



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
NÚCLEO DE DESENVOLVIMENTO AMAZÔNICO EM ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM COMPUTAÇÃO APLICADA

LUIZ CARLOS DE SOUZA BARBOSA

BENGALA INTELIGENTE: Um modelo para apoio à navegação de deficientes
visuais baseado em reconhecimento de cores.

Tucuruí - PA
2019

LUIZ CARLOS DE SOUZA BARBOSA

BENGALA INTELIGENTE: Um modelo para apoio à navegação de deficientes visuais baseado em reconhecimento de cores.

Texto dissertativo apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada do Núcleo de Desenvolvimento Amazônico em Engenharia, da Universidade Federal do Pará, como requisito para a obtenção de créditos referentes à Dissertação.

Orientador: Prof. Dr Bruno Merlin.

Tucuruí - PA

2019

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a)
autor(a)**

Barbosa, Luiz Carlos de Souza
Bengala inteligente : Um modelo para apoio à navegação
de deficientes visuais baseado em reconhecimento de cores.
/ Luiz Carlos de Souza Barbosa. — 2019.
xv, 62 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Bruno Merlin
Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em
Computação Aplicada, Núcleo de Desenvolvimento
Amazônico em Engenharia, Universidade Federal do Pará,
Tucuruí, 2019.

1. Bengala. 2. Deficiente visual. 3. Dispositivo móvel.
4. Navegação. 5. Orientação. I. Título.

CDD 005.269

LUIZ CARLOS DE SOUZA BARBOSA

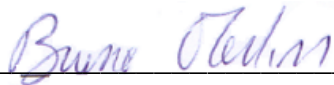
BENGALA INTELIGENTE: Um modelo para apoio à navegação de deficientes visuais baseado em reconhecimento de cores.

Texto dissertativo apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada do Núcleo de Desenvolvimento Amazônico em Engenharia, da Universidade Federal do Pará, como requisito para a obtenção de créditos referentes à Dissertação.

Orientador: Prof. Dr Bruno Merlin.

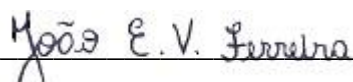
Aprovada em: 28 de Maio de 2019.

BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. Bruno Merlin – UFPA / Tucuruí – Orientador

Prof. Dr. Heleno Fülber – UFPA / Tucuruí



Prof. Dr. João Elias Vidueira Ferreira – UFPA / Tucuruí

Dedico à minha avó Amália Caroline da Silva Costa, um exemplo para mim, uma guerreira que nunca se abalou perante as grandes dificuldades da vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus, em primeiro lugar, por me permitir viver e poder desfrutar de um momento tão abençoado, e cheio de aprendizado.

À minha esposa Marcilene e à minha filha Laís, por estarem sempre ao meu lado proporcionando momentos de carinho e descontração, pelo apoio incondicional, pela compreensão nos momentos de ausência, pelo abraço no momento de cansaço, pelo amor que posso sentir naturalmente no convívio do dia-a-dia.

A toda minha família, em especial meus pais, pelo amor, paciência e apoio sempre, o que me permite ser forte para romper as barreiras da vida, e aos meus irmãos e irmãs, por estarem sempre prontos para contribuir, seja com palavras ou com ações.

Ao meu orientador Bruno Merlin pela dedicação na realização deste projeto e paciência nos momentos de dificuldade.

Aos professores Heleno Fülber e João Elias Vidueira, pela participação nas bancas de defesa e de qualificação deste projeto com contribuições de grande valia para o amadurecimento do processo.

À Professora Viviane Almeida, pela disponibilidade e esforço para resolução dos problemas na condição de Coordenadora do Programa.

À equipe de professores, e de colaboradores do programa de pós-graduação em computação aplicada pela colaboração e paciência.

Aos meus colegas de turma, pelas contribuições neste projeto, pela confiança em me nomear representante discente da turma, pela parceria nas aulas e nos trabalhos, pelo aprendizado com o compartilhamento das experiências de cada um e pela amizade que permanece.

A todos que contribuíram de forma direta ou indireta para a concepção deste projeto.

*“Se os meus olhos não me deixam
obter informações sobre homens e
eventos, sobre ideias e doutrinas, terei de
encontrar uma outra forma.”*

Louis Braille.

RESUMO

Este trabalho apresenta o projeto de desenvolvimento de um sistema de apoio à navegação para deficientes visuais baseado na proposta de utilização de uma bengala com dispositivos eletrônicos e um dispositivo móvel, visando auxiliar o deficiente visual a encontrar setores e se locomover de forma autônoma em um ambiente mapeado. O mapeamento dá-se através da implantação de faixas com cores diferentes em pontos estratégicos onde cada grupo de cor identifica o setor em que for implantado. Uma vez mapeado, será possível percorrer o ambiente com o apoio da bengala equipada com um sensor RGB para coleta das cores, um motor de vibração para realizar um feedback tátil, e um microcontrolador com módulo Wi-Fi para se conectar ao dispositivo móvel. De acordo com o respectivo conjunto de cores capturado pelo sensor, o usuário recebe uma informação correspondente a um local, percurso ou objeto através de voz. Para verificar a aplicabilidade, foram implantados dois mapas, um em ambiente interno e outro externo. As avaliações de funcionalidades foram realizadas com o apoio de um grupo de voluntários que realizaram o percurso utilizando o dispositivo. Como resultados foram apresentados dados qualitativos das funcionalidades do sistema, coletados durante os experimentos, através da observação do comportamento do sistema e aplicação de questionários aos usuários.

Palavras-chave: Bengala. Deficiente visual. Dispositivo móvel. Navegação. Orientação.

ABSTRACT

This work presents the project to develop a navigation support system for the visually impaired, based on the proposal to use a cane with electronic devices and a mobile device, aiming to help the visually impaired to find sectors and to move autonomously in a environment mapped. Mapping takes place through the implantation of bands with different colors at strategic points, where each color group identifies the sector in which it is implanted. Once mapped, it will be possible to navigate the environment with the support of the cane equipped with an RGB sensor for color collection, a vibration motor for tactile feedback, and a microcontroller with Wi-Fi module to connect to the mobile device. According to the respective set of colors captured by the sensor, the user receives information corresponding to a location, route or object by voice. To verify the applicability, two maps were implanted, one in internal and one external environment. Functional evaluations were performed with the support of a group of volunteers who made the route using the device. As results, qualitative data were presented of the system functionalities, collected during the experiments, through observation of the behavior of the system and application of questionnaires to the users.

Keywords: Cane. Visually Impaired. Mobile. Navigation. Guidance.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Protótipo do Módulo Sensor	20
Figura 2: Equipamentos Usados nos Experimentos	20
Figura 3: Arquitetura do Olho Biônico	21
Figura 4: Modelo da Bengala Virtual.....	22
Figura 5: Representação sistema	22
Figura 6: Teste com o navatar	23
Figura 7: Esquema do talkingcane	24
Figura 8: Esquema de alinhamento	25
Figura 9: Execução do Protótipo do Sistema.....	26
Figura 10: Representação das imagens	26
Figura 11: Interface do Localeyes.....	27
Figura 12: Modelo proposto	28
Figura 13: Interface do iWalk	29
Figura 14: Representação do modelo.....	30
Figura 15: Protótipo do Eyecane	31
Figura 16: Sistema em teste	32
Figura 17: Sistema assistivo em teste.	33
Figura 18: Mapa em ambiente externo.	41
Figura 19: Mapa em ambiente interno.	42
Figura 20: Tipos de piso tátil.....	44
Figura 21: Modelo de representação de linha guia e alerta.	45
Figura 22: Fórmula de Combinações Simples	46
Figura 23: Cálculo da Quantidade de Combinações.	47
Figura 24: Modelos de Mapa de Cores.....	48
Figura 25: Modelo para o sistema de navegação	49
Figura 26: Sensor TCS34725	50
Figura 27: Protótipo do dispositivo.....	51
Figura 28: Edição do mapa no aplicativo	53
Figura 29: Suporte giratório em PVC.....	55
Figura 30: Avaliação com usuário cego em ambiente externo	57
Figura 31: Avaliação com usuário cego em ambiente interno	58
Figura 32: Tempo de percurso dos usuários no ambiente externo.....	59

Figura 33: Retorno de informação no ambiente externo.....	60
Figura 34: Retorno de informação no ambiente interno.....	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Combinação Simples de Cores.....	48
Tabela 2: Conexões entre os dispositivos	50

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ADC	<i>Analogic to Digital Converter</i>
API	<i>Application Programming Interface</i>
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IMU	<i>Inertial Measurement Unit</i>
GND	<i>graduated neutral density</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
LED	<i>Light Emitting Diode</i>
MQTT	<i>Message Queuing Telemetry Transport</i>
NBR	Norma Brasileira
NTA	Núcleo de Tecnologia Assistiva
OpenCV	<i>Open Source Computer Vision Library</i>
PNS	Pesquisa Nacional de Saúde
PVC	<i>Polyvinyl chloride</i>
RFID	<i>Radio Frequency Identification</i>
RGB	<i>Red Green Blue</i>
SDA	<i>Serial Data</i>
SCL	<i>Serial Clock</i>
UFPA	Universidade Federal do Pará
Wi-Fi	<i>Wireless Fidelity</i>

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	15
1.1 Objetivos	17
1.1.1 Objetivo Geral.....	17
1.1.2 Objetivos específicos.....	17
1.2 Organização do trabalho	18
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
2.1 Trabalhos correlatos.....	19
2.1.1 Navegar em interação com ambientes comuns.....	19
2.1.2 Navegação em ambientes previamente mapeados.....	22
2.1.3 Navegação com identificação de objetos específicos.....	24
2.1.4 Navegação com ferramentas de georreferenciamento	27
2.1.5 Navegação com ambiente de realidade virtual.....	29
2.2 Considerações sobre os trabalhos.....	34
METODOLOGIA	37
3.1 Métodos de pesquisa	37
3.1.1 Pesquisa descritiva.....	37
3.1.2 Pesquisa exploratória	37
3.2 Descrição da lógica de utilização de cores	37
3.2.1 Descrição da emulação do piso tátil	38
3.2.2 Ampliação das funções do piso tátil.....	38
3.3 Arquitetura do sistema	38
3.3.1 Protótipo da bengala.....	38
3.3.1.1 O hardware	39
3.3.1.2 O aplicativo embarcado.....	39
3.3.2. O aplicativo mobile	39
3.4 Integração do sistema	39

3.4.1 Conexão sem fio.....	39
3.4.2 Transmissão de dados	40
3.4.3 Teste de integração	40
3.5 Otimização e avaliação do sistema	40
3.5.1 Mapa físico de cores.....	40
LÓGICA DE UTILIZAÇÃO DE CORES.....	44
4.1 Emulação do piso tátil	44
4.2 Ampliação do piso tátil por combinação de cores	46
DESENVOLVIMENTO	49
5.1 Desenvolvimento da bengala	49
5.1.1 Montagem do Hardware	49
5.1.2 Criação do aplicativo embarcado.....	51
5.2 Desenvolvimento do aplicativo mobile	52
OTIMIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DA USABILIDADE	54
6.1 Otimização do sistema	54
6.2 Avaliação de funcionalidade.....	55
6.2.1 Avaliação em ambiente externo.....	55
6.2.2 Avaliação em ambiente interno.....	57
RESULTADOS	59
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
APÊNDICES	67
Apêndice A: Protocolo de Teste	67
Apêndice B: Questionário aplicado aos usuários	68
ANEXOS	70
Anexo I - Código da Leitura do Sensor e Teste de Cores	70
Anexo II - Criando Banco de Dados.....	71
Anexo III - Classe de Edição do Banco de Dados.....	72

Anexo IV - Consultar um Item pelo Código no Banco de Dados	75
Anexo V - Procedimento do Aplicativo ao Receber um Código	76

INTRODUÇÃO

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, em parceria com o Ministério da Saúde e a Fundação Oswaldo Cruz, realizou uma Pesquisa Nacional de Saúde – PNS, que visou levantar dados sobre deficiências de 4 tipos: intelectual, física, auditiva e visual.

A pesquisa estimou 200,6 milhões de pessoas residentes em domicílios particulares permanentes e desse total 6,2% possuía pelo menos uma das 4 deficiências citadas anteriormente, além disso, dentre os tipos de deficiência investigados, a visual foi a mais representativa, com proporção de 3,6% da população total (IBGE, 2013).

Também mostrou que no País, apenas 6,6% das pessoas com deficiência visual faziam uso de algum recurso para auxiliar a locomoção, por exemplo, uma bengala articulada ou um cão-guia.

No cotidiano dessas pessoas, uma das formas de buscar a igualdade é pôr em prática os conceitos de acessibilidade. Uma definição de acessibilidade é:

Possibilidade e condição de alcance, percepção e entendimento para utilização com segurança e autonomia de espaços, mobiliários, equipamentos urbanos, edificações, transportes, informação e comunicação, inclusive seus sistemas e tecnologias, bem como outros serviços e instalações abertos ao público, de uso público ou privados de uso coletivo, tanto na zona urbana como na rural, por pessoa com deficiência ou mobilidade reduzida. (ABNT, 2015, p. 2).

Para tal, as leis e normas que regem este conceito precisam ser aplicadas pelos órgãos competentes e seguidas pela.

Segundo a lei de acessibilidade, “a construção, ampliação ou reforma de edifícios públicos ou privados destinados ao uso coletivo deverão ser executadas de modo que sejam ou se tornem acessíveis às pessoas portadoras de deficiência [...]” (BRASIL, 2000, p. 4).

A mesma lei relata que os ambientes de uso coletivo devem assegurar o acesso a todos, logo, nas edificações que abrigam as instituições de ensino, isso deve ser observado com rigor, pois é fundamental que, independente de suas limitações, todo cidadão esteja inserido nos processos de ensino e aprendizagem.

Todavia, em uma rápida observação em prédios públicos pode-se constatar que na prática as coisas são bem diferentes. Muitos lugares, não possuem instalações que promovam acessibilidade.

É possível citar, por exemplo, a ausência de rampas e de sinalização tátil em locais como o Campus Universitário de Tucuruí e, até mesmo, no próprio fórum cível de Belém, guardião das leis que regem a acessibilidade.

Um dos itens mais importantes, em locais de acesso coletivo, que visa garantir a mobilidade para o deficiente visual é o piso tátil, que tem como definição:

Piso caracterizado por relevo e luminância contrastantes em relação ao piso adjacente, destinado a constituir alerta ou linha-guia, servindo de orientação perceptível por pessoas com deficiência visual, destinado a formar a sinalização tátil no piso. (ABNT, 2015, p. 5).

Contudo, a ausência do mesmo é bastante comum, pois, de acordo com Pierre (2016), geralmente se dá por conta do alto investimento necessário para sua implantação em um ambiente.

Além do item citado, outras tecnologias assistivas são tradicionalmente usadas por indivíduos com deficiência visual, por exemplo, guia humano, bengala, cães-guia, mapas em alto-relevo, entre outras.

Porém, os cães-guia, também não representam uma solução economicamente sustentável, por causa do período necessário para treiná-los, bem como os altos custos associados, além de ser difícil para os deficientes visuais cuidar deles de forma adequada Fernandes et al (2017 apud Takizawa, 2013).

