



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS TERESINA CENTRAL
TECNÓLOGO EM ANÁLISE E DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS

DANIEL DA SILVA FARIAS

**LABRADOR : PROTÓTIPO DE SISTEMA DE APOIO A PESSOA COM DEFICIÊNCIA
VISUAL**

TERESINA, PIAUÍ

2018

DANIEL DA SILVA FARIAS

LABRADOR : PROTÓTIPO DE SISTEMA DE APOIO A PESSOA COM DEFICIÊNCIA
VISUAL

TCC apresentado à Banca Examinadora como requisito para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II do Curso Superior de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí.

Orientador: Prof. M^º. Fernando Castelo Branco Gonçalves Santana

Coorientador: Prof. Dr. Thiago Alves Elias da Silva

TERESINA, PIAUÍ

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

Farias, Daniel da Silva

F224l Labrador : protótipo de sistema de apoio a pessoa com deficiência visual /
Daniel da Silva Farias. - 2018.
72 f.: il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Análise e
Desenvolvimento de Sistemas) - Instituto Federal do Piauí, Campus Teresina
Central, 2018.

Orientador : Prof. Me. Fernando Castelo Branco Gonçalves Santana.

Coorientador : Prof. Dr. Thiago Alves Elias da Silva.

1. Visão computacional. 2. Mobilidade. 3. Deficiência visual. 4. Detecção de
objetos. 5. Localização indoor. I.Título.

CDD - 004.21

Elaborado por Sindya Santos Melo CRB 3/1085

DANIEL DA SILVA FARIAS

LABRADOR : PROTÓTIPO DE SISTEMA DE APOIO A PESSOA COM DEFICIÊNCIA VISUAL

TCC apresentado à Banca Examinadora como requisito para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II do Curso Superior de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí.

Aprovado pela banca examinadora em _____.

BANCA EXAMINADORA:

**Prof. M^º. Fernando Castelo
Branco Gonçalves Santana**
Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia do Piauí - IFPI

**Prof. Dr. Thiago Alves Elias da
Silva**
Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia do Piauí - IFPI

**Prof. Dr. Franciéric Alves de
Araújo**
Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia do Piauí - IFPI

**Prof. Dr. Stephenson de Sousa
Lima Galvão**
Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia do Piauí - IFPI

TERESINA, PIAUÍ

2018

Dedico este trabalho a todos que me ajudaram de alguma forma, obrigado!

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao Eterno, por ter me apresentado a possibilidade de concluir esse projeto. Agradeço em seguida a meus pais, especialmente a minha mãe, que assim como todos os amigos da região de Parnaíba, aguardaram pacientemente a conclusão do meu curso, tendo que me ver distante na maioria dos dias.

Agradeço aos meus amigos de Teresina, pelo acolhimento em uma cidade que eu não conhecia até então, e pelo apoio concedido que me serviu de sustentação da conclusão dessa jornada.

Agradeço aos meus amigos de outros países, que pela quantidade não cabe citar nomes dos mesmos ou de seus países aqui, eu agradeço pela confiança depositada por eles sobre a minha pessoa durante minha vida acadêmica e pelos conselhos cedidos.

Agradeço aos professores Franciéric e Stephenson, que aceitaram o convite para participação na minha banca de defesa de trabalho de conclusão de curso. Sem a aceitação deles a possibilidade de expôr esse trabalho não teria se apresentado.

Agradeço ao Instituto Federal do Piauí, por ter me ofertado a infraestrutura necessária para a realização deste trabalho, além da possibilidade de conhecer as pessoas que seriam meus guias nessa jornada e na vida como um todo.

Agradeço especialmente aos meus orientadores, Fernando Santana e Thiago Elias, pela receptividade com a qual eles aceitaram a minha pessoa como orientando, pelos conselhos e experiências compartilhadas que levarei por toda a minha vida acadêmica e profissional.

