melhores componentes custo-benefício para compor o circuito.

2.1. Definição dos componentes

A partir da estrutura dos óculos, foi estudada a melhor forma de monitoramento de obstruções e distância sem a necessidade de contato direto. Dentre as opções disponíveis no mercado, adotou-se o sensor ultrassônico HC – SR04 devido a sua faixa de detecção, que varia de 0,2 m a 4 m, Fig.(1).



Figura 1. Módulo HC-SR04, (ElecFreaks).

Para o alerta sensorial foi utilizado um motor de vibração modelo 310-101, Fig.(2), que tem a função de alertar o usuário da presença de um objeto ou obstrução. Foi adotada a vibração como estímulo externo sensorial devido a discricção e por não utilizar de outros sentidos. Estímulos sonoros, por exemplo, poluiriam a audição do usuário, que para o deficiente visual é o principal meio de interação com o ambiente.

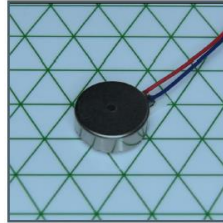


Figura 2. Motor de Vibração modelo 310-101, (Precision Microdrives, 2016).

O microcontrolador utilizado foi o módulo arduino pro mini Fig.(3). Ele apresenta baixo custo, facilidade de programação e tamanho reduzido. Esses atributos o tornam ideal para ser embarcado nos óculos, dado que a montagem de um circuito dedicado ocuparia uma área superior à área das lentes dos óculos.. Além disso, o microcontrolador possibilita o desenvolvimento *open source*, o que facilita a interação entre pesquisadores.



Figura 3. Arduino Pro Mini, (Arduino Pro Mini)

Uma bateria recarregável de 9V foi utilizada para alimentação do circuito, ressaltando que para isso o módulo arduino possui a porta RAW específica para alimentação de 5 a 12V.

2.2. Lógica de programação

O alcance do sensor ultrassônico utilizado é de aproximadamente 4 metros. Esse valor é elevado quando se trata de ambientes internos, onde a incidência de obstáculos distantes de 1 a 4 metros do usuário é alta. Levando esse fator em consideração, o sinal lido pelo sensor ultrassônico e recebido pelo microcontrolador é limitado dentro da faixa que varia de 20 centímetros a 1 metro.

Como requisito de projeto, a distância dos obstáculos deve ser inversamente proporcional à intensidade de vibração do motor. Para isso, a tensão de alimentação do motor é controlada pelo arduino por meio de um sinal PWM. Assim, para obstáculos detectados a 1 metro de distância do usuário o motor de vibração inicia o funcionamento com amplitude de vibração mínima. Para detecção de objetos com distâncias iguais ou inferiores a 20 cm do usuário o motor apresentará amplitude máxima de vibração. A relação tensão de alimentação versus amplitude de vibração, conforme o gráfico do fabricante, é apresentado na Fig.(5). A dinâmica de funcionamento do instrumento projetado é descrita pelo fluxograma presente na Fig. (4).

O Anexo A apresenta o algoritmo implementado no arduino para controle do sistema. Ele foi aprimorado conforme testes e simulações efetuadas ao longo do desenvolvimento do protótipo.

