

CONTRUÇÃO DE UMA BENGALA GUIA ORIENTADA POR SENSORES

Paulo Henrique Rezende Macedo Júnior

phj611@hotmail.com

Stefano Schwenck Borges Vale Vita

stefano.vita@uniube.br

RESUMO –

Atualmente, a forma mais usada para pessoas com deficiência visual se locomoverem, é por meio da bengala guia, porém, desde sua criação em 1940 pelo professor Richard Hoover, não houve mudanças significativas no seu funcionamento, por isso, esse estudo se objetivou em criar uma bengala guia, que funcionará por meio de , orientará seu usuário, o alertando de possíveis obstáculos em seu caminho. Além disso, a nova bengala deverá ser produzida com o menor custo possível, sem que seu funcionamento seja prejudicado, utilizando placas e sensores mais baratos.

Palavras-chave: Sensores. Bengala guia. Deficiência visual.

CONSTRUCTION OF A SENSOR-ORIENTED GUIDE WALK –

ABSTRACT –

Currently, the most used way for people with visual impairment to move around is through the guide cane, however, since its creation in 1940 by the Professor Richard Hoover, there were no significant changes in its operation, so this study aimed to create a new guide cane, which will work through sensors to guide its user, alerting him of possible obstacles in his way. In addition, the new cane should be produced at the lowest possible cost, without its operation being impaired, using cheaper boards and sensors.

1 INTRODUÇÃO

De acordo com os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 2010, 3,5% da população brasileira têm deficiência visual, desses, 528.624 são cegos e, 6.056.654 possuem baixa visão ou visão subnormal, e, a forma mais fácil e acessível para essas pessoas se locomoverem é com a bengala guia, esse objeto é utilizado como uma extensão do corpo da pessoa, que, quando utilizada, orienta seu usuário sobre o terreno, e identificará obstáculos que estejam abaixo da cintura.

Porém, mesmo com a bengala, pessoas com deficiência ainda tem dificuldades para se locomoverem, principalmente aquelas que não são cegas de nascença, pois a dificuldade de adaptação depois de adulto é maior, por isso, este estudo tem como objetivo desenvolver e criar uma bengala guia eletrônica que alerte o usuário de possíveis obstáculos em seu caminho, além de ser de fácil uso e resistente.

A criação da bengala guia e das técnicas de como utilizá-las foram criadas em 1940 por Richard Hoover e Warren Bledsoe, que trabalharam na escola para cegos de Maryland,

quando o conselho em Valley Forge discutia sobre o que fazer com um grupo recém-chegado de soldados cegos, Hoover considerou que a primeira coisa que eles deveriam saber era como circular. Após este episódio, Hoover e Bledsoe discutiram sobre a funcionalidade do uso somente da ecolocação para obstáculos na caminhada, como acontecia em Avon(SONIA, 2009).

Outros artifícios foram criados para facilitar a vida do deficiente visual, como por exemplo o cão-guia, que, é um cachorro adestrado para guiar pessoas cegas ou com deficiência visual, ele deve ser capaz de discernir obstáculos e perigos para o seu dono, requerindo que estes tenham uma inteligência elevada, além de passarem por um treinamento rigoroso. Além disso, este treinamento pode levar até dois anos, e o custo médio para se preparar um cão-guia é de aproximadamente 100 mil reais, tornando-o inacessível para a grande maioria das pessoas no mundo.

Este estudo tem o objetivo de criar um modelo de bengala guia, que examine o caminho em busca de obstáculos e o alerte para que ele desvie desses, evitando acidentes e facilitando a locomoção de pessoas com deficiências visuais.

O modelo de bengala proposto por este estudo examinará e discernirá os obstáculos por meio da leitura de um sensor, que irá ler o ambiente e prover sinais diferentes dependendo da distância até eles, além disso, o modelo desse estudo tem que, também, ser de fácil uso para o usuário, e resistentes.

Atualmente, existe hoje no mercado a WeWalk, que é um modelo de bengala eletrônica, que além de identificar os obstáculos no caminho, tem conexão com o celular e uma própria assistente ativada por voz, porém, o preço dela é US\$ 749,00 (o que seria equivalente a R\$ 4010,15) o que faz com que ela não seja acessível para todas as pessoas, portanto, a bengala deste estudo deve ser barata, para isso, usando de sensores ao invés de câmeras, e placas com custo menor, desde que não afetem no funcionamento do sistema.

Os abjetivos específicos deste projeto são:

- Escolher o tipo de sensor que será utilizado para identificar os obstáculos.
- Escolher a placa e os componentes que serão utilizados com o sensor escolhido.
- Desenvolver o programa para a placa que integre os componentes já criados e escolhidos.
- Desenvolver um programa para celular, com um método de alerta para o usuário.
- Montar uma bengala que seja de fácil utilização e consiga suportar todo o sistema.

1 FUNDAMENDATAÇÃO TEÓRICA

Esta seção abrange o referencial teórico relevante e necessário para a composição desse trabalho, através de conceitos e definições utilizadas para melhor compreensão dessa aplicação.