*“Somente loucura do bem pode curar um mundo irracional”
(Menachem Mendel Schneerson, tradução livre)*

RESUMO

A deficiência pode ser entendida como o estado em que as capacidades de um indivíduo se apresentam de forma insuficiente em comparação com a maioria da população. Dentre as deficiências catalogadas até o presente momento, a deficiência visual é a que atinge o maior número de pessoas no mundo. Segundo os dados mais recentes da Organização Mundial da Saúde, em 2010, mais de 280 milhões de pessoas possuíam alguma categoria de deficiência visual, sendo que mais de 38 milhões de pessoas se encontravam em estado de perda total de visão. Ainda segundo pesquisa do IBGE mais recente, datada de 2010, existiam 528 mil pessoas em estado de perda total de visão e 6 milhões de pessoas em estado de baixa visão no Brasil. Informativos como *World Report on Disability e Vision* sugerem ainda que existe uma tendência de crescimento do número de pessoas com deficiência visual no mundo. Até o presente momento, métodos consolidados de recuperação do sentido da visão para aqueles que a perderam de forma severa ou completa ainda não se apresentam, porém, novas tecnologias têm surgido para melhorar a acessibilidade dos deficientes visuais no cotidiano. Atividades como a locomoção, por exemplo, podem se tornar mais simples por meio de uma ferramenta que auxilie a pessoa com deficiência. Diante do exposto, o presente trabalho tem por objetivo apresentar o desenvolvimento de um protótipo de sistema de localização e notificação de um usuário deficiente visual em um ambiente fechado. Para alcançar o objetivo fim do projeto, um usuário é monitorado por meio de identificação de cores dentro de um ambiente fechado e com combinação de cores controlada. Por meio da localização das coordenadas do usuário de teste, o projeto possibilita armazená-las e criar notificações baseadas no risco de colisão com um objeto com cores mapeadas na plataforma.

Palavras-chaves: visão computacional, mobilidade, deficiência visual, detecção de objetos, localização *indoor*.

ABSTRACT

Disability means a state in which an individual's abilities are insufficient compared to the majority of the population. Among all the deficiencies, visual impairment is the one that affects the largest number of people in the world. According to information from the World Health Organization, in 2010, more than 280 million people had some category of visual impairment, with more than 38 million people suffering from total vision loss. According to the most recent IBGE survey, in 2010, there were 528 thousand people in a state of total loss of vision and 6 million people in low vision state in Brazil. Informational reports such as World Report on Disability and Vision suggest there is a growth trend of the number of visually impaired people in the world. Even if it is not possible to recover the vision of those who have lost it severely or completely, new technologies have emerged to improve the accessibility of the visually impaired in daily life. Activities such as locomotion, for example, can become simpler through a tool that assists the disabled person. In view of the above, the present work aims to present the development of a tracking and notification system in an indoor environment. An ideal environment was used for the development of the prototype, where an object was tracked through the identification of colors within a closed and color-controlled environment. By locating the test user's coordinates, the project enables them to store them and create notifications based on the risk of collision with an object with mapped colors on the platform..

Key-words: computer vision, mobility, visual impairment, object detection, indoor localization.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Ilustração 1 – Imagens diferenciadas por detalhes	21
Ilustração 2 – Imagem digital e sua representação computacional	22
Ilustração 3 – Imagens representativa do espaço de cores HSV	23
Ilustração 4 – Processos do PDI	23
Ilustração 5 – Imagem após a aplicação da Transformada de Hough	25
Ilustração 6 – Imagens antes e após a aplicação da limiarização	26
Ilustração 7 – Imagens antes e após a aplicação da dilatação	26
Ilustração 8 – Imagens antes e após a aplicação da Erosão	27
Ilustração 9 – Imagens antes e após a aplicação da Abertura	27
Ilustração 10 – Imagens antes e após o Filtro Gaussiano	28
Ilustração 11 – Imagem de circunferências externas	29
Ilustração 12 – Ícone utilizado no trabalho	32
Ilustração 13 – Área observada	36
Ilustração 14 – Cenário observado - posicionamento da câmera	37
Ilustração 15 – Arquitetura do Sistema : Perspectiva de Componentes	38
Ilustração 16 – Diagrama de casos de uso do Labrador	39
Ilustração 17 – Diagrama de classes do Labrador	40
Ilustração 18 – Diagrama de entidade relacionamento do Labrador	41
Ilustração 19 – Tela do módulo mobile do Labrador no Estado 1	43
Ilustração 20 – Tela do módulo mobile do Labrador no Estado 2	44
Ilustração 21 – Tela inicial com a indicação de segurança	45
Ilustração 22 – Tela inicial com a indicação de perigo	46
Ilustração 23 – Tela de Edição de Configurações do Módulo Web	47
Ilustração 24 – Tela de Adição de câmeras do Módulo Web	48
Ilustração 25 – Tela de Adição de Limiares HSV do Modulo Web	49
Ilustração 26 – API da aplicação labrador - acesso via software Postman	50
Ilustração 27 – Tela de Ativação do Script de Processamento de Imagem	51
Ilustração 28 – Ilustração das etapas de coleta e persistência dos dados no sistema	52
Ilustração 29 – Imagem do adorno utilizado como objeto principal	54
Ilustração 30 – Cenário observado pela câmera 1	59
Ilustração 31 – Estado de segurança registrado na câmera 1	59
Ilustração 32 – Estado de perigo registrado na câmera 1	60
Ilustração 33 – Mapa de Calor da câmera 1	61
Ilustração 34 – Cenário observado pela câmera 2	62
Ilustração 35 – Estado de segurança registrado na câmera 2	62
Ilustração 36 – Estado de perigo registrado na câmera 2	63