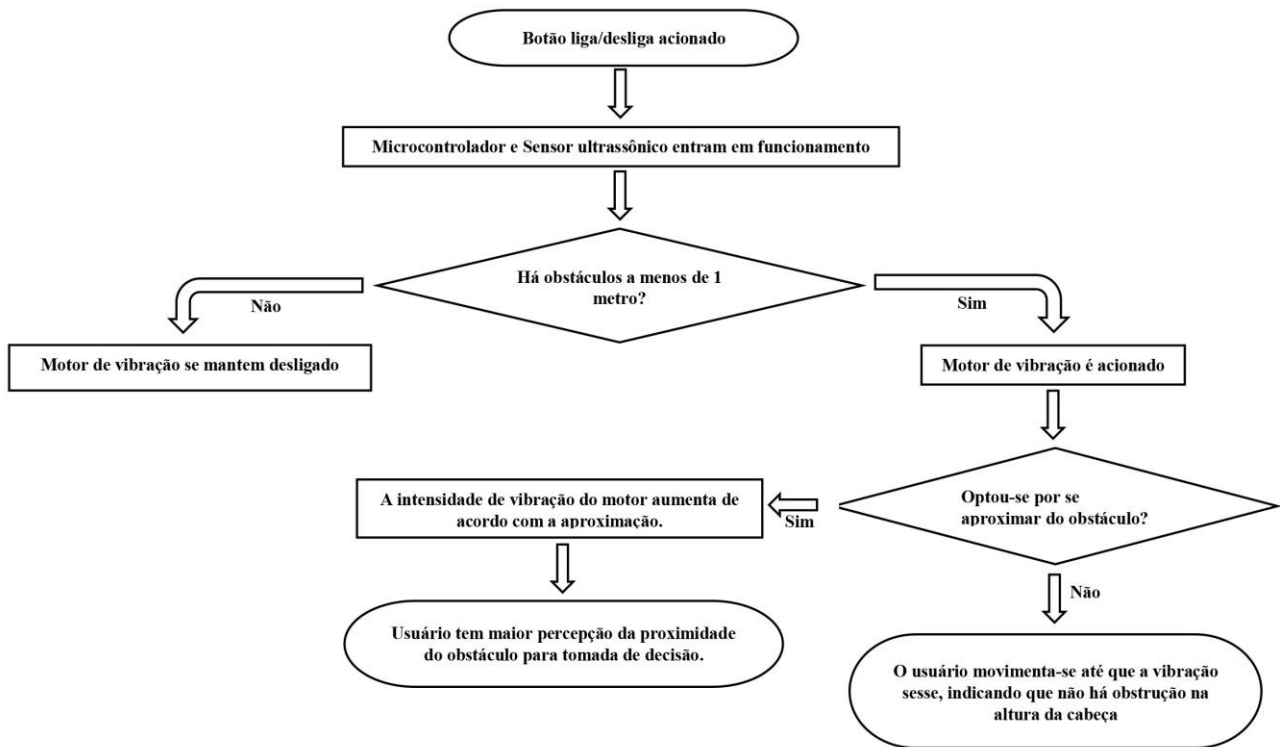


Figura 4. Fluxograma de Funcionamento do Sistema

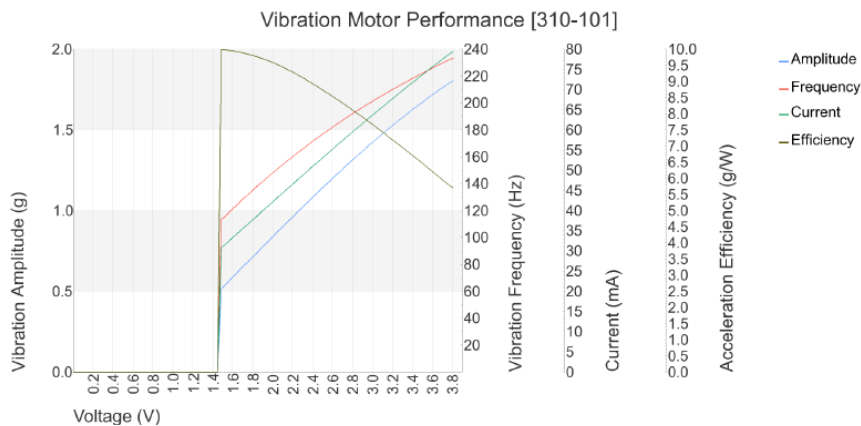


Figura 5. Gráfico de Tensão x Frequência de Vibração do motor de vibração utilizado (Precision Microdrives, 2016)

3. RESULTADOS

Para o estudo de ergonomia o circuito foi montado em um óculos comercial para definir a melhor disposição dos componentes. As Figs (6), (7) e (8) apresentam o protótipo desenvolvido.



Figura 6. Foto da vista frontal do protótipo

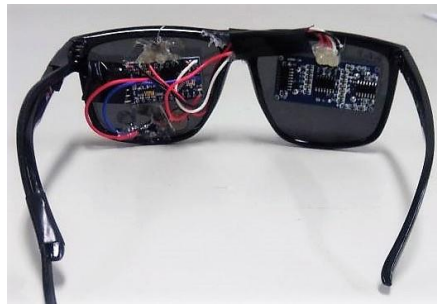


Figura 7. Foto da vista traseira do protótipo



Figura 8. Foto da vista lateral direita do protótipo

O modelo dispõe de um único par de emissor e receptor ultrassônico, localizado na lente direita dos óculos. O número reduzido de instrumentos implica em menor peso do produto, evitando o desconforto do usuário. Além disso, a lente direita é usada como referência do indivíduo na identificação de obstáculos. Ressaltando que é imprescindível a orientação e treinamento de como o usuário tem que se locomover. O ideal é movimentar a cabeça de maneira sistêmica a medida que se locomove, de forma a possibilitar uma varredura do local, fazendo com que o sensor identifique obstáculos presentes em todas as direções no raio de 1 metro.