1.1 MODELOS EXISTENTES

Hoje, já foram inventados alguns modelos de bengalas guia eletrônica, como a “bengala inteligente” criada pelos alunos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) que tem como objetivo simular o comportamento de um cão-guia, identificando os obstáculos automaticamente desviando deles. Outra bengala eletrônica é a “Smartcane”, que não difere de

uma bengala comum na questão de locomoção, mas essa identifica e notifica ao usuário amigos e parentes em um raio de até 10 metros, quando é detectado algum conhecido, a bengala manda um sinal vibratório e avisa ao usuário quem se aproxima através de um fone de ouvido *bluetooth*.

Porém, o único modelo de bengala eletrônica que existe no mercado com o objetivo de ajudar as pessoas a se locomoverem é a “WeWalk”, uma bengala que além de detectar obstáculos, tem sincronização com celulares, tem a própria assistente de voz e se conecta ao Google Maps para melhor locomoção, porém, seu preço não é acessível para todas as pessoas.

1.2 BENGALA GUIA

A bengala guia é utilizada por pessoas com deficiência visual, seja ela parcial, onde a cor da bengala normalmente é verde, totalmente cegas, onde a cor normalmente é branca, ou quando a pessoa também tem deficiência auditiva a cor usada é branca com vermelho. O usuário usa o corpo da bengala como se fosse uma extensão do próprio braço, usando para tatear a sua frente em busca de obstáculos e desníveis, para que se possa desviar de antemão evitando acidentes e possíveis quedas e machucados.

1.3 SENSORES

Sensores são tipos de dispositivos que reagem a diferentes tipos de estímulos de maneiras específicas, produzindo um sinal elétrico que pode ser usado para diferentes tipos de aplicações, o que diferencia os sensores uns dos outros, são os diferentes tipos de estímulos para o qual eles respondem que podem variar entre pressão, luz, calor, entre outros.

1.3.1 Sensor Ultrassônico

Um transdutor ultrassônico que converte energia em ondas sonoras de alta frequência (ultrassom) para detectar a presença e a distância de objetos em seu campo de detecção. Este emite pulsos sonoros e mede a distância pelo tempo que leva para o som refletido retornar ao sensor.

Os sensores ultrassônicos são muito utilizados em uma variedade de aplicações, como medição de distâncias, detecção de obstáculos, automação, sistemas de estacionamento, sistemas de segurança e muito mais. A Figura 1, ilustra o funcionamento desse sensor

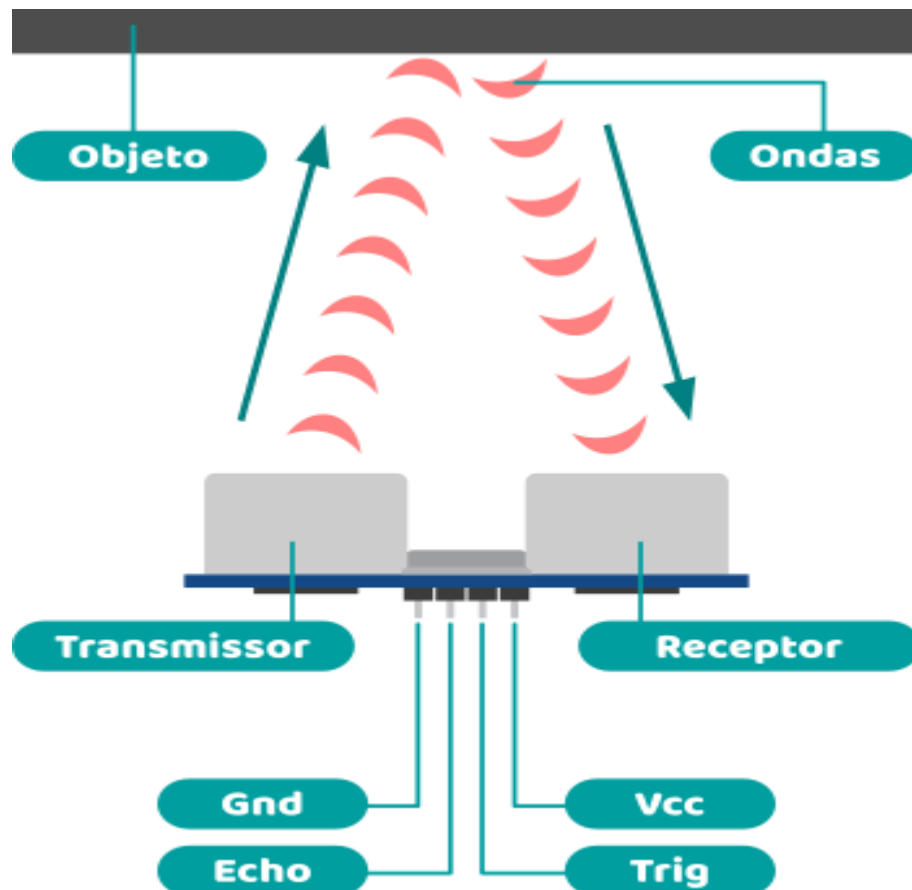
Entre as vantagens desse sensor estão:

- Não tem contato com objeto medido.
- Não tem componentes móveis.
- Pode ser utilizado em qualquer material que não possua absorção sonora.
- Cor e objetos transparentes não influenciam a medição desse sensor.