Outro fator que impacta na mobilidade, é depender sempre de outros indivíduos, pois, segundo Fernandes et al (2017) haverá momentos em que o guia estará indisponível para conduzi-lo,

Além disso, Williams et al (2014) afirma, baseado em resultados obtidos com experiências e entrevistas, que em muitas situações, pessoas que enxergam, sem um treinamento adequado, percebem as tarefas de orientação de forma diferente dos deficientes visuais, desse modo, a assistência dessa pessoa pode estar conduzida de forma incorreta e até mesmo impactar negativamente na orientação segura do deficiente visual.

Para amenizar dificuldades de acessibilidade, segundo Fernandes et al (2017), tecnologias modernas, como computadores, câmeras, sensores e smartphones, têm sido utilizados de forma crescente no apoio às pessoas com necessidades

especiais, trazendo praticidade para o processo de interação com o ambiente social no qual estão inseridas.

Em um estudo sobre o sistema DOSVOX, que possibilitam acesso de informações as pessoas cegas, através de síntese de voz, Canejo (2016) afirmou que os alunos que utilizaram o sistema demonstraram um salto qualitativo no que se refere às questões pedagógicas, incluindo um aumento da autoestima.

Assim, é possível afirmar que o processo de informatização de recursos para auxiliar indivíduos com deficiências, também influencia de forma positiva no desenvolvimento profissional e pessoal dos mesmos.

Por isso, foi pensada para este projeto a possibilidade de estabelecer um sistema, que possa ser adotado em instituições de acesso coletivo, visando proporcionar acessibilidade para pessoas com deficiência visual.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Projetar um sistema tecnológico com funcionamento semelhante ao do piso tátil, com uma semântica ampliada por combinação de cores, visando minimizar a dificuldade de navegação e mobilidade para portadores de deficiência visual em ambientes de acesso coletivo.

1.1.2 Objetivos específicos

O objetivo geral declina-se nos seguintes objetivos específicos:

- Realização de uma pesquisa bibliográfica em busca de trabalhos e conteúdos para dar sustentação teórica à ideia abordada;
- Montagem de um protótipo com utilização de uma bengala comum, sensor de leitura de cores e microcontrolador;
- Desenvolvimento de um aplicativo para Smartphone visando, a partir das informações detectadas e comunicadas pelo sistema embarcado na bengala, orientar o usuário através de síntese de voz;
- Avaliar a usabilidade do sistema.

1.2 Organização do trabalho

Este trabalho foi escrito em 7 capítulos.

O capítulo um contém a Introdução que apresenta o conteúdo de maneira geral, a abordagem do tema, as justificativas e os objetivos a serem alcançados.

O capítulo 2 apresenta o Referencial Teórico, fruto de uma extensa pesquisa nas bases de dados acadêmicas, contém trabalhos relacionados ao tema, e considerações sobre os aspectos de cada trabalho assim como a relação entre eles.

No terceiro capítulo é abordada a Metodologia da pesquisa, com a descrição de cada etapa seguida para o desenvolvimento do projeto.

O quarto capítulo apresenta a idealização da solução, demonstrando de forma conceitual o processo de comparação entre o piso tátil convencional e o sistema proposto.

As etapas de montagem do protótipo e descrição de seus itens, assim como da criação do aplicativo móvel, são demonstradas no capítulo cinco, que trata sobre o desenvolvimento prático da pesquisa.

O sexto expõe os experimentos realizados durante a pesquisa, apresentando as etapas de otimização e avaliação do sistema para o fim que se destina.

No sétimo capítulo são apresentados os resultados obtidos durante as experiências realizadas com o sistema.

Enfim, o oitavo capítulo, apresenta a conclusão com as considerações sobre o projeto e sobre os resultados obtidos. Além disso, propõe sugestões de atividades que poderão ser realizadas em trabalhos futuros.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Com a realização de pesquisas em periódicos e bases de dados científicos na internet, foi possível fazer o levantamento e a análise de estudos relacionados ao tema e o resultado será exposto a seguida.

2.1 Trabalhos correlatos

Após uma análise dos trabalhos encontrados durante a pesquisa, perceberam-se diferentes cenários que envolvem o uso da tecnologia para promover navegação e orientação para deficientes visuais. São eles, navegação em interação com objetos do próprio ambiente, em locais com preparação de mapas físicos, navegação através da identificação de objetos específicos, com o apoio de ferramentas de georreferenciamento e com métodos que envolvem realidade virtual.

A seguir, cada um dos casos será abordado de forma mais ampla com o intuito de esclarecer seus métodos e peculiaridades.

2.1.1 Navegar em interação com ambientes comuns

A ideia geral dessas soluções consiste em estabelecer um caminho seguro para o deficiente visual com o uso de um dispositivo proposto pela pesquisa em interação com objetos já existentes no ambiente, através da utilização de sensores ou câmeras.

O trabalho de Hub et al (2004) busca auxiliar o usuário a orientar-se em ambientes internos. É implementado um protótipo que possui câmera estereoscópica, bússola digital, sensor de inclinação, sensor ultrassônico e teclado para fornecer informações sobre objetos presentes no ambiente. As informações são passadas através de áudio para o usuário.

O protótipo pode ser observado na figura 1, onde aparece acoplado a uma bengala para tornar o manuseio mais fácil. O mesmo também pode ser utilizado diretamente na mão, sem o uso da bengala.



Figura 1: Protótipo do Módulo Sensor. Adaptado de Hub et al (2004).

Simões e Lucena (2016) apresentam um sistema de navegação interior com base no reconhecimento visual de marcadores e detecção de obstáculos por sensor ultrassônico, conforme a figura 2. O hardware consiste em um par de óculos modelados para receber uma câmera RGB e 2 sensores ultrassônicos. Um mini PC de baixo custo foi usado para executar os algoritmos de visão por computador, armazenar os classificadores, armazenar o banco de dados de áudio.

Após o processamento da imagem, é executado o passo de segmentação da imagem. Esta etapa consiste em usar filtros para separar ou agrupar os pixels em padrões. As informações são obtidas em tempo real e o feedback é realizado por mensagens sonoras. Segundo os autores, dez usuários cegos avaliaram o protótipo e os resultados mostraram taxas de cerca de 94,92% para reconhecimento de marcadores e 98,33% de detecção de obstáculos.



Figura 2: Equipamentos Usados nos Experimentos. Adaptado de Simões e Lucena (2016).

A obra de Valentim (2014) retrata uma bengala eletrônica chamada de “Olho Biônico”, no sistema são usados três sensores ultrassônicos, de acordo com arquitetura apresentada na figura 3, para coletar as informações, um no boné, um na altura da cintura e outro na ponta da bengala. Esse conjunto de ultrassom calcula distâncias e identifica as barreiras pelo caminho.

Para tal, as informações coletadas são enviadas a uma unidade controladora do protótipo. Ao detectar um obstáculo ou desnível, o dispositivo irá reproduzir um alerta por síntese sonora que se dá por meio de frases previamente gravadas no celular ou por vibrações.

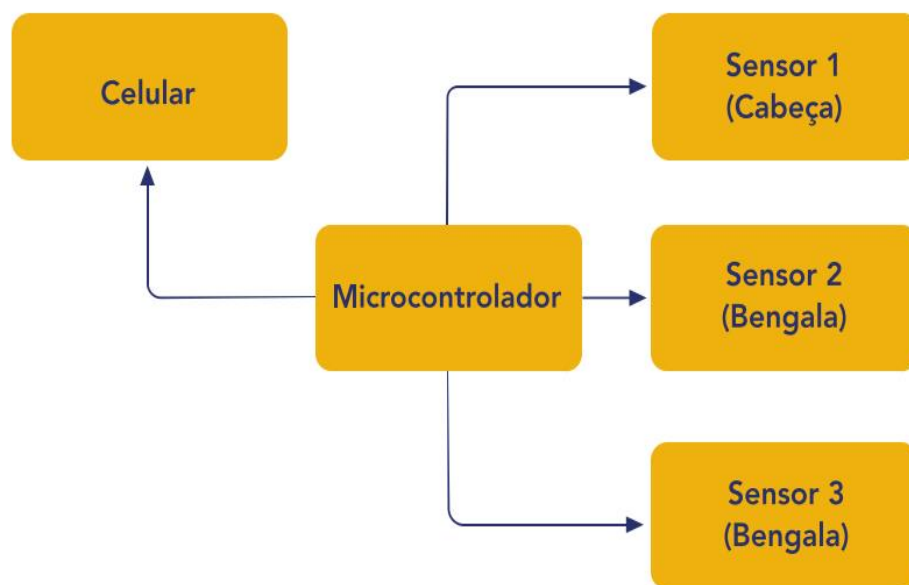


Figura 3: Arquitetura do Olho Biônico. Adaptado de Valentim (2014).

O trabalho de Vera et al (2014) simula uma bengala virtual com a combinação de um Smartphone e um ponteiro de laser, como mostra a figura 4. A reflexão do feixe de laser é captada pela câmera do smartphone. A vantagem do uso de câmera é que, além da informação de distância, ela permite obter outros parâmetros como, por exemplo, cor e formato dos objetos.

A distância da bengala virtual para o ponto de reflexão é calculado através de triangulação ativa. Então é gerada no Smartphone uma vibração personalizada, cuja magnitude corresponde à distância. Desta forma, os usuários recebem informações que poderiam evitar colisões com obstáculos.



Figura 4: Modelo da Bengala Virtual. Adaptado de Vera et al (2014).

2.1.2 Navegação em ambientes previamente mapeados

Neste caso a ideia é de permitir a locomoção do indivíduo em um ambiente onde já ocorreu um mapeamento prévio com marcadores para que o dispositivo possa adotar esses marcadores como pontos de referência. Nessa estratégia é preciso uma preparação do local a ser percorrido para que a navegação seja possível, segundo os autores, de forma eficaz e com segurança.

O sistema de Ahmetovic et al (2016), mostrado na figura 5, é composto por um servidor de mapas e um aplicativo instalado em um smartphone que orienta o usuário através de áudio.

Para funcionamento do sistema, o mapa virtual precisa ser materializado no local através de marcadores compostos por emissores de sinal de Bluetooth que ao se comunicar com o aplicativo sinalizam a localização do indivíduo no mapa.

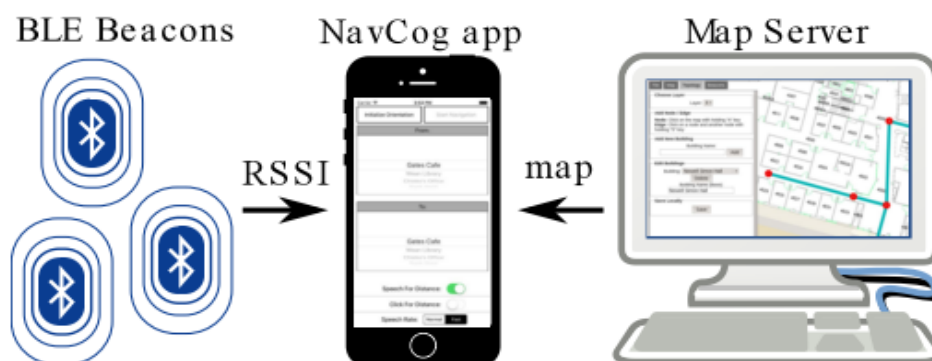


Figura 5: Representação sistema. Adaptado de Ahmetovic et al (2016).

No trabalho de Fallah et al (2012), a proposta é orientar a navegação de um usuário cego em um ambiente fechado através de um sistema chamado Navatar. Para tal, é gerado um mapa virtual do ambiente a ser percorrido. É necessária a implantação de marcadores táteis em alguns pontos, como apresenta a figura 6.

O usuário pode passar para o sistema a localização atual e o sistema o guia até o próximo ponto referenciado, para estimar a localização são utilizadas informações de deslocamento do usuário obtidas através de um sensor acelerômetro no smartphone. O sistema fornece um retorno áudio para o usuário sobre o trajeto a ser seguido.

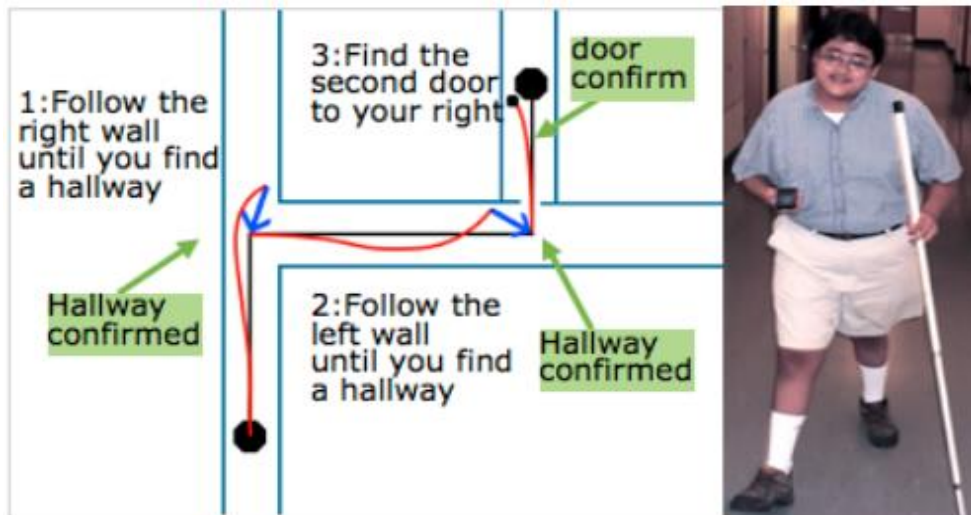


Figura 6: Teste com o navatar. Adaptado de Fallah et al (2012).

A obra de Lee et al (2015) trata de um sistema denominado “talkingcane”, composto por uma bengala equipada com sensor RFID, motores de vibrações e módulo Bluetooth, que está esquematizado na figura 7. O projeto tem como finalidade auxiliar o deficiente visual a pegar ônibus e foi implementado na cidade de Seul.

Durante a implantação, em alguns pontos do piso tátil são colocados blocos especiais que possuem chips RFID integrado, dos quais a bengala consegue extrair informações e repassar para o usuário através de motores de vibrações para direita ou esquerda e indicam para onde deve ser o sentido do movimento, através de áudio por um dispositivo móvel conectado à bengala via bluetooth.

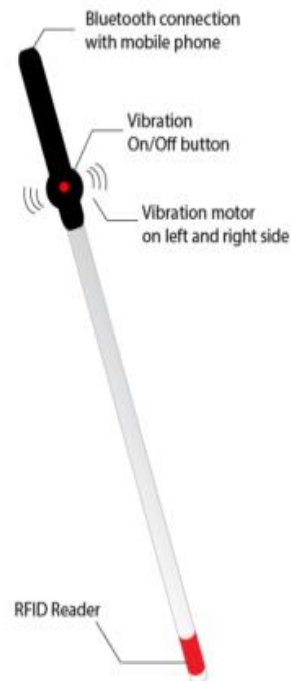


Figura 7: Esquema do talkingcane. Adaptado de Lee et al (2015).