4. CONCLUSÃO

O protótipo desenvolvido atendeu às demandas iniciais. A partir dos testes de bancada ficou evidente que a amplitude de vibração aumenta com a redução da distância entre os óculos e o obstáculo. O custo de fabricação foi inferior à R\$ 50,00 por unidade, caracterizando um instrumento de baixo custo. Se produzido em larga escala o custo de produção será ainda menor.

Para trabalhos futuros será projetado um óculos com estrutura exclusiva e apropriada para essa aplicação, que acomodará definitivamente os circuitos e dispositivos. Os próximos protótipos poderão ser construídos com auxílio de uma impressora 3D. Será adicionado ao projeto um aviso sonoro para indicar quando a bateria estiver próxima do nível mínimo necessário para alimentar o circuito.

5. REFERÊNCIAS

- AL-KHALIFA, Shurug; AL-RAZGAN, Muna. Ebsar: Indoor guidance for the visually impaired, College of Computer and Information Sciences, **Computers & Electrical Engineering**, v. 57, p. 26-39 2016
- Arduíno Pro Mini. Disponível em: < <https://store.arduino.cc/usa/arduino-pro-mini>>. Acesso em: 08 dez. 2017.
- BAHADIR, Senem K.; KONCAR, Vladan; KALAOGLU, Fatma. Wearable obstacle detection system fully integrated to textile strutures for visually impaired people. **Sensors and Actuators A: Physical**, v. 179, p. 297-311.
- Elecfreaks, Ultrasonic, **Ranging Module**, HC-SR04 datasheet.
- ELMANNAI, W.; ELLEITHY, K. Sensor-Based Assitive Devices for Visually-Impaired People: Current Status, Challenges, and Future Directions. **Sensors (Besel)**, v. 17, n. 3, p. 565-607, 2017.
- MACHADO, E. V.; MASI, I.; MAZZARO, J. L.; GARCIA, N.; LORA, T. D. P. **Orientação e mobilidade: Conhecimentos básicos para a inclusão de pessoa com deficiência visual**. Brasília: Ministério da Educação Secretaria de Educação Especial, 2003, p 1-167.
- Precision Microdrives, **10 mm Vibration Motor - 3 mm Type**, 310-101 datasheet, 2016.
- WEID, O. V. D. O Corpo estendido de cegos: cognição, ambiente, acomplamentos. **Sociologia&Antropologia**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 3, p. 935-960, 2015.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Universidade Federal de São João Del Rei por disponibilizar os equipamentos e espaço físico para realização das pesquisas, montagem e testes do protótipo.

6. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.

ANEXO A

```
// define os numeros dos pinos
#include "math.h"
const int sinalmotor = 11;
const int trigPin = 9;
const int echoPin = 10;
// define as variaveis
long duracao;
int distancia;
int tensaoMotor;
void setup() {
  pinMode(sinalmotor, OUTPUT); //Define sinalmotor como saida
  pinMode(trigPin, OUTPUT); // Define trigPin como saida
  pinMode(echoPin, INPUT); // Define echoPin como entrada
  Serial.begin(9600); // Inicia a comunicação serial
}
void loop() {
  // Clears the trigPin
  digitalWrite(trigPin, LOW);
  delayMicroseconds(5);
  // Sets the trigPin on HIGH state for 10 micro seconds
  digitalWrite(trigPin, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(trigPin, LOW);
  // Reads the echoPin, returns the sound wave travel time in microseconds
  duracao = pulseIn(echoPin, HIGH);
  // Calculo da distância
  distancia= duracao*0.034/2;
  tensaoMotor=-0.008*(distancia*distancia)-0.717*(distancia)+215;
  if (distancia <= 100) //Verifica se o objeto foi detectado
  {
    analogWrite(sinalmotor, tensaoMotor);
  }
  else {
    digitalWrite(sinalmotor, LOW);
  }
  // Prints the distance on the Serial Monitor
  Serial.print("Distância: ");
  Serial.println(distancia);
  Serial.print("tensaoMotor: ");
  Serial.println(tensaoMotor);
}
```