Porém, esse sensor também possui desvantagens, essas são:

- Não consegue distinguir objetos pequenos de grandes.
- Não consegue medir em materiais que absorvam o som.
- Ângulo de detecção limitado.

Figura 1 – Exemplo do funcionamento de um sensor ultrassônico.



Fonte 1 – Kit Makers

Na figura 1, podemos ter uma melhor visualização de como um sensor ultrassônico funciona, no primeiro passo, temos o transmissor enviando as ondas, que então, irão se

encontrar com algum objeto, e então, refletir de volta para o receptor, a distância é medida pela demora que a onda leva para sair do transmissor e chegar até o receptor.

Mais abaixo na imagem, temos a pinagem, GND se refere ao terra, VCC é onde a tensão necessária deve entrar, e Echo e Trig se referem ao receptor e transmissor, respectivamente.

1.4 MICROCONTROLADORES

Um microcontrolador é um dispositivo eletrônico programável que integra em um único chip um núcleo de processamento, memórias, periféricos de entrada/saída entre outros. Os microcontroladores são amplamente utilizados em uma variedade de aplicações que requerem controle e monitoramento de hardware em tempo real, como por exemplo controle de sistemas embarcados, monitoramento, sensoriamento, Automação, projetos eletrônicos e prototipagem.

1.4.1 Arduino Uno

O Arduino Uno é uma placa de desenvolvimento muito utilizada no mundo da eletrônica, isso se deve pelo seu preço acessível e suas várias utilidades, podendo trabalhar com várias aplicações como sensores, motores, leds, entre outros. Esta utiliza um microcontrolador da família ATmega de 8 bits.

A placa possui uma porta USB para conexão com o computador, o que permite a programação do microcontrolador, que é feita usando a linguagem de programação Arduino, que é baseada em C/C++, é realizada normalmente pela Arduino IDE (Ambiente de Desenvolvimento Integrado), mas pode ser feita por outras ferramentas compatíveis.

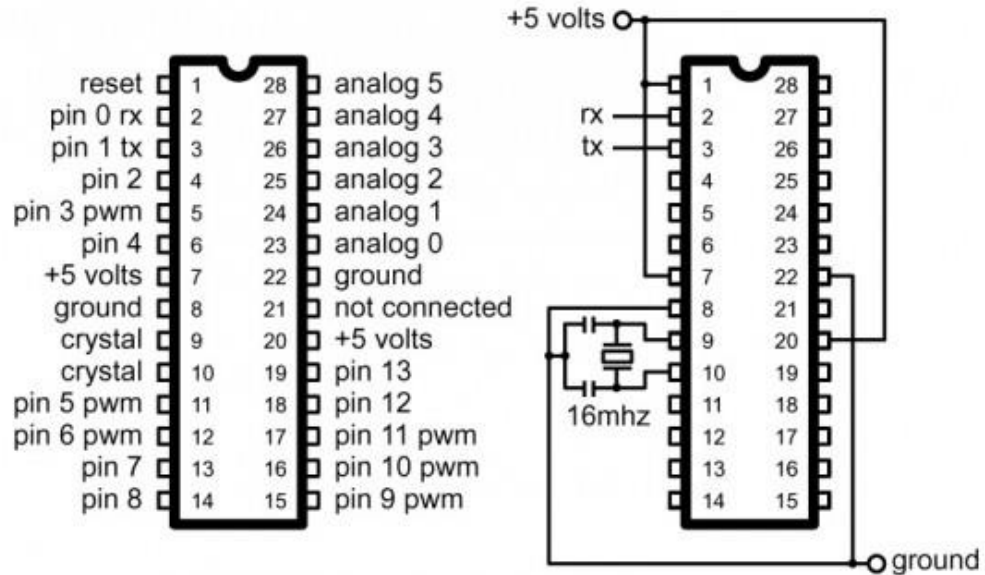
1.4.2 ATmega328P

O ATmega328P é um microcontrolador criado pela Atmel na família megaAVR. Ele é baseado na arquitetura RISC de 8 bits e opera a uma frequência de clock de 16 MHz, além de possuir 32 KB de memória flash para armazenamento de código, 2 KB de RAM e 1 KB de memória EEPROM.

Esse microcontrolador possui 28 pinos onde 14 são digitais para entrada e saída, estes possuem apenas dois estados, ligado(HIGH) e desligado(LOW), quando se está ligado ele apresenta uma tensão de 5V e quando se está desligado não apresenta tensão. 6 pinos são pinos de entrada analógica ou entrada e saída digital. 5 são para alimentação (5V, terra, referência

analógica). 2 pinos são para conexão de um cristal oscilador , e o último pino é para reset. A figura 2, traz uma imagem detalhada sobre a pinagem do ATmega328p.