2.1.3 Navegação com identificação de objetos específicos

Esta abordagem consiste em reconhecer objetos específicos que possam servir como referência para que o usuário possa ter autonomia naquela situação, por exemplo, identificar escadas ou faixas de pedestres.

Ivanchenko et al (2008) desenvolveu um protótipo em uma plataforma Symbian C++ no Celular Nokia N95. O sistema é baseado em tratamento de imagens adquiridas pela câmera do telefone, buscando reconhecer faixas de passagem de pedestres. Ele fornece feedbacks sonoros, visando alinhar o usuário com a faixa para permitir uma travessia segura.

O modelo proposto pode ser visualizado na figura 8, que mostra um usuário tentando identificar uma faixa de pedestres, e um esquema de como funciona o processo para alinhamento de um usuário com a faixa.

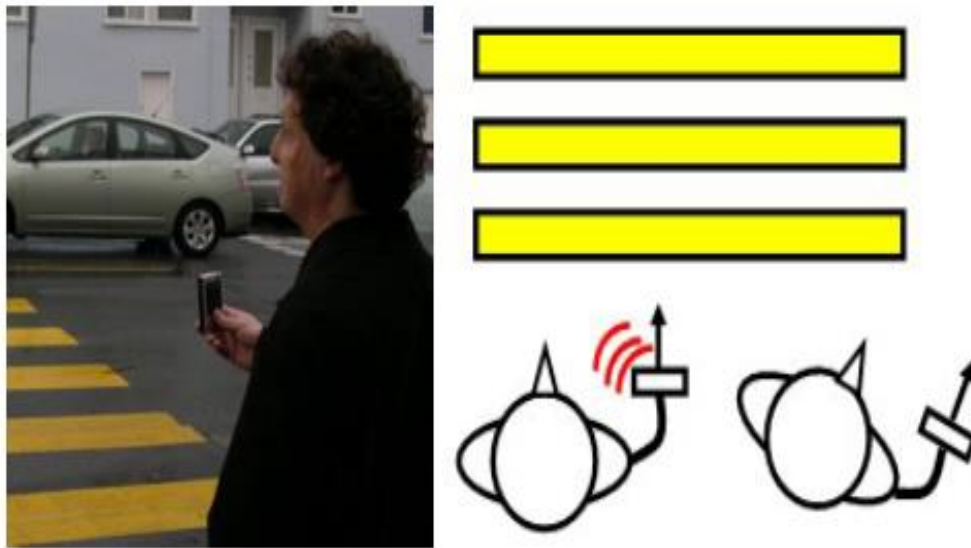


Figura 8: Esquema de alinhamento. Adaptado de Ivanchenko et al (2008).

Da mesma forma, o trabalho de Sousa (2012), realizado no Brasil, contém uma aplicação que é destinada a ajudar os deficientes visuais no cruzamento de ruas com detecção de faixas de pedestre.

O aplicativo foi desenvolvido para plataforma Android com utilização da biblioteca OpenCV, que trabalha na área de visão computacional.

O reconhecimento do ambiente para a detecção da faixa de pedestres é realizado através da câmera do aparelho. A imagem capturada é processado pelo OpenCV para identificação de contornos e parâmetros como largura e altura.

Ao reconhecer a faixa é informado para o usuário através da vibração ou áudio se existe ou não faixa de pedestre naquele local. O sistema pode ser observado na figura 9.

Segundo o autor, durante os testes realizados obteve-se uma taxa de acerto de, aproximadamente, 70 por cento. Ele atribuiu as falhas no reconhecimento a fatores, como, variações de iluminação devido a sombras, reflexo da luz na lateral dos carros e faixas com grandes desgastes. O mesmo relatou ainda a necessidade de melhora do algoritmo para reconhecimento de carros.

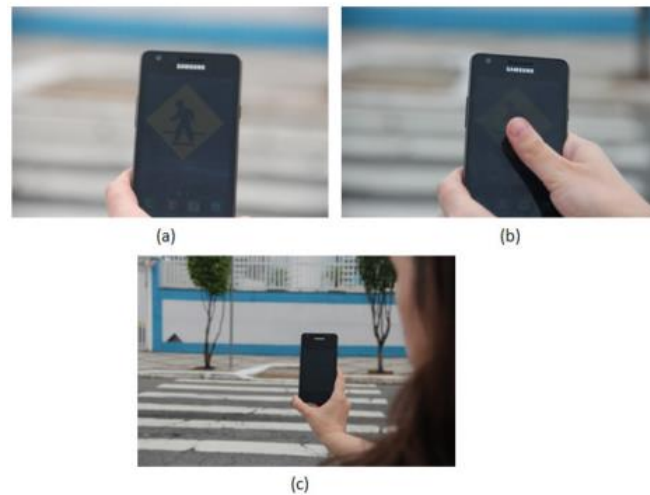


Figura 9: Execução do Protótipo do Sistema. Adaptado de Sousa (2012).

Wang e Tian (2012) buscam proporcionar a navegação baseada em visão por computador, tentando detectar e reconhecer escadas, faixas para pedestres e sinais de trânsito com base em imagens RGB-D (Vermelho, Verde, Azul e Profundidade).

Uma vez que as escadas e as faixas de pedestres são apresentadas por um grupo de linhas paralelas, é utilizada uma câmera para extrair as linhas paralelas simultâneas com base nos canais RGB, como mostra a figura 10.

A distância entre a câmera e as escadas também é estimada, além disso, os sinais de trânsito de pedestres também podem ser reconhecidos nas imagens e tudo é passado para o usuário através de áudio.

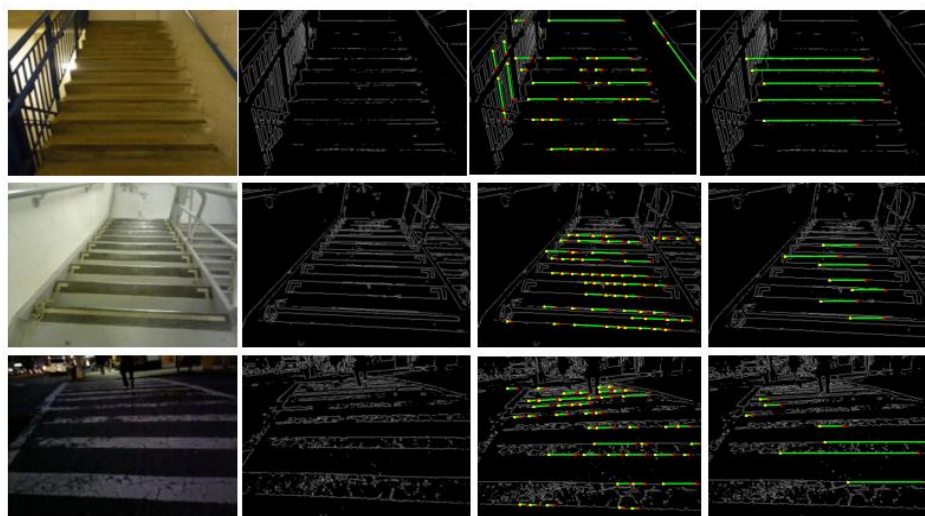


Figura 10: Representação das imagens. Adaptado de Wang e Tian (2012).

2.1.4 Navegação com ferramentas de georreferenciamento

Este item apresenta uma estratégia de soluções com utilização de ferramentas de georreferenciamento para estimar um posicionamento e um possível caminho para o deslocamento do usuário.

Trabalhando com sinal de GPS em dispositivo móvel, Behmer e Knox (2010), apresentam o “LocalEyes”, uma proposta de baixo custo para deslocamento de pessoas com limitações visuais em locais desconhecidos .

Segundo eles, ao usar pela primeira vez, o usuário é saudado com instruções de boas-vindas e informado sobre como operar o sistema. Toda saída é fornecida por fala e os textos tem a fonte ampliada para atender usuários com baixa visão, como está representado na figura 11,

O usuário pode tocar na tela para obter sua localização atual e entrar com o endereço de destino para depois ser orientado.

O usuário pode navegar através de uma lista de pontos de interesse usando gestos de deslocamento para filtrar os resultados de uma lista de categorias (Restaurantes, cafés, etc.).

Os pontos de interesse são organizados levando em consideração, com a ajuda do sistema de GPS, se estão na frente ou atrás do usuário, e o quão longe eles são.

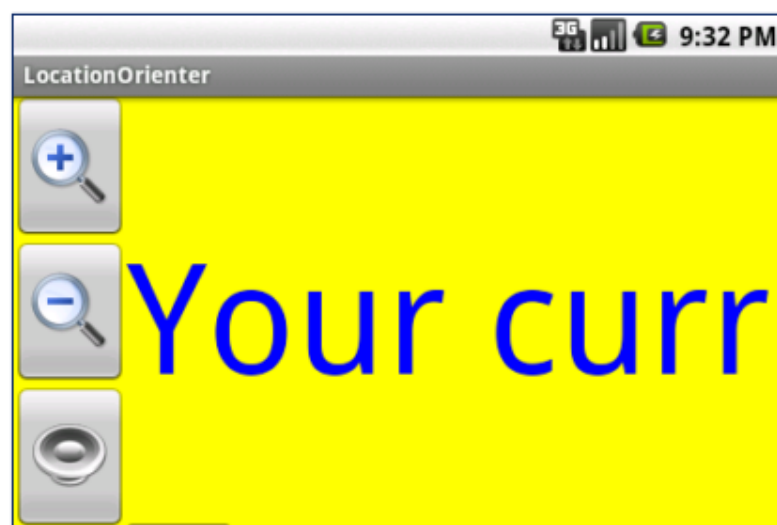


Figura 11: Interface do LocalEyes. Adaptado de Behmer e Knox (2010).

O trabalho, desenvolvido no Brasil por Ghilardi (2016), tem como objetivo apresentar um modelo que visa integrar diversas soluções para promover mobilidade para deficientes visuais em ambientes externos, como calçadas e ruas.

Na perspectiva de preencher lacunas que outros projetos possam ter deixado, o modelo busca localizar piso tátil, obstáculos aéreos e terrestres e faixas de pedestres com o auxílio de câmera, sensor de ultrassom e imagens de satélite.

As imagens coletadas são processadas com base em técnicas de visão computacional em um servidor remoto que utiliza a API de mapas da Google.

Após o processamento, as informações são passadas, através da rede, para o dispositivo móvel, que gera o feedback sonoro ao usuário. O esquema do projeto está representado na figura 12.

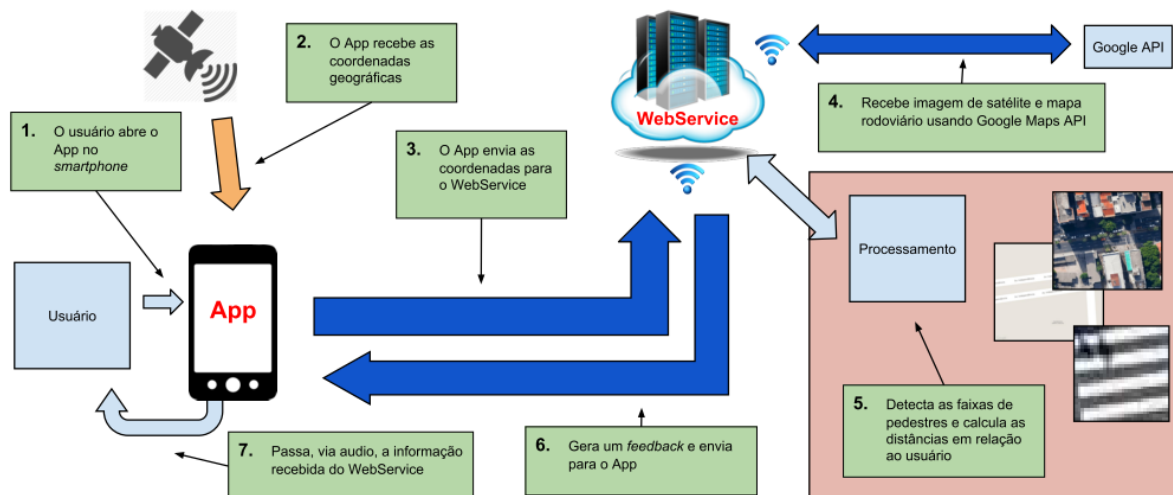


Figura 12: Modelo proposto. Adaptado de Ghilardi (2016).

Já, o software “iWalk” representa um navegador GPS de baixo custo com entrada de voz e componentes ampliados, para auxiliar indivíduos cegos ou com baixa visão. A interface é ilustrada na figura 13.

Segundo Stent et al (2010), o iWalk coleta a localização atual através do sinal de GPS do telefone celular.

O usuário pode solicitar o que deseja, por exemplo, “pizza”. O sistema usa a consulta de entrada e a localização do usuário para cruzar dentro de uma base de dados das empresas que atendem ao pedido.

De acordo com a localização do usuário, os itens que compõem a lista são apresentados por ordem crescente de distância. O iwalk fornece informações

resumidas sobre cada empresa, incluindo nome, endereço, número de telefone e distância do usuário.

Uma vez selecionado o destino desejado, é apresentada uma rota com as direções de caminhada a pé, a localização do usuário é relatada a cada 30 segundos. Também, é fornecido feedback não-verbal através de vibrações do telefone quando o usuário está perto de uma curva ou chegando ao destino.



Figura 13: Interface do iWalk. Adaptado de Stent et al (2010).

2.1.5 Navegação com ambiente de realidade virtual.

Esses projetos, de um modo geral, trabalham imagens capturadas para projetar, através de visão computacional, um mapa virtual do local a fim de realizar o planejamento de caminhos que podem ser seguidos pelo usuário.

Visando desenvolver um sistema de navegação para ambientes internos, Bing et al (2019) fizeram a implementação de um sistema mapas utilizando o projeto Google Tango¹ em um Tablet que possui câmera RGB-D².

¹ Projeto criado pela Google para mapear ambientes em 3D, visando desenvolvimento de aplicações com realidade virtual.

² Câmera com sensor de profundidade que permite capturar imagens em 3D.

Um mapa de direções é desenhado sobre uma planta topológica do prédio onde a navegação vai ocorrer. Nele estão presentes arestas que interligam vértices, formando um grafo orientado para identificação dos possíveis caminhos.

O Mapa semântico é resultado da integração entre o mapa virtual gerado pelo Tango através do processamento das imagens capturadas e a planta arquitetônica do local em CAD, que contém as possíveis direções. As informações semânticas são extraídas dos mapas e repassadas para o usuário através de áudio.

Além do software, foi desenvolvida uma bengala com um sistema embarcado interagindo via conexão Bluetooth, realizando medições inerciais e dando retornos táteis via motores de vibração. A Bengala visa ajudar no processo de navegação como representado na figura 15.

O sistema com processamento de imagens 3D permitiu apoio na aprendizagem de área em tempo real, porém a carga de processamento computacional era pesada e demonstrou muito consumo de bateria.



Figura 14: Representação do modelo. Adaptado de Bing et al (2019).