Ilustração 37 – Mapa de calor da câmera 2	63
Ilustração 38 – Cenário observado pela câmera 3	64
Ilustração 39 – Estado de segurança registrado na câmera 3	64
Ilustração 40 – Estado de perigo registrado na câmera 3	65
Ilustração 41 – Mapa de Calor da câmera 3	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Especificação dos estados do aplicativo móvel.	42
Tabela 2 – Parâmetros das simulações	55
Tabela 3 – Especificação dos ambientes utilizados para os experimentos.	55
Tabela 4 – Especificação das câmeras utilizadas nos experimentos.	56
Tabela 5 – Especificação dos limiares HSV utilizados para os experimentos.	57
Tabela 6 – Características do computador utilizado	57
Tabela 7 – Características dos Smartphones	58

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

API	<i>Aplication Programming Interface</i> - Interface de Programação de Aplicação
GPS	<i>Global Positioning System</i> - Sistema de Posicionamento Global
HSV	<i>Hue, Saturation and Value</i> - Valor, Saturação e Brilho
HTTP	<i>Hypertext Transfer Protocol</i> - Protocolo de Transferencia de Hipertexto
IOT	<i>Internet of Things</i> - Internet das Coisas
IP	<i>Internet Protocol</i> - Protocolo da Internet
LABRADOR	Protótipo de Sistema de Apoio a Pessoa com Deficiencia Visual
OpenCV	<i>Open Source Computer Vision</i> - Visão Computacional Open Source
PDI	Processamento Digital de Imagem
RGB	<i>Red, Green and Blue</i> - Vermelho, Verde e Azul
RTSP	<i>Real Time Streaming Protocol</i> - Protocolo para transmissão de dados em fluxo em tempo real
TA	Tecnologia Assistiva
TCP	<i>Transmission Control Protocol</i> - Protocolo de Controle de Transmissão
TTS	<i>Text to Speech</i> - Fala para texto
URL	<i>Uniform Resource Locator</i> - Localizador Uniforme de Recursos
VGA	<i>Video Graphics Array</i> - Lista de Vídeo Gráfico