Figura 5 – pinagem do ATmega328P.



Fonte: Nova elétrica

Algumas das vantagens do ATmega328p são:

- Amplamente suportado pela comunidade.
- Baixo custo.
- Baixo consumo de energia.
- Conjunto de instruções RISC eficiente.
- Memória adequada.
- Portas de E/S versáteis.
- Comunicação Serial integrada.

1.5 BLUETOOTH

O Bluetooth é um padrão global de comunicação sem fio e de baixo consumo de energia, foi criado em 1994 pela empresa Ericsson, e é uma tecnologia de curto alcance que permite a troca de dados entre dispositivos eletrônicos. Hoje, o bluetooth está integrado na grande maioria de smartphones, além de estarem presentes em fones de ouvido, alto-falantes, teclados, mouses e muitos outros dispositivos eletrônicos.

1.5.1 HC-06

O módulo bluetooth HC-06 trabalha como o Protocolo Bluetooth v2, e serve para estabelecer comunicações sem fio em um curto alcance, enviando dados para outro dispositivo via bluetooth. Este módulo funciona apenas como “escravo”, o que significa que pode ser emparelhado com um dispositivo “mestre”, como um smartphone ou computador. O HC-06 é muito utilizado no mundo da eletrônica devido ao seu baixo custo e fácil configuração podendo ser conectado a uma variedade de dispositivos, como microcontroladores, placas Arduino e Raspberry Pi.

3 METODOLOGIA

Primeiro, deve ser decidido qual tipo de sensor a ser utilizado, o que provavelmente terá um melhor funcionamento é o ultrassônico, pois apresenta poucos pontos negativos para ser usado para esse projeto, porém, testes serão feitos também com sensores infravermelho, que apesar de serem mais imprecisos, tem mais alcance e são mais baratos. Contudo, se esses não apresentarem resultados consistentes, será utilizado uma câmera, que apesar de ser bem mais precisa, é mais cara, precisa de uma placa melhor e leva mais tempo para ser implementada.

O segundo passo é escolher ou desenvolver a placa que será usada para suportar a bengala, dependendo do sensor e da complexidade do sistema, a placa terá de ser melhor e conseqüentemente mais cara, ou teria que ser adicionado mais componentes para suportar o projeto.

O próximo passo é desenvolver o programa para conectar a placa com o sensor escolhido e com o módulo bluetooth, sendo que este deve mandar os dados da leitura do sensor de uma maneira organizada para o celular, para a leitura do aplicativo.

Então, deve-se criar um aplicativo que seja de uso simples, consiga conectar via bluetooth com a placa e seus componentes, consiga ler os dados recebidos da placa e avisar ao usuário por meio de sinais dos obstáculos no caminho.

O último passo será escolher o material da bengala e montar a estrutura para suportar o projeto e todos os componentes acoplados a ele.

3.1 DESENVOLVIMENTO

Depois de analisar os prós e contras dos sensores selecionados, o que foi escolhido é o sensor ultrassônico HC-SR04, pois é um sensor preciso, de fácil configuração, e tem um preço muito acessível, podendo ser encontrado no mercado por menos de 15 reais.

A placa selecionada para este projeto foi a Arduino Uno, pois esta é uma placa barata, de fácil utilização, e que integra bem com o restante dos componentes escolhidos para este projeto.

Depois de selecionado o sensor, e a placa, é necessário testar o funcionamento desses antes de prosseguir, então, foram feitos testes junto a um buzzer (Uma pequena campainha de para sinalização de áudio) e uma régua, para determinar se a distância medida por ele estava correta e ao mesmo tempo fazendo com que ele emita sons diferentes a distâncias diferentes. A figura 3 traz o código utilizado na placa

Fonte 3 – Autoria própria



```

1 const int trigPin = 2;
2 const int echoPin = 3;
3 const int buzzerPin = 4;
4
5 void setup() {
6   Serial.begin(9600);
7
8   pinMode(trigPin, OUTPUT);
9   pinMode(echoPin, INPUT);
10  pinMode(buzzerPin, OUTPUT);
11 }
12
13 void loop() {
14   digitalWrite(trigPin, LOW);
15   delayMicroseconds(2);
16
17   digitalWrite(trigPin, HIGH);
18   delayMicroseconds(10);
19   digitalWrite(trigPin, LOW);
20
21   long duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
22   float distance = duration * 0.0343 / 2;
23
24   Serial.print("Distancia: ");
25   Serial.print(distance);
26   Serial.println(" cm");
27
28   if (distance < 10) {
29     tone(buzzerPin, 1000); // Frequência: 1000Hz
30   } else if (distance < 20) {
31     tone(buzzerPin, 800); // Frequência: 800Hz
32   } else if (distance < 30) {
33     tone(buzzerPin, 600); // Frequência: 600Hz
34   } else if (distance < 40) {
35     tone(buzzerPin, 400); // Frequência: 400Hz
36   } else if (distance < 50) {
37     tone(buzzerPin, 200); // Frequência: 200Hz
38   } else {
39     noTone(buzzerPin); // Desliga o buzzer
40   }
41
42   delay(1000);
43 }
44