O projeto de Ju et al (2010) apresenta um software chamado “EYECane”, que trabalha processamento de imagem em um notebook. O sistema completo é composto por uma bengala, uma câmera e um notebook, representado na figura 15.

O processo de navegação é realizado em três etapas: Identificação de obstáculos, geração do mapa virtual e recomendação de caminho.

Ao percorrer um ambiente, a câmera captura e envia um streaming de vídeo em tempo real para o notebook. As imagens são processadas, então os obstáculos são extraídos usando recursos de estimativa de profundidade. Os mapas do local são gerados de acordo com a localização dos obstáculos. Os caminhos seguros são determinados através de aprendizado de máquina. As recomendações dos caminhos seguros possíveis são passadas para o usuário através de áudio.

Segundo o autor, durante os testes de usabilidade o sistema demonstrou precisão de 90 por cento de acerto, em indicar caminhos sem colisões com obstáculos.



Figura 15: Protótipo do Eyecane. Adaptado de Ju et al (2010).

Zhang (2016) propõe uma experiência similar ao projeto Navatar, porém utiliza mais recursos como um laptop e uma câmera de profundidade RGB-D, além de uma unidade de medida inercial (IMU), durante a experiência, marcadores como números nas portas e cantos de corredor são usados para gerar um mapa virtual para orientar o usuário como representado na figura 16.

Por trabalhar com extração de dados de imagem, é necessário um grande poder de processamento, por isso, além da câmera para captura das imagens, o usuário precisa portar um computador para processar, o que torna o sistema muito pesado para carregar e vai no sentido oposto do objetivo de promover liberdade no processo de navegação para o usuário.



Figura 16: Sistema em teste. Adaptado de Zhang (2016).

Nair (2018) desenvolveu o aplicativo ASSIST baseado no projeto Tango da Google. O projeto Tango é uma plataforma que dá suporte para a criação de aplicações que trabalham a realidade aumentada por meio de visão computacional.

Através do processamento das imagens capturadas pela câmera RGB-D, a aplicação gera um mapa virtual.

Além do aplicativo, a solução requer a implantação de pontos de emissão de sinal Bluetooth para permitir a localização e a interação com o mapa.

Durante os testes de utilização, foi detectado que o Tango, algumas vezes, causava um tempo de espera não desejável devido algumas limitações. Posteriormente o programa Tango foi descontinuado e a fabricante lançou o ARCore em substituição.

Seguindo a mesma linha, Zhang et al (2019) propõem um sistema assistivo suportado pelo Google ARCore, que é uma nova plataforma de realidade virtual para smartphones.

A proposta é criar mapas de ambientes de forma virtual através da coleta e processamento de imagens.

No modelo proposto, as imagens são coletadas pela câmera e processadas no próprio celular, a posição do usuário e o mapeamento do espaço são calculados com ajuda da SLAM³ (Simultaneous Mapping and Location) do ARCore.

Para orientar os usuários são utilizados tanto o canal de áudio como retorno tátil. os caminhos mais longo são passados de forma sonora, já as interações mais imediatas são realizadas através de vibração.

Para as interações táteis, foram desenvolvidos componentes de vibração acoplados em luvas, onde luva esquerda guia o movimento e a luva direita avisa sobre os obstáculos como ilustrado na figura 17.



Figura 17: Sistema assistivo em teste. Adaptado de Zhang et al (2019).

³ Processo usado no ambiente virtual para entender este deslocamento e conseguir medir a posição e a orientação.

2.2 Considerações sobre os trabalhos

Cada um dos trabalhos apresentados possui uma finalidade específica e utiliza os mais diversos tipos de tecnologia, contudo é possível verificar que todos buscam como objetivo geral o auxílio à mobilidade para deficientes visuais, por isso, os protótipos desenvolvidos devem processar suas informações em tempo real e fornecer retorno instantâneo ao usuário para que o mesmo possa se locomover com base nas informações recebidas.

Pode se observar um padrão de comportamento no processo de utilização de todos os sistemas propostos: coleta das informações do ambiente, processamento e retorno ao usuário. Para conseguir coletar as informações do ambiente são usados diversos componentes, como sensores, câmeras, e imagens de satélites. Já para o processamento foram utilizados computadores, microcontroladores e smartphones.

Percebe-se que é cada vez mais comum o uso de smartphones para realizar o processamento das informações. Pois, por se tratar de um dispositivo portátil, o telefone pode ser facilmente acoplado a qualquer ferramenta vestível ou de manuseio individual. O telefone também possui diversas funções que podem facilitar o desenvolvimento de novas ferramentas.

Além disso, o smartphone dá suporte para a programação em diversas linguagens e plataformas, além de possuir mecanismos de conectividade que permitem interação com outros dispositivos.

Nota-se também, um crescimento no uso de microcontroladores, que é justificável pela fácil integração com os sensores para a coleta de dados ambientais, além, da facilidade de conexão com outros dispositivos e sistemas através de módulos de conexão com ou sem fio.

O retorno das informações para o usuário geralmente são feitos por meio sonoro ou tátil. O retorno sonoro pode ser através de execução de áudio gravado, ou com uso de síntese de voz. Já, o tátil, geralmente, é feito com a vibração dos dispositivos. Foi observado que a utilização de um não exclui a do outro, pois em alguns casos, ambos foram utilizados.

A maioria dos autores optou por retorno sonoro, mesmo ciente que este pode interferir na percepção de outros estímulos sonoros comuns do ambiente ou ter a navegabilidade prejudicada em locais com excesso de ruído. A aposta nesse modelo

se deve pelo fato de que o retorno tátil pode trazer informações mais limitadas e o esforço de aprendizagem do usuário sobre estímulo tátil é maior e demanda mais tempo em relação ao audível.

Contudo, Zhang et al (2019) afirma que a maioria dos indivíduos envolvidos em seus testes relatou uma experiência melhor com instruções táteis do que com comandos vocais e que com o passar do tempo a experiência com o feedback tátil tende a melhorar.

Os trabalhos de Hub et al (2004), Valentim (2014) e Vera et al (2014), sugerem bengalas com sensores ultrassônicos e visam a detecção de obstáculos. Contudo, seus projetos não abrangem soluções de orientação quanto ao caminho a ser seguido e nem informações adicionais do ambiente.

Behmer e Knox (2010), Stent et al (2010), Ghilardi (2016), trabalham modelos baseados em sinal de GPS, por isso, não representam soluções viáveis para ambientes internos onde o sinal não apresenta precisão confiável.

Os sistemas de Ju et al(2010) e Zhang (2016), têm em comum o uso de bengalas e do processamento de imagens. Todavia, para realizar a extração de dados das imagens, é necessária a utilização de um computador que precisa ser carregado pelo usuário.

Ahmetovic (2016) também trabalha um mapa virtual, porém a precisão das informações depende de marcadores ativos de Bluetooth, que necessitam de fonte de alimentação. A falta de manutenção ou defeito desses marcadores pode gerar indisponibilidade de localização. Além disso, precisa acessar o mapa em um servidor remoto e fica dependente da rede de Wi-Fi.

O trabalho de Lee et al (2015) apresenta uma bengala com identificação do ambiente por radiofrequência. O projeto é compacto, pois o leitor de frequência e os motores de vibração ficam diretamente na bengala. Os emissores de RFID possuem dados do ambiente e são implantados em alguns blocos do piso tátil. Os dados são coletados pelo leitor na bengala e transmitidos ao celular através de Bluetooth. Um ponto negativo é que depende da existência do piso tátil para navegação

Em trabalho mais recentes, Nair (2018), Bing et al (2019) e Zhang et al (2019), apresentam soluções baseadas em realidade virtual. As imagens coletadas do ambiente são processadas em dispositivos portáteis, como celular e tablet, para minimizar as dimensões físicas do sistema. Também, não utilizam marcadores ativos

no ambiente, pois trabalham com estratégia de posicionamento do próprio sistema de ambiente virtual.

Porém, o método de captura de imagens, não representa a melhor opção para o deficiente visual, pois as câmeras precisam ser apontadas na direção correta e isso exige muita prática do usuário.

As tecnologias de virtualização de ambientes em dispositivos móveis estão em ascensão e são muito promissoras. Contudo, ainda exigem um grande poder de processamento dos dispositivos e podem causar um atraso no retorno da informação.

Por isso, este projeto sugere a criação de um dispositivo mais leve, com utilização de microcontrolador e sensor de cores. Os microcontroladores são leves e compactos e os mais atuais possuem um bom poder de processamento.

A detecção de cores pode ser realizada por sensores simples com LED's para emissão de luz e fotodiodos que captam a intensidade da luz refletida.

Com a utilização de cores é possível desenhar um mapa sem necessidade de emissores ativos de sinais. É possível ainda, criar um padrão de informações de orientação e navegação no ambiente através da diferenciação entre as tonalidades de cores.

Os locais de aplicação das cores podem ser convertidos em um mapa virtual no smartphone, com informações simples de serem processadas.

Sendo assim, é possível afirmar que os sistemas existentes, até o momento, não demonstraram uma solução definitiva para o problema de orientação em ambientes internos. Como exposto acima, existem lacunas a serem preenchidas, o que dá base de sustentação para a continuação da pesquisa proposta por este trabalho.

METODOLOGIA

Neste capítulo, serão apresentados os métodos adotados para a realização da pesquisa, assim como, as ferramentas utilizadas para executá-la, a descrição de lógica de utilização de cores, a arquitetura proposta para o sistema e as etapas de desenvolvimento. Também serão expostos os procedimentos básicos de avaliação do funcionamento e da usabilidade do dispositivo.

3.1 Métodos de pesquisa

Durante o processo de desenvolvimento deste trabalho foram realizados 2 tipos de pesquisa científica, a descritiva, para conhecer melhor o tema, e a exploratória, buscando um aprofundamento no conhecimento do estado da arte.

3.1.1 Pesquisa descritiva

Inicialmente, foi realizada uma pesquisa descritiva para levantar dados sobre leis e normas que regem a acessibilidade e os recursos utilizados para garantir que ela aconteça. Isso gerou base de conhecimento para a consolidação dos objetivos do estudo.

3.1.2 Pesquisa exploratória

Após está bem definido o objetivo do trabalho, foi preciso realizar uma revisão sistemática dos projetos desenvolvidos nos últimos anos. Para tal, realizou-se uma pesquisa exploratória de trabalhos relacionados ao tema, encontrados em bases de dados científicos na internet, que deu origem ao referencial teórico apresentado neste trabalho.

3.2 Descrição da lógica de utilização de cores

A utilização de cores como objeto de estudo permitiu a emulação de um piso tátil, além da ampliação das informações retiradas do mesmo.

3.2.1 Descrição da emulação do piso tátil

De forma análoga ao piso tátil convencional, uma solução foi desenvolvida, baseada na implantação de faixas de uma cor no chão para simular a linha-guia e representar os caminhos que podem ser seguidos. Do mesmo modo, serão pintados quadrados com outra cor em pontos de interseção das linhas-guias e locais que possam representar perigo simulando o piso de alerta.

A emulação do alto-relevo é feita pela vibração de um motor, que acontece sempre que o sensor presente na bengala identifica as cores do piso emulado.

3.2.2 Ampliação das funções do piso tátil

Além de estabelecer um caminho para navegação e sinais de alerta, o sensor de cores foi aproveitado para ampliar a funcionalidade do piso. Com a implantação de mais cores, agrupadas para formar combinações, é possível identificar e transmitir para o usuário mais informações referentes ao ambiente.

3.3 Arquitetura do sistema

O sistema foi idealizado em duas partes, a primeira é uma bengala equipada com dispositivos eletrônicos, e a segunda um aplicativo mobile. As duas partes intercomunicam via rede sem fio. (Por comodidade na realização do experimento, foi utilizado uma rede WiFi gerada pelo dispositivo móvel. Ela pode facilmente ser substituída por Bluetooth por exemplo.)

3.3.1 Protótipo da bengala

Para criação do protótipo, utilizado na coleta e processamento dos dados, foi necessária a montagem de um hardware e o desenvolvimento de um aplicativo embarcado.

3.3.1.1 O hardware

Na construção do protótipo da bengala utilizou-se microcontrolador em plataforma NodeMCU-ESP8266, sensor de detecção de cores baseado no padrão RGB, motor de vibração, bateria recarregável de 5 volts e botão de liga/desliga, embutidos em um chassi feito com cano de PVC.

3.3.1.2 O aplicativo embarcado

O aplicativo embarcado foi desenvolvido em linguagem C, na plataforma Arduino. Foi configurado como ponto de acesso para disponibilizar a rede Wi-Fi e como cliente MQTT⁴ para estabelecer a comunicação em tempo real com o celular. O dispositivo também gerencia o processo de coleta das cores através do sensor e decide se aciona o motor da vibração ou envia dados para o celular de acordo com as cores detectadas.

3.3.2. O aplicativo mobile

Foi escrito em linguagem Java, com o paradigma de orientação a objetos, na plataforma Android Studio. Durante o desenvolvimento utilizou-se a biblioteca SQLite⁵, a API de síntese de voz da Google e a biblioteca Paho android service⁶.

3.4 Integração do sistema

Os componentes do sistema foram integrados através de conexão Wi-Fi e a comunicação de dados foi configurada para acontecer através de protocolo MQTT.

3.4.1 Conexão sem fio

⁴ Acrônimo de Message Queuing Telemetry Transport, é um protocolo de mensagens

⁵ Biblioteca utilizada para implementação de banco de dados

⁶ Biblioteca MQTT escrita em Java para desenvolver aplicativos no Android.

No protótipo da bengala, o módulo de comunicação sem fio, foi configurado para fornecer um sinal sem fio como ponto de acesso, onde o celular se conecta como cliente através da função de Wi-Fi.

3.4.2 Transmissão de dados

No aplicativo mobile foi configurado um servidor de mensagens instantâneas com o protocolo MQTT para receber as mensagens enviadas pela bengala através da conexão Wi-Fi.

3.4.3 Teste de integração

Após o desenvolvimento dos componentes foram realizados experimentos para aferir a integração do sistema com simulação de transmissão de mensagens através do dispositivo embarcado e reprodução pelo aplicativo mobile com a síntese de voz.

3.5 Otimização e avaliação do sistema

Durante o projeto foram implementados 2 mapas físicos de cores para realização de experimentos que visando a otimização do processo de funcionamento e a avaliação de funcionamento e usabilidade.

3.5.1 Mapa físico de cores

Os primeiros testes práticos do projeto foram realizados durante a confecção do trabalho de conclusão de curso de uma aluna do curso de Engenharia de Computação.

Durante o mesmo, quadrados coloridos foram pintados em placas de papelão nas medidas de 25cmx25cm, a escolha do tamanho das placas se deu por conta das dimensões adotadas na norma de acessibilidade acima citada.

O ambiente selecionado para a movimentação e teste de resposta da leitura do sensor foi a sala pertencente ao NTA (Núcleo de Tecnologia Assistiva). Em um

ambiente interno iluminado artificialmente por 6 lâmpadas fluorescentes e iluminação externa irradiando pela janela, sendo essas as únicas possíveis interferências de luz.