```

Figura 3 – código na plataforma “Arduino”

Depois dos testes com o sensor, foi acoplada a placa Arduino o módulo bluetooth hc-06 para conexão com o celular, uma bateria de 9 volts, e um interruptor para ligar e desligar os componentes da placa, e depois de testados, foi desenvolvido o código para se usar na placa. A figura 4 é a parte montada do projeto.

Fonte 4 – Autoria própria

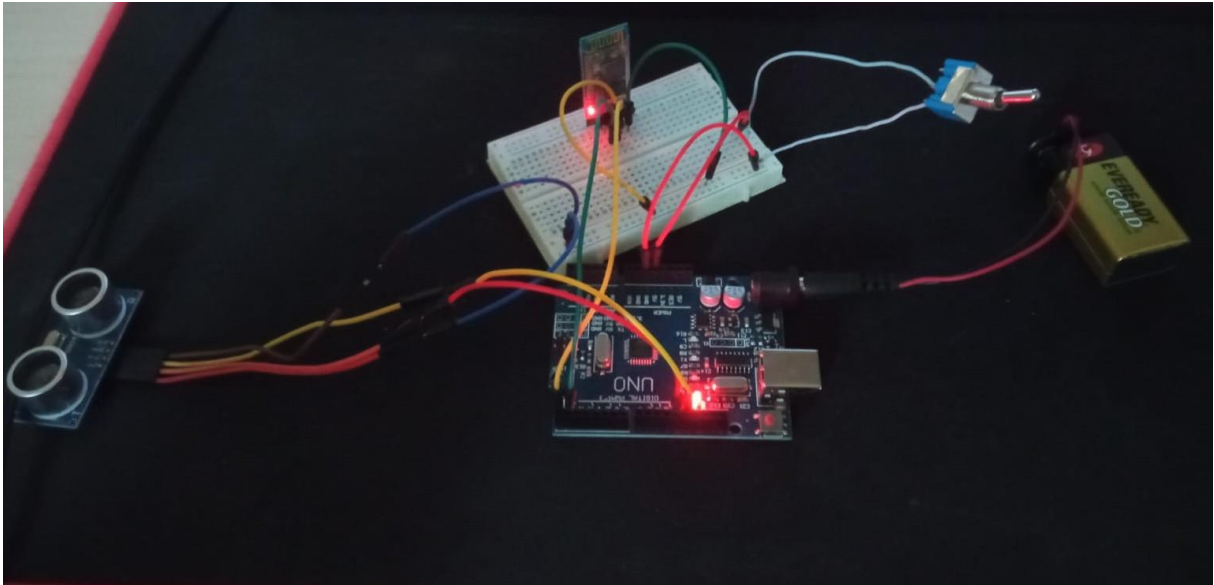


Figura 4 – Parte eletrônica do projeto montado

Na parte esquerda da foto, é possível observar o sensor ultrassônico, que está conectada ao Arduino e uma protoboard, que foi utilizada para facilitar as conexões do projeto. Na parte direita, é possível notar uma bateria de 9 volts, que está ligada diretamente na placa e fornecendo bateria para todo o projeto. Na parte central superior, conectada a protoboard está o módulo bluetooth HC-06. A Figura 5 ilustra o código usado na placa Arduino.

Fonte 5 – Autoria própria



```

const int echo = 13;
const int trig = 12;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(trig, OUTPUT);
  pinMode(echo, INPUT);
}

void loop() {
  digitalWrite(trig, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(trig, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(trig, LOW);

  unsigned long duracao = pulseIn(echo, HIGH);
  int distancia = duracao/58
  Serial.println(distancia);
  delay(1000);
}

```

Figura 10 – Código na plataforma “Arduino”

Nesse código, a cada 1 segundo será feita uma leitura do ambiente, buscando a distancia do sensor até o objeto.

Depois disso, foi iniciada a programação do aplicativo que será utilizado em conjunto com a bengala, para a criação, foi usado o site MIT App Inventor, que é uma aplicação de código aberto originalmente criada pela Google, e atualmente mantida pelo Massachusetts Institute of Technology, que permite a criação a criação de aplicativos para smartphones que rodam o sistema operacional android.

O aplicativo foi programado no sistema de blocos, e o design ficou simples, com um botão para conectar, um para desconectar e um campo mostrando a distância medida pelo sensor, além disso, o aplicativo emite um sinal sonoro quando o objeto está de 10 a 30

centímetros da bengala, e outro tipo de sinal para quando está de 0 a 10 centímetros. A figura 6 mostra o código utilizado neste aplicativo

Fonte 6 – Autoria própria

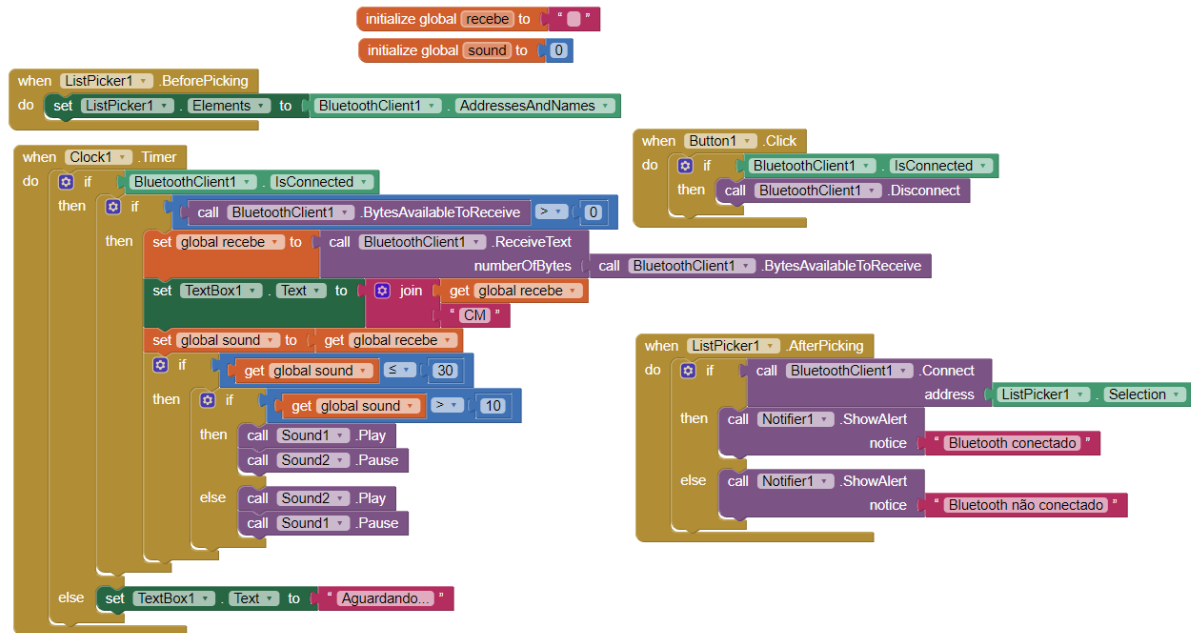


Figura 6 – código na plataforma “MIT app inventor”

Depois de testar o código do aplicativo, foi iniciado a parte física do projeto, para a criação do protótipo foi usado um simples cano de pvc, uma vasilha de plástico onde os eletrônicos ficarão depositados e duas braçadeiras algumas braçadeiras para juntar a vasilha e o cano.

Terminado de montar o projeto, foi feito o teste na prática simulando uma pessoa com deficiência visual a usando, como o sensor só mandava sinais a cada segundo, as vezes a bengala encostava na parede antes do sinal ser emitido pelo celular, então foi reduzido o tempo de envio para meio segundo. Porém, isso gerou outro problema, a placa estava mandando sinais mais rápidos do que o aplicativo conseguia receber, gerando 1 ou 3 leituras a cada envio, então as variáveis que medem a distância, ao invés de receber um valor fixo como “50”, recebia dois valores, como “50 50”, fazendo com que o aplicativo parasse de funcionar. Para contornar este problema, foi colocado outro bloco na programação, especificando que quando o envio ultrapassasse 3 dígitos, ele fosse reduzido a 3 novamente, pegando apenas uma leitura do sensor.

Além disso a distância dos sinais sonoros também fora modificada para compensar o atraso do sinal chegar até o aplicativo, ficando 65 para o primeiro sinal e 20 para o segundo. A figura 7 ilustra essa mudança.