A faixa preta do mapeamento de teste continha a junção de 6 placas conectadas umas às outras, formando uma faixa de 150x25cm, esse intervalo se repetiu para cada duas placas de cada cor.

Para os próximos testes, foi escolhida uma área vazia do Campus Universitário de Tucuruí para simulação de um ambiente de percurso com a finalidade de criar um laboratório para atestar as funcionalidades do sistema.

Um mapa foi montado através da pintura de faixas com tinta acrílica no chão de um galpão coberto e sem paredes laterais.

Para testar o direcionamento do percurso por meio do feedback tátil, foram demarcadas linhas-guias, identificadas pela cor preta, e cruzamentos identificados pela cor branca.

Foram feitas também, formas retangulares ao longo do percurso, com combinações diferentes de duas cores para representar objetos, assim o aplicativo pode dar um retorno audível para o usuário durante os testes realizado. O modelo pode ser visualizado na figura 18.

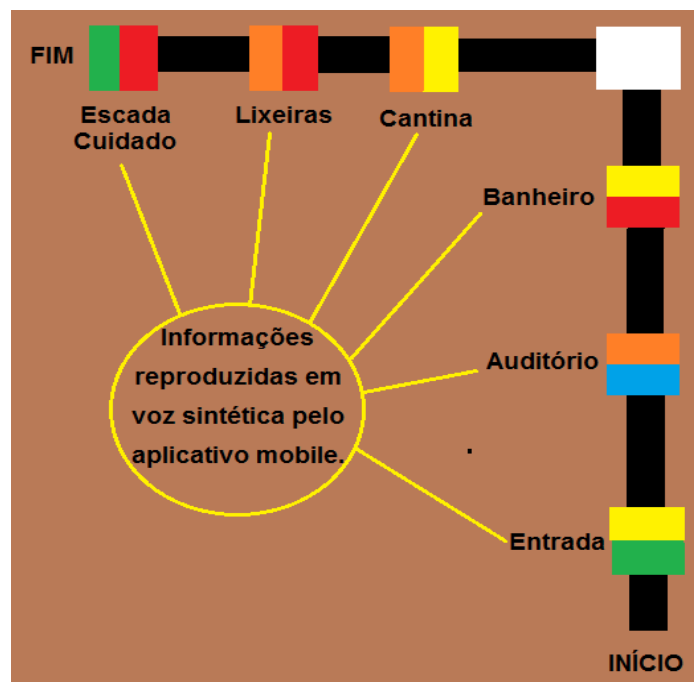


Figura 18: Mapa em ambiente externo. Fonte: Própria do Autor.

O local de implantação foi um galpão coberto, por isso, imaginou-se que o comportamento poderia se aproximar de um local fechado, que é o alvo do trabalho. Porém, após uma primeira sessão de experimentos, avaliou-se que a mudança de iluminação, de acordo com o horário, a luz do sol incidindo de maneira rasante à pintura, devido a ausência das paredes laterais, fazia muita diferença na leitura, tornando difícil a realização do percurso de forma correta.

Mesmo com os esforços de adequação do dispositivo para controlar a luz, não foi possível resolver completamente o impacto da incidência da luz solar em diferentes horas do dia, em ambientes externos.

Por isso, buscou-se um local fechado, um ambiente com um bom espaço para deslocamentos e iluminado com lâmpadas fluorescentes, correspondendo ao contexto de aplicação alvo do projeto, para a implantação de novo mapa para realização de novas avaliações.

No modelo anterior, foi detectado que a cor que apresentou mais facilidade de detecção foi a amarela. Por isso, no mapa interno, a linha guia foi implantada com utilização desta cor. Além disso, foram aplicados 4 pontos com duplas de cores para representar objetos no percurso, como exposto na figura 19.

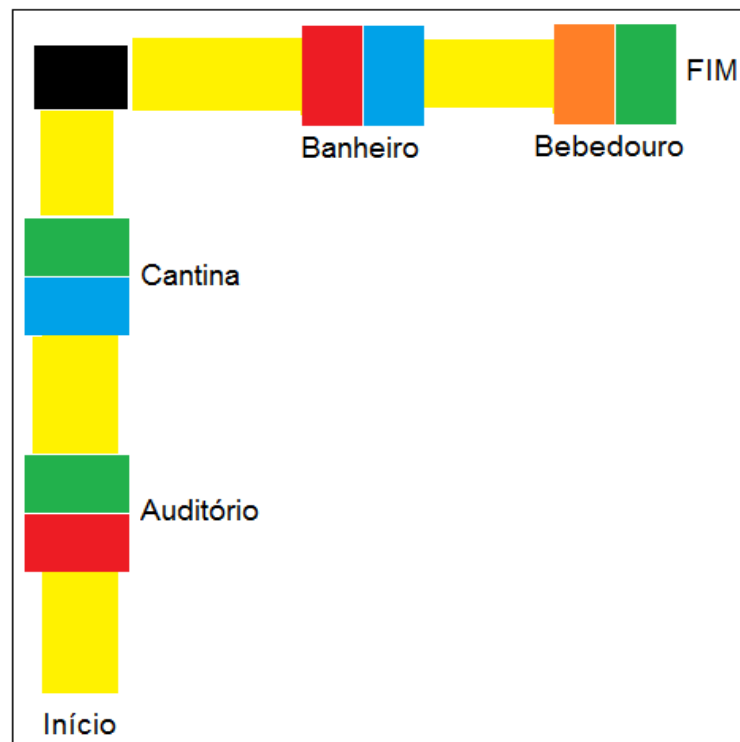


Figura 19: Mapa em ambiente interno. Fonte: Própria do Autor.

3.5.2 Otimização do sistema

Experimentos preliminares foram realizados para identificação e correção de fatores prejudiciais para o bom desempenho do sistema. Através deles foi possível identificar e corrigir problemas de funcionamento da solução e em particular melhorar a qualidade do reconhecimento das cores.

3.5.3 Avaliação e usabilidade sistema

Para avaliar a usabilidade do sistema foram realizadas aplicações práticas usuários com características diferentes. Os experimentos foram realizados em 2 horários com condições de iluminação distintas para verificar o comportamento do sensor.

Devido a dificuldade de encontrar muitos usuários com o perfil alvo na região e a heterogeneidade de características dos voluntários para os experimentos, optou-se por não realizar uma análise quantitativa de usabilidade.

Desse modo, avaliação foi baseada em análise qualitativa, levando-se em consideração se o usuário conseguiu ou não alcançar o destino com realização do percurso, além do comportamento do sistema com contagem de erros e acertos de leitura dos objetos no caminho.

LÓGICA DE UTILIZAÇÃO DE CORES

Para promover um ambiente amigável de navegação e orientação para deficientes visuais, foi idealizado um sistema que possui comportamento similar ao do piso tátil sem requerer obra civil, visando estabelecer linha-guia e pontos de alerta para curvas e cruzamento de corredores.

4.1 Emulação do piso tátil

Pela Norma Brasileira número 9050 em ABNT (2015), existem 2 tipos de piso tátil: de alerta, representado na figura 20a e direcional, na figura 20b, que são mecanismos usados para auxiliar a navegação de deficientes visuais.

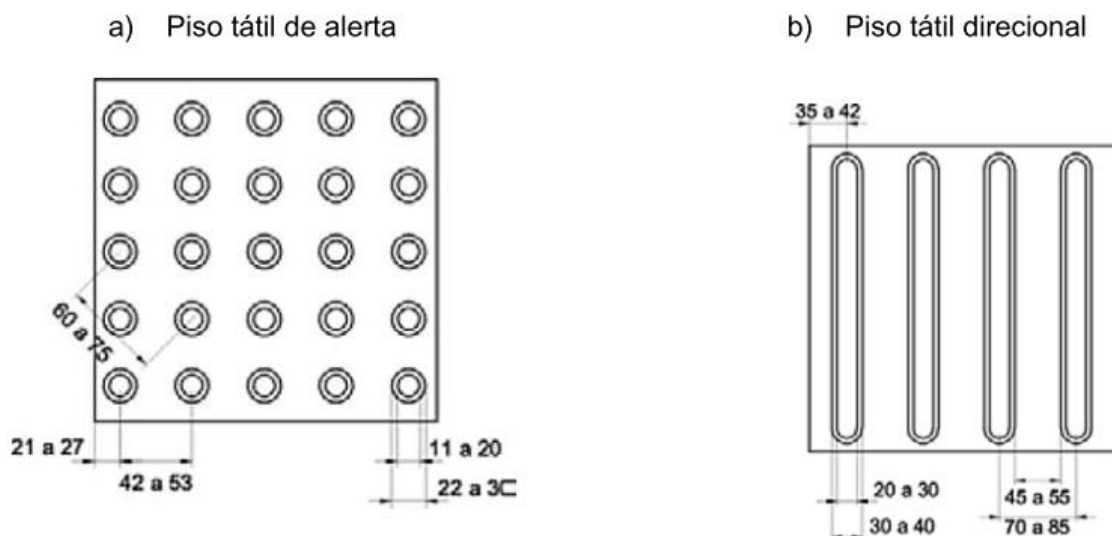


Figura 20: Tipos de piso tátil. Adaptado de ABNT (2015).

O primeiro é utilizado para sinalizar situações que envolvem risco de segurança ou para indicar cruzamentos ou locais específicos. Já, o segundo, colocado de forma contínua no solo, forma uma linha-guia de encaminhamento em ambientes internos ou externos.

Com isso, pode-se dizer que a sinalização tátil tem como foco indicar direções e alertar sobre situações adversas no caminho, visando a segurança do indivíduo durante um deslocamento.

A linha guia é definida pela ABNT (2015), como um elemento natural ou edificado que possa ser utilizado como referência de orientação direcional por todas as pessoas, especialmente as com deficiência visual, e esse é o papel desenvolvido pelo piso tátil direcional. Já o piso tátil de alerta, pode avisar o indivíduo sobre alguma barreira ou desvio de direção.

Para realizar um papel análogo ao do piso tátil sem requerer obra civil, imaginamos uma bengala aumentada por um sistema embarcado: a bengala inteligente. Podemos utilizar uma faixa pintada no chão, contrastando com a cor natural do piso, materializando a linha guia.

O sistema embarcado equipado de um sensor RGB, acoplado à bengala, detecta que está posicionado dentro da faixa. O usuário é informado desta presença mediante vibrações. Ou seja, o sistema aciona motores de vibrações toda vez que o sensor RGB detecta a presença da faixa.

Nesta idealização inicial do piso tátil, as interseções poderiam ser materializadas por áreas pintadas de outra cor, emulando a função do piso de alerta.

O usuário poderia ser então informado da presença da bengala dentro do piso de alerta por um design de vibração diferente da vibração utilizada para a presença da bengala na faixa guia, ou por alerta sonora. Este modelo está representado na figura 21, utilizando uma faixa preta como guia e áreas brancas emulando o piso de alerta.

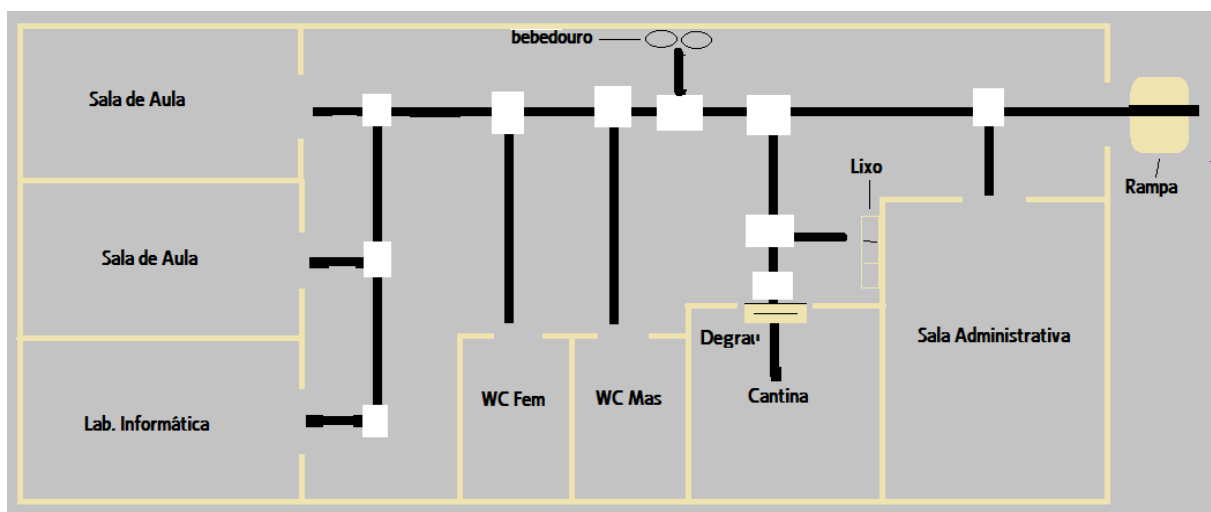


Figura 21: Modelo de representação de linha guia e alerta. Fonte: Própria do Autor.

4.2 Ampliação do piso tátil por combinação de cores

Quando as cores do piso não tem importância para uma pessoa cega utilizando uma bengala tradicional, o uso de áreas de cores diferentes pode oferecer, através da identificação das cores pela bengala inteligente, uma semântica mais ampla do que a simples diferenciação faixa guia / piso de alerta. Por exemplo, permitiria diferenciar a passagem na frente de salas, banheiro, bebedouro, degrau, ou outro ponto de referência e obstáculos diversos.

Porém, os sensores RGB existentes têm uma capacidade limitada de identificar as cores com um grau satisfatório de precisão o que não permite um uso ilimitado de cores para diferenciar um grande número de situações. É necessário usar cores com espectros de luz distintos o suficiente para que o sistema não confunda uma cor com a outra.

Testes preliminares do sensor, permitiram identificar, além do branco e do preto, 6 cores distintas sem que houvesse confusão entre elas durante o processo de reconhecimento.

De forma a ampliar as possibilidades, a solução proposta foi codificar os “pisos de alerta” com a combinação simples de duas cores. De acordo com Mendes (2014), dado um conjunto A , com n elementos, chamamos de combinação simples dos n elementos, tomados p a p , cada um dos subconjuntos que podem ser formados, contendo, cada um, p elementos de A . O número de combinações simples pode ser obtido pela fórmula apresentada na figura 22.

$$C_{n,p} = \frac{n!}{p!(n-p)!}$$

Figura 22: Fórmula de Combinações Simples. Adaptado de Mendes (2014).

Durante a experiência serão utilizadas as 6 cores identificadas nos testes preliminares: Verde, Amarelo, Azul, Roxo, Laranja e Vermelho. Elas serão agrupadas de duas em duas formando combinações simples únicas.

Para aplicação na fórmula das combinações simples é preciso lembrar que “n” representa a quantidade total de cores e “p” a quantidade de cores em cada combinação, assim são 15 combinações possíveis como mostra o cálculo representado na figura 23.

$$n = 6; p = 2;$$

$$C_{n,p} = \frac{n!}{p!(n-p)!} \gg C_{n,p} = \frac{6!}{2!(6-2)!}$$

$$C_{n,p} = \frac{6 \times 5 \times 4!}{2! \times 4!} \gg C_{n,p} = \frac{6 \times 5}{2}$$

$$C_{n,p} = 15$$

Figura 23: Cálculo da Quantidade de Combinações. Fonte: Própria do Autor.















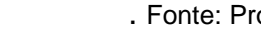
Com as combinações será gerada uma relação entre as cores e os ambientes ou objetos que se deseja identificar como exemplificado na tabela 1.

As combinações simples, além de representarem objetos no percurso, permitem identificar o sentido da navegação, onde a ordem de detecção das cores pode estabelecer se o indivíduo está indo ou vindo e o que está à direita e o que está à esquerda do mesmo, por exemplo, no caso da detecção da cor verde seguida de amarelo representa que o indivíduo está entrando no prédio, já no caso de detectar-se primeiro o amarelo e depois o verde será passada a informação de que o mesmo encontrou a saída. Possibilitando ao indivíduo orientação no espaço.

Uma vez combinadas, as duplas de cores serão aplicadas no ambiente com utilização de tinta para piso, para que seja possível a realização dos testes com o protótipo, visando obter dados do deslocamento e da identificação de objetos e espaços no ambiente, como mostra a figura 24.

A complexidade da informação detectada não pode ser mais transcritas para o usuário na forma de um design de vibração ou de um simples bip sonoro. A solução privilegiada para fornecer o feedback para o usuário será então a síntese vocal.

Tabela 1: Combinação Simples de Cores.

Índice	Cores	Local
1		Entrada/Saída
2		Balcão de Atendimento
3		Rampa
4		Degrau
5		Escada
6		Corredor
7		Bebedouro
8		Banheiro Masculino
9		Banheiro Feminino
10		Lixeira
11		Cantina
12		Laboratório
13		Sala de Aula
14		Sala Administrativa
15		Auditório

. Fonte: Própria do Autor.

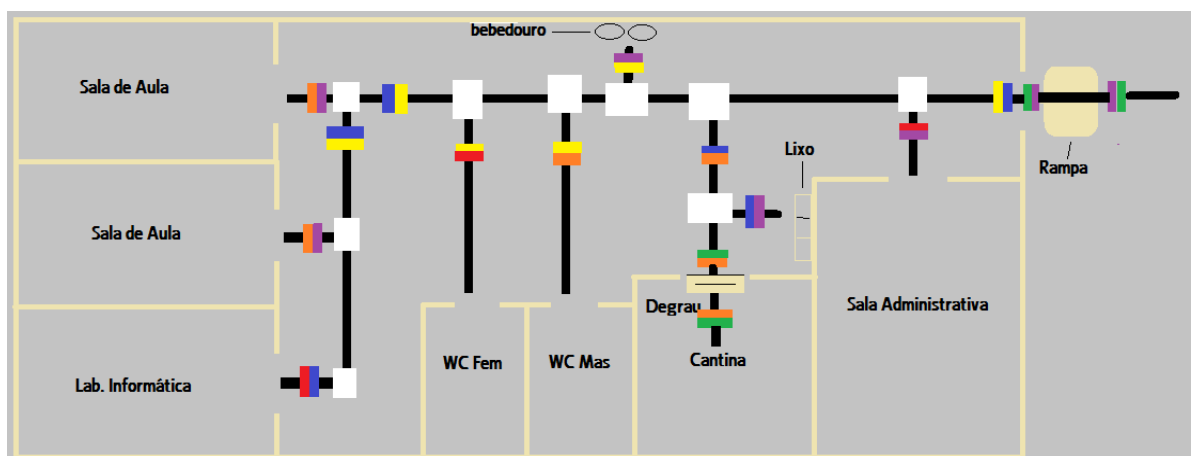


Figura 24: Modelos de Mapa de Cores. Fonte: Própria do Autor.

DESENVOLVIMENTO

O processo de criação do sistema foi realizado em duas etapas: a montagem do protótipo da bengala, o desenvolvimento do aplicativo móvel. O modelo está representado na figura 25 e as etapas do processo estão descritas a seguir.

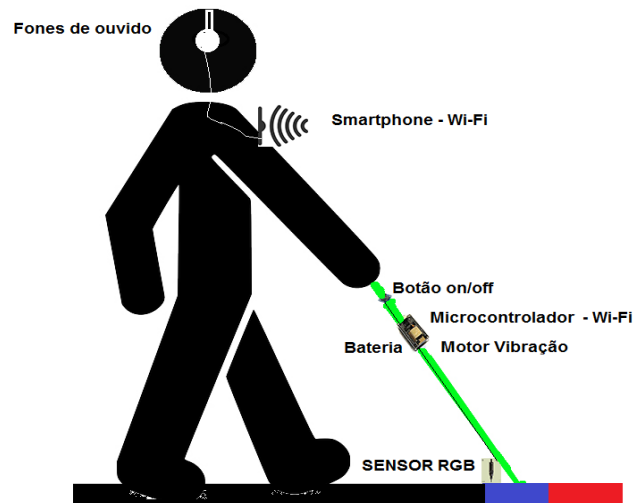


Figura 25: Modelo para o sistema de navegação. Fonte: Própria do Autor.

5.1 Desenvolvimento da bengala

A bengala inteligente foi construída em duas fases, a montagem do hardware e o desenvolvimento do software embarcado.

5.1.1 Montagem do Hardware

A NodeMCU é uma placa de circuitos de código aberto montada sobre um microcontrolador ESP8266, que com sinalizado por Espressif (2018), conta com uma interface WiFi para comunicação sem fio e uma arquitetura de processamento RISC, e mantém um baixo consumo de energia mesmo em aplicações de tempo real.

Ela foi configurada para tratar as informações recebidas do sensor RGB, e determinar se o padrão encontrado é referente a cor escolhida para linha-guia ou

para os pontos de alerta. Ela também tem o papel de controlar as vibrações do motor e realizar a comunicação direta via Wi-Fi com o aplicativo mobile.

O sensor RGB é utilizado para coleta dos valores das variáveis referentes aos níveis de vermelho, verde, azul, claridade, iluminação e temperatura de cor, dos espectros de luz refletidos pelas cores no chão.

Segundo Ams (2016) O TCS34725 contém uma matriz de fotodiodos e 4 conversores de dados analógico para digital (ADC) que integram a corrente do fotodiodo para determinar cores. A figura 26 mostra a matriz de fotodiodos ao centro e o esquema dos pinos nas laterais do sensor.

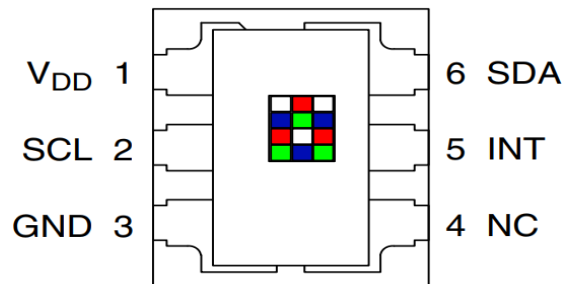


Figura 26: Sensor TCS34725. adaptado de Ams (2016).

Para montagem do dispositivo os pinos utilizados foram VDD, SCL, SDA e GND, que de acordo com o datasheet são, respectivamente, a entrada de alimentação de tensão, uma porta de entrada de dados serial para controle da sincronização da programação, um pino de entrada e saída de dados do sensor, podendo receber comandos da placa ou enviar as leituras coletadas e, por último, a fase de tensão neutra (terra), conectados como mostra o esquema na tabela 2.

Tabela 2: Conexões entre os dispositivos

NodeMCU	Bateria 5 Volts	Sensor RGB	Motor de vibração
Vin	+5V / Botão Ligar		
G	GND	GND	GND
3V		VDD	
D1(GPIO5)		SCL	
D2(GPIO4)		DAS	
D5(GPIO14)			VDD

. Fonte: Própria do Autor.

O motor de vibração é acionado durante meio segundo sempre que o sensor encontrar a cor referente à linha guia ou durante um segundo ao serem detectadas as demais cores que representam características do ambiente.

O botão de ligar é fundamental para que o usuário decida quando quer usar ou não o recurso poupando a bateria.

A versão inicial do chassi do protótipo, exposto na figura 27, foi montada em cano de PVC com diâmetro de 40 e comprimento total de 180 milímetros e conta com tampa removível para manutenção ou troca de bateria. No decorrer do projeto, o chassi sofreu várias otimizações motivadas pelos testes preliminares descritos no capítulo 6.



Figura 27: Protótipo do dispositivo. Fonte: Própria do Autor.

5.1.2 Criação do aplicativo embarcado

O código do aplicativo embarcado foi escrito em linguagem C com utilização da plataforma Arduino.

A aplicação tem a função de controlar a conectividade com a disponibilização de sinal de Wi-Fi, configurado como um ponto de acesso sem fio.

Além disso, gerencia a leitura das cores em comunicação com o sensor através do protocolo I2C⁷. Para a leitura da cor determinada como linha-guia, será acionado o motor de vibração dando um retorno tátil ao usuário, assim, o mesmo

⁷ Protocolo utilizado para comunicação entre circuitos integrados.

saberá que está seguindo na direção correta. Caso seja reconhecido um grupo de cores que materializa um lugar ou obstáculo, o código de cor será enviado ao aplicativo no celular que fará com que o usuário tome ciência do ponto de referência encontrado através de síntese de voz.

Para realização do envio desses dados, o código embarcado conta com a biblioteca MQTT Cliente, configurado para envio de mensagens instantâneas.

5.2 Desenvolvimento do aplicativo mobile

Para desenvolvimento do aplicativo foi utilizada a plataforma Android Studio com linguagem de programação Java. O aplicativo tem as funções de armazenar as informações do mapa de cores e ler o conteúdo do mesmo para o usuário sempre que solicitado, para tal, conta com um banco de dados local, criado com o uso da biblioteca SQLite, e utiliza a função “text-to-speech” do próprio sistema operacional para converter os dados da tabela, que estão em texto, para voz sintética.

O aplicativo possui uma tela inicial com 2 botões, um para incluir novos itens ao mapa e outro para consultar o mapa. Na tela de consulta é possível visualizar todos os itens cadastrados.

O mapa de cores é editável através de uma interface amigável, que pode ser observado na figura 28. Para realizar a edição de cada campo é preciso clicar sobre o mesmo, ele será carregado na tela de edição onde poderá ser alterado ou excluído. Esse é um diferencial do sistema, pois torna o processo dinâmico, onde qualquer mudança no mapa físico pode ser modificada facilmente no banco de dados.

A conexão entre a bengala e o dispositivo móvel é estabelecida de forma direta via Wi-Fi e a comunicação é realizada através de socket de rede com a utilização do protocolo MQTT que permite a troca de mensagens em tempo real. Assim, o aplicativo fica escutando em uma porta pré-determinada no código e executa a rotina de interação com o usuário sempre que receber um código válido enviado pelo sistema embarcado na bengala.

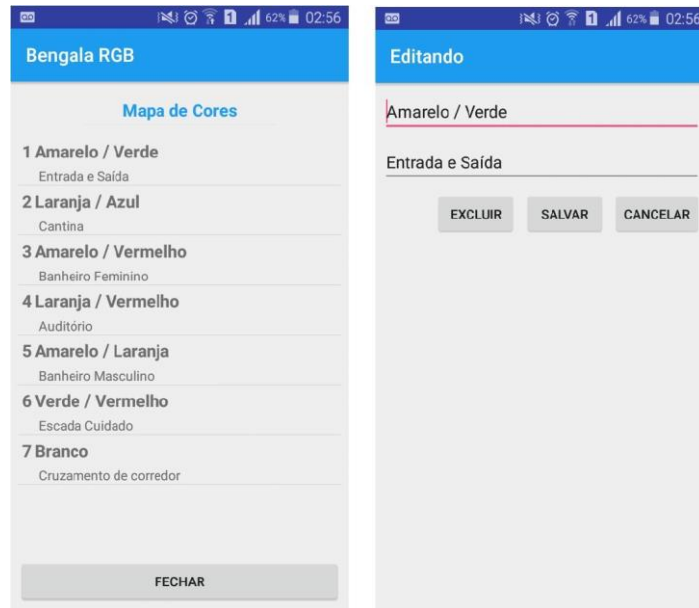


Figura 28: Edição do mapa no aplicativo. Fonte: Própria do Autor.

OTIMIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DA USABILIDADE

Durante o desenvolvimento do projeto, foi necessária a criação de um mapa físico de cores para realização de atividades práticas. As atividades foram aplicadas, durante o desenvolvimento do sistema para otimização do funcionamento e do processo de leitura das cores e em forma de avaliação de funcionalidade após a finalização do protótipo.

6.1 Otimização do sistema

Durante o processo de desenvolvimento, 2 alunos da universidade, portadores de deficiência visual, foram convidados para realização de testes iniciais de funcionalidades do protótipo. Um deles perdeu a visão completamente e o outro possui baixa visão, eles não demonstraram dificuldade em entender o funcionamento do sistema e os testes ocorreram com muita tranquilidade e segurança para os mesmos.

Os primeiros testes foram para mensurar e relacionar o tempo de resposta do microcontrolador e as dimensões das faixas. Porém neste primeiro teste, o sistema apresentou problemas de reconhecimento de cor, mostrando que o sensor era bastante sensível às mudanças de iluminação.

Para otimizar a leitura, o sensor foi acoplado no interior do cano e, na ponta do cano foi adicionada uma peça com formato de saia, de forma que a iluminação lateral do ambiente fosse amenizada. A solução melhorou significativamente a leitura das cores. Além disso, foi adicionado um LED extra ao protótipo para melhorar a iluminação interna, com isso, percebeu-se ainda maior precisão no reconhecimento das cores. A iluminação passou a ser melhor controlada.

Outra dificuldade de uso, relatada por um dos usuários, foi que a bengala que estava sendo utilizada era de ponteira fixa, isso dificultava o movimento e poderia causar trauma ao equipamento, pois para movimentá-la era necessário levantar e retornar ao chão.

Com a utilização de uma bengala de ponta giratória o movimento ficou mais fácil e também melhorou a leitura do sensor que não precisaria ficar se distanciando do solo o tempo todo.

O dispositivo, inicialmente estava acoplado de maneira fixa à bengala, porém, notou-se nos testes que durante o movimento é comum que o usuário gire a bengala, dessa forma, o sensor girava junto e perdia o contato com a superfície do solo, prejudicando a coleta dos dados.

Para resolução do problema de giro, foi criado um suporte com cano de PVC de 20 milímetros de diâmetro, com uma abertura que ao se encaixar na bengala permite um giro de 360 graus, assim, pela ação de gravidade, o dispositivo fica sempre apontado para baixo. O suporte pode ser visto na figura 29.

Com isso, foi possível realizar os testes com um grupo maior de pessoas para verificação dos resultados.



Figura 29: Suporte giratório em PVC. Fonte: Própria do Autor.

6.2 Avaliação de funcionalidade

Durante o processo de avaliação foram conduzidas duas fases de experimentos, uma em ambiente externo e outra em interno.

6.2.1 Avaliação em ambiente externo

No ambiente externo, por ser coberto imaginou-se que o comportamento poderia se aproximar de um ambiente fechado, para avaliação, foram realizados procedimentos de navegação orientada com 8 usuários, 3 deles cegos total, um com baixa visão e 4 videntes com os olhos vendados.