Figura 7 – Autoria própria

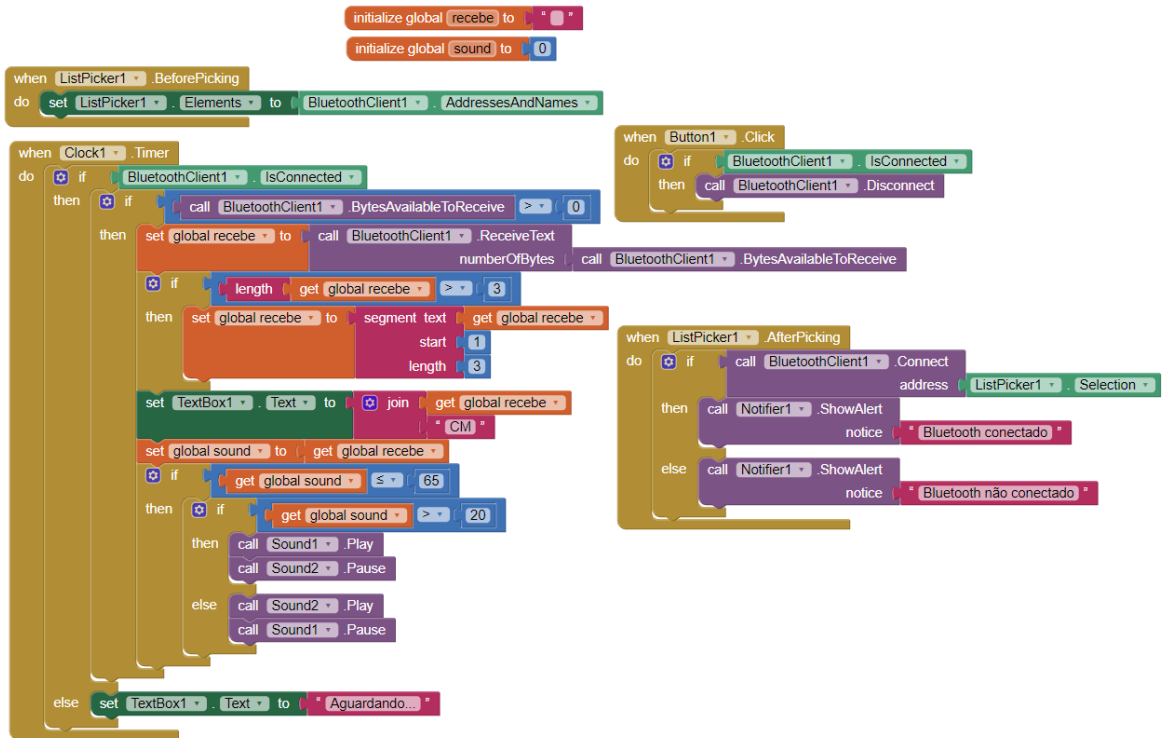


Figura 7 – código na plataforma “MIT app inventor”

Com esse problema resolvido, foi alterada mais uma vez a quantidade de envios por segundo do sensor para a bengala para uma maior precisão, na última alteração ficou 5 leituras do sensor por segundo.

Porém, mesmo com essas alterações o tempo de resposta ainda não estava satisfatório, a primeira hipótese da razão para isso acontecer era que o tempo do ciclo até o sinal sonoro era muito demorado, ou seja, até o sensor ultrassônico fazer a leitura do ambiente, passar para o Arduino, o sensor bluetooth HC-06 mandar as informações para o Smartphone, e o aplicativo fazer a tratativa do sinal leva muito tempo quando se trata de mobilidade. Para se testar isso, foi novamente utilizado o Buzzer diretamente na placa Arduino, assim poderia ser testado se o tempo de resposta diminuiria, e com isso, o código da placa foi alterado mais uma vez. A figura 8 mostra o código com as respectivas mudanças.

Fonte 8 – Autoria própria

```
tcc
1 const int echo = 13;
2 const int trig = 12;
3 #define BUZZER_PIN 9
4
5 void setup() {
6   Serial.begin(9600);
7   pinMode(trig, OUTPUT);
8   pinMode(echo, INPUT);
9   pinMode(BUZZER_PIN, OUTPUT);
10 }
11
12 void loop() {
13   digitalWrite(trig, LOW);
14   delayMicroseconds(2);
15   digitalWrite(trig, HIGH);
16   delayMicroseconds(10);
17   digitalWrite(trig, LOW);
18
19   unsigned long duracao = pulseIn(echo, HIGH);
20   int distancia = duracao/58;
21   Serial.println(distancia);
22   if (distancia < 40 || distancia > 20){
23     tone(BUZZER_PIN, 500);
24   }else if (distancia <= 20){
25     tone(BUZZER_PIN, 900);
26   }else{
27     noTone(BUZZER_PIN);
28   }
29   delay(200);
30 }
```

Figura 8 - Código na plataforma “Arduino”

Testando a bengala com as duas formas de avisos por som, ficou muito perceptível a diferença de tempo dos dois sinais sonoros, enquanto com o buzzer a resposta era automática, o aplicativo demorava de 0,5 a 1,5 segundos para reproduzir o sinal.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram feitos vários testes com a bengala para determinar se essa seria uma boa ferramenta para pessoas detentoras de deficiência visual usarem no dia a dia, sejam elas com perda total de visão ou parcial. Os testes foram feitos simulando o uso de uma bengala normal, ou seja, usando da técnica de varredura onde a pessoa desliza a bengala de um lado para o outro à frente do corpo, tocando o chão e detectando obstáculos como degraus, buracos, objetos e outras obstruções que possam representar riscos à locomoção, no protótipo feito por esse estudo, o sensor ficou na ponta, atrapalhando o toque no chão, porém como o objetivo do protótipo desenvolvido é identificar objetos a frente do usuário, não atrapalhou nos testes realizados.