Durante o projeto percebeu-se uma dificuldade em conseguir público específico para os experimentos, pela baixa quantidade de deficientes na região, além da dificuldade com horários e com logística de transporte dos mesmos.

Os 4 primeiros são membros da Associação dos Deficientes Visuais e Amigos do Sudeste do Pará (ADVASP).

Os três usuários totalmente sem visão, têm idades de 18, 26 e 42 anos. O primeiro perdeu a visão a pouco mais de um ano, já os demais não a têm desde a infância. Apenas o de 26 anos faz utilização diária de bengala. O usuário de 42 anos relatou que consegue se locomover sozinho em lugares conhecidos por ele, porém, tem medo do trânsito e sente dificuldade pela falta de itens básicos de acessibilidade, como rampas e calçadas, no bairro onde mora. Já o de 18, que perdeu completamente a visão a 3 anos, geralmente, se desloca com o apoio de uma pessoa de sua confiança. Os demais participantes são alunos e funcionários, com uma faixa etária entre 20 e 29 anos.

No início dos testes foram passadas instruções de funcionamento e de utilização do sistema para cada participante. Todos foram informados de que haveria interferência por parte da equipe antes que qualquer colisão ou risco de acidente se concretizasse.

Durante a realização do percurso, o usuário deveria percorrer um trecho de 20 metros, acompanhando a linha-guia pintada em cor preta. A navegação deveria ser realizada com base nas vibrações do equipamento, emitidas de acordo com a detecção da linha pelo sensor. Além disso, o mesmo deveria repetir a informação produzida pelo dispositivo móvel sempre que fossem detectadas duplas de cores no caminho. Com isso, seriam anotados dados sobre o retorno das informações por parte do dispositivo, como, a taxa de erros (ou não leitura) e de acertos sobre as informações passadas.

Ao final foi realizada uma pesquisa de experiência com aplicação de questionário para obtenção de opinião dos usuários quanto ao sistema de navegação e orientação.

Além da usabilidade geral do sistema, foram verificados pontos específicos como: a distinção não ambígua do feedback por vibração do equipamento das vibrações naturais da bengala em movimento, e a qualidade, pertinência e objetividade da informação retornada por síntese vocal.

Como os usuários possuem perfis distintos, cada caso foi analisado de forma distinta. Então, optou-se pela não realização de uma análise estatística dos resultados, e sim, adotou-se o método de análise qualitativa do funcionamento do sistema.

Para tal, foram verificados (i) o sucesso da navegação, representado pela realização do percurso de forma correta com a chegada ao ponto de destino e (ii) o comportamento do sistema com a contagem de retorno de informação correta ou errada fornecida pelo dispositivo móvel. A figura 30 mostra a aplicação da avaliação com um usuário cego.



Figura 30: Avaliação com usuário cego em ambiente externo. Fonte: Própria do Autor.

6.2.2 Avaliação em ambiente interno

Na segunda fase de avaliação, foi realizada uma segunda sessão de experimentos com um novo mapa em ambiente realmente interno, onde é menor a influência de luz solar.

As novas avaliações foram realizadas com 4 totalmente cegos, onde 2 haviam participado do teste anterior, e os outros realizavam pela primeira vez. Os procedimentos realizados foram similares aos da primeira fase.

Cada usuário realizou o percurso em um trecho de 12 metros acompanhando a linha-guia pintada em cor amarela, como mostra a figura 31.

Ao final foi realizada uma pesquisa de experiência com aplicação de questionário para obtenção de opinião dos usuários quanto ao sistema de navegação e orientação.



Figura 31: Avaliação com usuário cego em ambiente interno. Fonte: Própria do Autor.

Nessa fase, cada usuário realizou o percurso por 5 vezes totalizando em 20 o número trechos, como cada trecho possui 4 combinações de cores, foram realizadas 80 tentativas de reconhecimento de dos pontos pelo dispositivo.

Em todos os casos testados o retorno da leitura ocorreu, em sua maioria, de maneira correta e os percursos foram realizados com sucesso.

RESULTADOS

Como resultados positivos pode-se relatar que todos os usuários aprovaram o retorno tátil, feito através das vibrações do equipamento, reportando durante o questionário, que estava bom tanto em intensidade, quanto em periodicidade, onde, ao detectar a linha guia a vibração se repete a cada meio segundo.

Outro ponto satisfatório foi o funcionamento do aplicativo, com o retorno em tempo real e transmissão das informações por meio vocal. Também foi Unânime a opinião de que o áudio estava compreensível, com instruções curtas, diretas e fáceis de seguir.

Em resposta ao questionário, todos que possuem deficiência visual alegaram ter prática em utilizar o celular com os recursos de acessibilidade que o aparelho disponibiliza, tornando possível o manuseio do sistema.

Todos os participantes classificaram o sistema como ótimo, e acreditam que compreenderam totalmente o funcionamento do sistema.

Dos 8 usuários testados em ambiente externo 6 conseguiram realizar o percurso até o final e 2 não conseguiram por falta de retorno de resposta devido a problemas de iluminação do local. A figura 32 ilustra o tempo de percurso dos usuários que chegaram ao final.

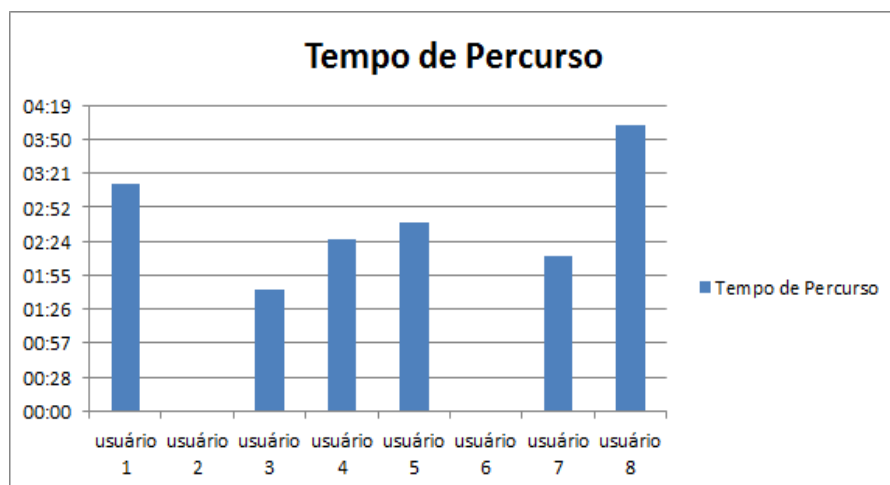


Figura 32: Tempo de percurso dos usuários no ambiente externo. Fonte: Própria do Autor.

Durante o percurso existem 6 pontos com duplas de cores, que representam objetos ou locais. Na experiência, foi mensurado o retorno das informações dos

objetos, através do dispositivo móvel, onde se observou 68,75 por cento de acerto, sendo 33 leituras de 48 possíveis, como expresso, através de gráfico, na figura 33.

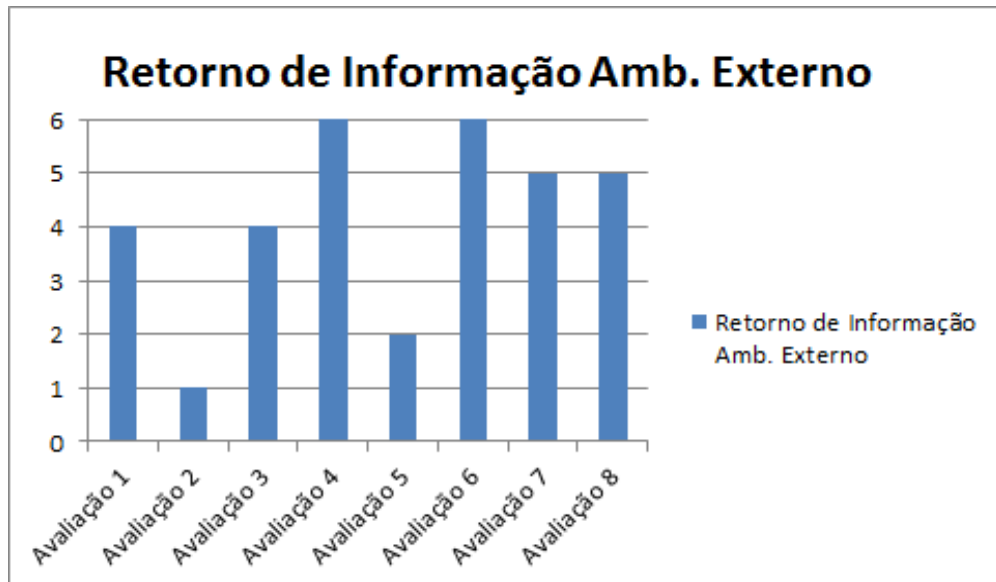


Figura 33: Retorno de informação no ambiente externo. Fonte: Própria do Autor.

O sistema apresentou dificuldade em guiar um dos usuários que não tem o hábito de utilizar bengala, pois, o mesmo segura a bengala de forma diferente dos demais, com o posicionamento na vertical, deixando o sensor em posição desfavorável à leitura. Este usuário expôs no questionário, que prefere a utilização de linha-guia tátil na parede devido a falta de habilidade com a bengala.

A maior dificuldade identificada no processo foi com a influência da luminosidade ambiente sobre a leitura do sensor. O local onde o mapa foi pintado é coberto, porém sem paredes laterais, por isso, existe a incidência da luz solar. Ao testar em horários diferentes notou-se uma disparidade entre os valores lidos pelo sensor, tornando necessária uma nova calibragem do mesmo para a realização do teste.

Porém, na aplicação dos testes em ambiente interno percebeu-se que o problema foi minimizado, durante as 20 realizações da avaliação, em todos os casos o percurso seguiu de forma correta e a leitura com feedback audível das cores teve retorno de 91,25 por cento, onde das 80 possíveis detecções foram bem sucedidas 73, como mostra o gráfico na figura 34.

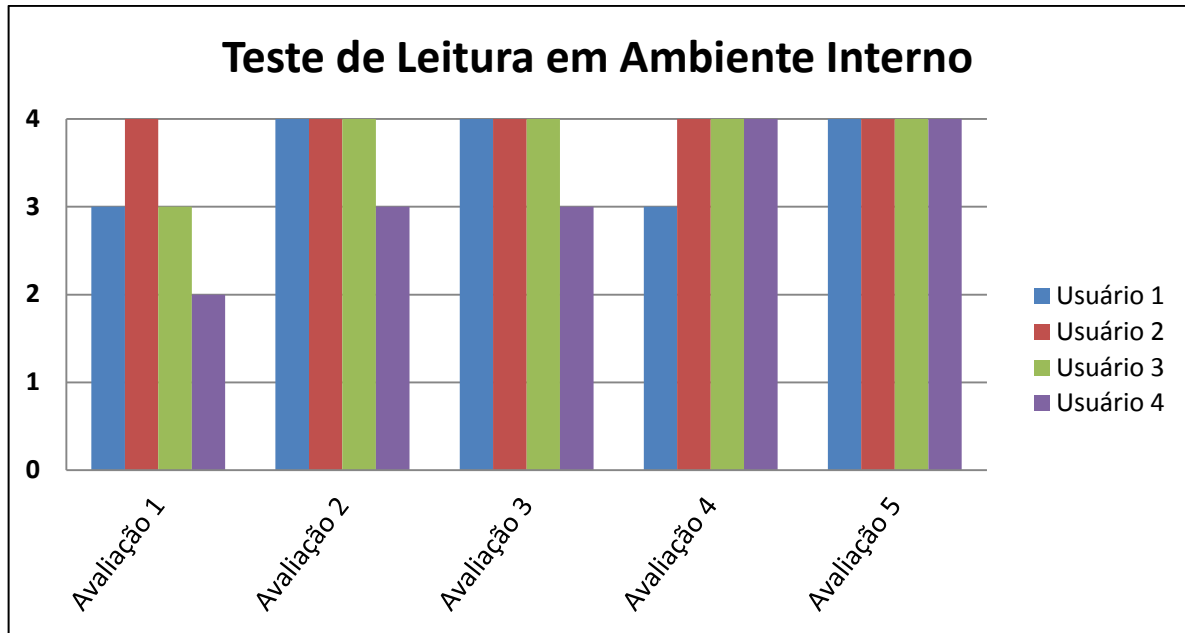


Figura 34: Retorno de informação no ambiente interno. Fonte: Própria do Autor.

É importante reforçar que a avaliação teve maior sucesso em um ambiente interno, que é o alvo do projeto.

Sendo assim, até esta etapa do projeto, os testes foram satisfatórios e promissores quanto à possibilidade de melhorias nos sistemas de orientação e mobilidade com utilização de artigos tecnológicos, e facilidade de implantação e manutenção dos mesmos.

CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Ao observar a ausência de acessibilidade nas instalações de algumas instituições com ambientes de acesso coletivo, identificou-se uma oportunidade de pesquisa nesta área, uma proposta voltada à informatização e melhoria do método tradicional de navegação com piso tátil.

Durante os sistema se mostrou eficiente no sentido de promover a navegação e a orientação, além de um retorno de informações importantes do ambiente para agregar conhecimento sobre o local para o usuário durante o percurso.

O diferencial entre o sistema proposto aqui e os demais é que este segue um padrão de navegação semelhante ao do piso tátil, com o qual os usuários já estão acostumados, demandando assim o mínimo esforço de aprendizagem na utilização do mesmo.

Além disso, a utilização de cores combinadas permite a utilização de sensor e microcontrolador, tornando o processamento leve, diferente dos modelos de realidade virtual que exigem alto poder de processamento.

A aplicação dos testes em ambiente experimental confirmou o bom processamento da informação coletada, um ótimo tempo de resposta do retorno tátil e do audível, que possibilitou ao usuário descobrir que objetos estavam dispostos no ambiente, além de uma maior independência do usuário com a conexão sem fio direta entre os dispositivos, possibilitando que o mesmo possa percorrer locais sem a cobertura do Wi-Fi.

Para trabalhos futuros, pretende-se avaliar o desenvolvimento de sensores mais precisos, com utilização de lentes que possam auxiliar na captura da luz e também é sugerível estudar um melhor design para o protótipo, visando eliminar completamente a influência da luz externa para que a leitura seja cada vez mais precisa e estabeleça maior confiabilidade e segurança para o trajeto.

Além disso, é pretendido, modelar o chassi do protótipo e realizar a impressão em 3D, para formar uma peça única, compacta, leve, e apresentável esteticamente.

Outra possibilidade de trabalhos é a análise dos códigos, em linguagem C, das bibliotecas utilizadas pelo sensor, pois uma possível melhora do código pode culminar em melhor precisão de leitura.

A aplicação de redes neurais para mapear um padrão de comportamento na variação dos valores coletados no processo de leitura, também pode ser uma opção de novos estudos, uma vez que, o projeto utiliza smartphone, onde a aplicação desses algoritmos está cada vez mais estável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. Associação Brasileira de Norma Técnicas. NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliários, espaços e equipamentos urbanos, 2015.

AHMETOVIC, D. *et al.* NavCog: Turn-by-turn smartphone navigation assistant for people with visual impairments or blindness. In: Anais da 13ª Conferência da Web para Todos Montreal, Montreal, QC, Canadá, 11 a 13 de abril de 2016; p. 90-99.

AMS. Datasheet: TCS3472 Color Light-to-Digital Converter with IR Filter. 08 de fevereiro de 2016

BEHMER, J.; KNOX, S. *LocalEyes: accessible GPS and points of interest*, In: Anais da 12ª conferência internacional da ACM SIGACCESS sobre Computação e acessibilidade, 25 a 27 de outubro de 2010; p. 323-324.

BING, L. *et al.* Vision-based Mobile Indoor Assistive Navigation Aid for Blind People. *IEEE Trans. Mobile Comput.* 2019,18, p. 702–714.

BRASIL. Lei n. 10.098, de 19 de dez. de 2000. *Normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida*, Brasília, DF, dez 2000.

CANEJO, E. *Dosvox: Rompendo Barreiras da Comunicação*, Journal of Research in Special Educational Needs Volume 16 Number s1 2016 399–401, 8th Inclusive and Supportive Education IV Congresso Internacional da Pró-Inclusão, Lisbon, Portugal, 26-29 July 2016.

ESPRESSIF (2018). Esp8266ex datasheet. Disponível em: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex_datasheet_en.pdf.

FALLAH, N. *et al.* *The user as a sensor: Navigating users with visual impairments in indoor spaces using tactile landmarks*. In: Anais da Conferência SIGCHI sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais, 2012, p. 425–432.

FERNANDES, H. *et al.* A review of assistive spatial orientation and navigation technologies for the visually impaired. In *Universal Access in the Information Society*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2017.

GHILARDI, M. C. *Modelo de apoio à navegação em calçadas para pessoas com deficiência visual*. Programa de pós-graduação em ciência da computação – PUCRS, Porto Alegre, 2016.

HORTON, E.L.; RENGANATHAN, R. *et al.* A review of principles in design and usability testing of tactile technology for individuals with visual impairments. *Assist. Technol.* 2017, 29, 28–36.

HUB, A. *et al.* *Design and development of an indoor navigation and object identification system for the blind*. In: Proceedings of the 6th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility, 2004, pp. 147–152.

IBGE. Pesquisa Nacional de Saúde 2013: Ciclos de vida Brasil e Grandes Regiões. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2015, Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>.

IVANCHENKO, V. *et al.* *Detecting and locating crosswalks using a camera phone*. In: IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops, 2008. CVPRW '08, 2008, pp. 1–8.

JU, J. S. *et al.* *EYECane: navigating with camera embedded white cane for visually impaired person*, In: Proceedings of the 11th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility, October 25-28, 2009, Pittsburgh, Pennsylvania, USA.

KATZ, B.F.G. *et al.* NAVIG: Augmented reality guidance system for the visually impaired. *Virtual Reality* 2012, 16, 253–269.

LEE, J. S. *et al.* *Talking Cane: Designing Interactive White Cane for Visually Impaired People's Bus Usage*, In: Proceedings of the 17th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services Adjunct, August 24 - 27, 2015, Copenhagen, Denmark.

MENDES, D. F. *A Abrangência das Permutações na Análise Combinatória*, Dissertação - Universidade de Brasília, Departamento de Matemática, Mestrado em Matemática, 2014. Disponível em: <<http://repositorio.unb.br/handle/10482/17318>>

NAIR, V. *et al.* ASSIST: Personalized Indoor Navigation via Multimodal Sensors and High-Level Semantic Information. In Proceedings of the 2018 European Conference on Computer Vision, Munich, Germany, 8–14 September 2018; Volume 11134, pp. 128–143.

PIERRE, R. V. *Projeto de Acessibilidade do Edifício Edward Lane - Elaboração da malha de piso tátil das áreas de circulação horizontal e vertical*, em: XII Jornada de Iniciação Científica e VI Mostra de Iniciação Tecnológica, setembro 26-29, 2016, São Paulo, Brasil.

SIMÕES, W. C. S. S.; LUCENA, V. F. *Blind user wearable audio assistance for indoor navigation based on visual markers and ultrasonic obstacle detection*. In: IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE), 2016, pp. 60–63.

SOUSA, K. *Uso de visão computacional em dispositivos móveis para o reconhecimento de faixa de pedestres*. In: Anais do VIII Workshop de Visão Computacional, 2012, pp. 1–85.

STENT, A. J. *et al.* *Iwalk: a lightweight navigation system for low-vision users*, In: Proceedings of the 12th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility, October 25-27, 2010, Orlando, Florida, USA.

TAKIZAWA, H., YAMAGUCHI, S., AOYAGI, M., EZAKI, N., MIZUNO, S.: Kinect cane: object recognition aids for the visually impaired. In: Paja, W.A., Wilamowski, B.M. (eds.) 2013 6th International Conference on Human System Interactions. Conference on Human System Interaction, pp. 473–478 (2013).

VALENTIM, R. *Olho Biônico*. Laboratório de Inovação Tecnológica na Saúde da UFRN, 2014, Disponível em: <<http://f123.org/archives/4583>>.

VERA, P. *et al.* *A smartphone-based virtual white cane*, Pattern Analysis and Applications, vol. 17–3, Ago 2014, pp. 623–632.

WANG, S.; TIAN, Y. *Detecting stairs and pedestrian crosswalks for the blind by rgb-d camera*. In: IEEE International Conference on Bioinformatics and Biomedicine Workshops (BIBMW), 2012, 2012, pp. 732–739.

WILLIAMS, M. A. *et al.* *Just let the cane hit it: how the blind and sighted see navigation differently*, In: Proceedings of the 16th international ACM SIGACCESS conference on Computers & accessibility, October 20-22, 2014, Rochester, New York, USA.

XIAO, J. *et al.* *An Assistive Navigation Framework for the Visually Impaired*. *IEEE Trans. Hum.-Mach. Syst.* 2017, 45, 635–640.

ZHANG, X. *A Wearable Indoor Navigation System with Context Based Decision Making for Visually Impaired*. *Int. J. Adv. Robot. Autom.* 2016, 1, 1–11.

ZHANG X. *et al.* *An ARCore Based User Centric Assistive Navigation System for Visually Impaired People*. *Applied Sciences*. 2019; 9(5):989.

APÊNDICES

Apêndice A: Protocolo de Teste

1 – Instruções de funcionamento e de utilização do sistema.

2 – Início do percurso com a bengala.

3 – Avaliação do retorno das informações no caminho.

5 – Aplicação do questionário.

Apêndice B: Questionário aplicado aos usuários

1 - Qual mecanismo você costuma usar para se orientar?

Bengala

Cão guia

Pessoa guia

outros _____

2 – Você costuma utilizar celular para executar as suas tarefas?

Sim

Não

Raramente

3 - Você acredita que o funcionamento do sistema foi compreendido?

Totalmente

Satisfatoriamente

Parcialmente

Insuficientemente

4 - A vibração do motor está suficiente?

sim

não

5 - As frases executadas via áudio estão compreensíveis?

sim

não

6 - Você acredita que o sistema colaborou para uma navegação segura?

sim

não

7 - Qual conceito você atribui ao sistema proposto?

Ótimo

Bom

Regular

Péssimo

8 - Se você precisasse se deslocar em um ambiente você preferiria que o ambiente tivesse o piso tátil tradicional ou o sistema proposta aqui?

Sistema

Piso tátil

9 – Você sentiu falta de algum recurso que poderia ter ajudado o sistema? Qual?

10 – Você teve dificuldade no uso do sistema? Qual?

ANEXOS

Anexo I - Código da Leitura do Sensor e Teste de Cores

```

void loop() {
    // instância para variáveis do sensor
    uint16_t r, g, b, c, colorTemp, lux;
    // leitura de dados de tons de cores e luminosidade
    tcs.getRawData(&r, &g, &b, &c);
    // cálculo dos níveis de cores
    colorTemp = tcs.calculateColorTemperature(r, g, b);
    // cálculo de nível de luminosidade
    lux = tcs.calculateLux(r, g, b);

    // Teste condicional dos valores das variáveis para definir as cores
    if ((r < 225) && (r > 100) && (g < 260) && (g > 100) && (b < 280) && (b > 100) && (colorTemp < 15000)
    && (colorTemp > 7000)){
        USE_SERIAL.println("preto");
    }else if ((r < 2200) && (r > 890) && (g < 2500) && (g > 1000) && (b < 2250) && (b > 940) &&
    (colorTemp < 13000) && (colorTemp > 7000)){
        USE_SERIAL.println("branco");
    }else if ((r < 1670) && (r > 660) && (g < 1600) && (g > 600) && (b < 800) && (b > 300) && (colorTemp
    < 3200) && (colorTemp > 3050)){
        USE_SERIAL.println("amarelo");
    }else if ((r < 1500) && (r > 600) && (g < 800) && (g > 300) && (b < 650) && (b > 250) && (colorTemp <
    2500) && (colorTemp > 1600)){
        USE_SERIAL.println("laranja");
    }else if ((r < 270) && (r > 160) && (g < 630) && (g > 350) && (b < 540) && (b > 300) && (colorTemp <
    11300) && (colorTemp > 8300)){
        USE_SERIAL.println("verde");
    }else if ((r < 600) && (r > 380) && (g < 380) && (g > 200) && (b < 400) && (b > 200) && (colorTemp <
    5800) && (colorTemp > 1600)){
        USE_SERIAL.println("vermelho");
    }else if ((r < 520) && (r > 240) && (g < 850) && (g > 380) && (b < 850) && (b > 400) && (colorTemp <
    33000) && (colorTemp > 14600)){
        USE_SERIAL.println("Azul");
    }
}

```


Anexo II - Criando Banco de Dados

```
public class DBHelper extends SQLiteOpenHelper {  
  
    private static String NOME = "bengala.db";  
    private static int VERSAO = 1;  
  
    public DBHelper(Context context){  
        super(context,NOME,null,VERSAO);  
    }  
  
    @Override  
    public void onCreate(SQLiteDatabase db) {  
        db.execSQL(  
            "CREATE TABLE [mapa] (\n" +  
            "[codigo] INTEGER NOT NULL PRIMARY KEY AUTOINCREMENT,\n" +  
            "[nome] VARCHAR(60) NOT NULL,\n" +  
            "[descricao] VARCHAR(60) NOT NULL)" ); }  
}
```

Anexo III - Classe de Edição do Banco de Dados

```
public class Mapa {  
  
    private int codigo;  
    private String nome;  
    private String descricao;  
    private boolean excluir;  
    private Context context;  
  
    public Mapa(Context context){  
        this.context = context;  
        codigo = -1; }  
  
    public int getCodigo() { return codigo; }  
  
    public String getNome() { return nome; }  
  
    public void setNome(String nome) { this.nome = nome; }  
  
    public String getDescricao() { return descricao; }  
  
    public void setDescricao(String descricao) { this.descricao = descricao; }  
  
    public boolean isExcluir() { return excluir; }  
  
    public void setExcluir(boolean excluir) { this.excluir = excluir; }  
  
    public boolean excluir(){  
        DBHelper dbHelper = null;  
        SQLiteDatabase sqLiteDatabase = null;  
        try{
```

```

dbHelper = new DBHelper(context);
sqliteDatabase = dbHelper.getWritableDatabase();
sqliteDatabase.beginTransaction();
sqliteDatabase.delete("mapa", "codigo = ?", new String[]{String.valueOf(codigo)});
    excluir = true;
sqliteDatabase.setTransactionSuccessful();
sqliteDatabase.endTransaction();
Toast.makeText(this.context, "Excluído com Sucesso!", Toast.LENGTH_LONG).show();
    return true;
} catch (Exception e){
    e.printStackTrace();
    sqliteDatabase.endTransaction();
    return false;
} finally {
    if (sqliteDatabase != null)
        sqliteDatabase.close();
    if (dbHelper != null)
        dbHelper.close(); } }

public boolean salvar(){
    DBHelper dbHelper = null;
    SQLiteDatabase sqliteDatabase = null;
    try{
        dbHelper = new DBHelper(context);
        sqliteDatabase = dbHelper.getWritableDatabase();
        String sql = "";
        if (codigo == -1){
            sql = "INSERT INTO mapa (nome, descricao) VALUES (?,?)";
        } else{
            sql = "UPDATE mapa SET nome = ?, descricao = ? WHERE codigo = ?";
        }
        sqliteDatabase.beginTransaction();
        SQLiteStatement sqliteStatement = sqliteDatabase.compileStatement(sql);
        sqliteStatement.clearBindings();
        sqliteStatement.bindString(1, nome);

```

```
sqliteStatement.bindString(2,descricao);  
if (codigo != -1)  
    sqliteStatement.bindString(3,String.valueOf(codigo));  
sqliteStatement.executeUpdate();  
sqliteDatabase.setTransactionSuccessful();  
sqliteDatabase.endTransaction();  
Toast.makeText(this.context, "Cadastrado com Sucesso!", Toast.LENGTH_LONG).show();  
return true;  
catch (Exception e){  
    e.printStackTrace();  
    sqliteDatabase.endTransaction();  
return false;  
finally {  
    if (sqliteDatabase != null)  
        sqliteDatabase.close();  
    if (dbHelper != null)  
        dbHelper.close(); } }
```

Anexo IV - Consultar um Item pelo Código no Banco de Dados

```

public void carregaMapaPeloCodigo(int codigo){
    DBHelper dbHelper = null;
    SQLiteDatabase sqLiteDatabase = null;
    Cursor cursor = null;
    try{
        dbHelper = new DBHelper(context);
        sqLiteDatabase = dbHelper.getReadableDatabase();
        cursor = sqLiteDatabase.query("mapa",null,"codigo = ?",new
String[]{String.valueOf(codigo)},null,null,null);
        excluir = true;
        while (cursor.moveToNext()){
            this.codigo = cursor.getInt(cursor.getColumnIndex("codigo"));
            nome = cursor.getString(cursor.getColumnIndex("nome"));
            descricao = cursor.getString(cursor.getColumnIndex("descricao"));
            excluir = false;
        }
    }catch (Exception e){
        e.printStackTrace();
    }finally { if ((cursor != null) && (!cursor.isClosed()))
        cursor.close();
        if (sqLiteDatabase != null)
            sqLiteDatabase.close();
        if (dbHelper != null)
            dbHelper.close(); } }

```

Anexo V - Procedimento do Aplicativo ao Receber um Código

```
public void messageArrived(String topic, MqttMessage mqttMessage) throws Exception {  
    Log.w("Mqtt", mqttMessage.toString());  
    int codigo;  
    String recebido;  
    recebido = mqttMessage.toString();  
    codigo = Integer.parseInt(recebido);  
    falar(codigo); }
```

```
public void falar(int cod){  
    String resposta;  
    mapa.carregaMapaPeloCodigo(cod);  
    resposta = mapa.getDescricao();  
    textToSpeech.speak(resposta, TextToSpeech.QUEUE_FLUSH, null); }
```