Nos testes foi possível perceber que nem sempre o sensor conseguia ler com sucesso a distância da bengala até um obstáculo, e isso se deve à forma que transdutores ultrassônicos funcionam. O primeiro problema, é que como um sensor emite ondas sonoras em um ângulo de feixe específico, se o sensor for posicionado de forma que o ângulo do feixe seja direcionado para uma superfície inclinada ou um objeto que desvie o som para longe do sensor, pode ocorrer a situação em que o sinal não retorna ao sensor, ou retorne um sinal com valores incorretos.

Além disso, materiais com a capacidade de absorver o som, podem afetar o desempenho deste sensor, fazendo com que o sensor receba um eco mais fraco ou até mesmo não detecte o objeto corretamente e resultando em leituras imprecisas ou na ausência de detecção do objeto. Objetos como por exemplo sofás (por possuírem espumas grossas e pano em sua composição), tecidos grossos, superfícies macias, entre outros,

Mesmo com esses contrapontos, na maioria das vezes, o sensor ainda conseguia fazer uma leitura do ambiente de forma satisfatória, e quando utilizado com a forma de sinal sonoro pelo buzzer, é possível identificar e desviar dos obstáculos automaticamente, e caso o usuário esteja em um ambiente mais barulhento ou que não se sinta confortável em utilizar esse sinal sonoro, ainda é possível utilizar o smartphone e um fone de ouvido com a conexão bluetooth, que apesar de ter mais atraso quando comparado com o buzzer, ainda fornece uma ajuda considerável a pessoas que detêm essa deficiência.

5 CONCLUSÕES

Este estudo teve como objetivo explorar e criar um modelo melhorado da bengala guia para pessoas com deficiência visual, que é usada como uma extensão do braço da pessoa, e, quando utilizada corretamente, fornece ao usuário informações do terreno para o usuário, o modelo deste estudo usa sensores na ponta da bengala para identificar e informar ao usuário dos obstáculos e deformações no seu caminho, o que faz com que o usuário tenha informações mais precisas do ambiente ao seu redor. Além disso, este estudo também teve como objetivo produzir uma bengala que fosse relativamente barata, para que fosse acessível para a maioria da população.

Também foi estudado melhores maneiras de sincronizar placas de circuito impresso com sensores, e, estudar e criar formas de inclusão para pessoas que tem baixa visão ou são completamente cegas, assim, foi possível concluir que uma bengala guia, que utiliza de componentes eletrônicos para facilitar a locomoção de pessoas cegas e tem um baixo custo, é executável, desde que o usuário não dependa unicamente dos sensores para sua locomoção, a utilizando juntamente com a técnica de varredura para melhor precisão.

Para trabalhos futuros recomendo que, sejam estudadas formas melhores e mais rápidas da conexão com o Smartphone, seja com bluetooth, ou com outros tipos. Além disso, deve-se encontrar maneiras de melhorar a leitura do ambiente, podendo ser com o sensor ultrassônico, ou mudando o tipo de sensor para se adequar melhor ao ambiente.

6 REFERÊNCIAS

PESSOAS COM DEFICIÊNCIA. IBGE EDUCA. Acesso em: 15 de novembro de 2022. Disponível em: <https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/populacao/20551-pessoas-com-deficiencia.html>.

WeWalk. Acesso em 15 de novembro de 2022. Disponível em: <https://wewalk.io/en/>.

HOFFMAMN, Sonia, História do Uso e das Técnicas de Manejo da Bengala. Acesso em 15 de novembro de 2022. Disponível em: <http://www.bengalalegal.com/uso-de->

[bengala#:~:text=Bledsoe%20e%20outros%20instrutores%20aprenderam,deles%20a%20aprender%20esta%20t%C3%A9cnica.](#)

Bengala inteligente. Acesso em 20 de novembro de 2022. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/vitrinetecnologica/maquinas-e-equipamentos/bengala-inteligente/>

Smartcane, a bengala que reconhece rostos. Acesso em 22 novembro de 2022. Disponível em: <https://opticanet.com.br/secao/imprensa/9249/smartcane-a-bengala-que-reconhece-rostos>

VILELA, Flavia, IBGE: 6,2% da população tem algum tipo de deficiência. Acesso em 22 de novembro de 2022. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2015-08/ibge-62-da-populacao-tem-algum-tipo-de-deficiencia>

Pinagem Microcontrolador ATmega328 – Arduino. Acesso em 27 de julho de 2023. Disponível em: <https://blog.novaeletronica.com.br/piinagem-ci-atmega328-arduino/>

O que é um sensor ultrassônico?. Acesso em 27 de julho de 2023. Disponível em: <https://www.kitsarduino.com.br/cmp/ultrassonico.html>

6 AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha sincera gratidão a todas as pessoas que contribuíram para a realização deste trabalho e me apoiaram ao longo dessa jornada.

Principalmente a meu pai, minha mãe e minha irmã que me apoiaram durante todo o processo, seja com palavras de encorajamento, suporte emocional ou compreensão, meu sincero agradecimento.