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	Contextualização	15
1.2	Justificativa	16
1.3	Objetivos	17
1.3.1	Objetivo Geral	17
1.3.2	Objetivos Específicos	17
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
2.1	Deficiência Visual	19
2.1.1	Deficiência visual severa	19
2.1.2	Cegueira	19
2.2	Tecnologias Assistivas	20
2.3	Sistema de Localização em ambientes fechados	20
2.4	Visão Computacional	21
2.4.1	Transformada De Hough	24
2.4.2	Limiarização	25
2.4.3	Dilatação e erosão	26
2.4.4	Filtro Gaussiano	28
2.5	Posições Relativas das Circunferências	28
3	TRABALHOS RELACIONADOS	30
3.1	UM DISPOSITIVO HÁPTICO DE AUXÍLIO À NAVEGAÇÃO PARA DEFICIENTES VISUAIS	30
3.2	SISTEMA HÍBRIDO DE LOCALIZAÇÃO INDOOR BASEADO EM RFID E ANÁLISE VISUAL	30
3.3	SISTEMA DE AUXÍLIO A NAVEGAÇÃO EM AMBIENTES INTERNOS PARA PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL USANDO VISÃO ESTEREOSCÓPICA	31
4	LABRADOR - SISTEMA DE APOIO A PESSOA COM DEFICIÊNCIA VISUAL	32
4.1	Linguagens, Bibliotecas e <i>Frameworks</i>	33
4.1.1	Android	33
4.1.2	Django e Django Rest Framework	34
4.1.3	Websocket	34
4.1.4	Tornado	34
4.1.5	OpenCV	35
4.2	Componentes do projeto	35

4.2.1	Área observada	36
4.3	Arquitetura da aplicação	37
4.3.1	Projeto de Software	39
4.3.2	Banco de Dados	41
4.3.3	Módulo Mobile	41
4.3.4	Módulo Web	46
4.3.5	Script responsável pelo processamento de imagem	50
5	PROTÓTIPO E TESTE DO SOFTWARE	54
5.1	Ambientes de teste	55
5.1.1	Aquisição das Imagens	56
5.2	Containers dos módulos da aplicação	57
5.3	Testes	58
5.3.1	Teste com a câmera 1	58
5.3.2	Teste com a câmera 2	61
5.3.3	Teste com a câmera 3	64
5.3.4	Comparativo dos testes	66
5.4	Considerações Finais	67
6	CONCLUSÃO	68
6.1	Trabalhos Futuros	68
6.2	REGISTRO DE SOFTWARE	69
	REFERÊNCIAS	70

1 INTRODUÇÃO

Nesse capítulo será feita uma contextualização sobre os problemas de mobilidade de pessoas com deficiência visual, como eles podem afetar a vida de um indivíduo, além de formas propor soluções para esses problemas. Em seguida é apresentada uma proposta de protótipo de sistema de auxílio a mobilidade de pessoas com deficiência visual em um ambiente fechado por meio de localização nesse tipo de ambiente.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Dentre as deficiências que acometem a população brasileira, as deficiências visuais e motoras são catalogadas como as mais frequentes [BRASIL, 2017]. Para cada tipo de deficiência, existem uma série de novos desafios a serem superados no dia-a-dia. Dentre eles é possível destacar o preconceito, as dificuldades de locomoção, as dificuldades de interação social, entre outros tantos. Dentre os aspectos a serem considerados, o que tange a locomoção pode ser entendido como um obstáculo comum a ser perpassado entre as duas deficiências mais frequentes.

No caso de uma pessoa com deficiência motora, por exemplo, por mais que um indivíduo saiba para onde ir e como chegar a um determinado lugar de forma precisa, talvez o mesmo não tenha condições físicas de fazê-lo. No caso de uma pessoa com deficiência visual, percebe-se uma situação relativamente oposta. O indivíduo não sabe exatamente como chegar a um ponto específico no espaço, e se o sabe, na maior parte dos casos ele confia numa trajetória aprendida baseada em uma experiência prévia visual (caso o mesmo tenha apresentado a deficiência recentemente) ou não-visual. Deve-se ainda levar em consideração que o usuário com deficiência visual, mesmo possuindo um mapeamento mental de um local específico, ainda necessita de acessórios que evite obstáculos no seu percurso de forma confiável [SÁ, 2003]. Com isso, pode-se concluir que o processo de locomoção pode ser considerado complexo para indivíduos com deficiência visual, e que ferramentas para o auxílio da locomoção se tornam necessárias para garantir a inclusão desses indivíduos na sociedade.

Partindo do pressuposto de que existe a necessidade de criação de ferramentas que facilitem a locomoção de indivíduos com deficiência visual, diversos aspectos da locomoção podem ser ainda avaliados.

A locomoção propriamente dita, pode ser qualificada quando a cobertura do ambiente em que se propõe. Dessa forma é possível caracterizar a locomoção como dada em ambientes abertos ou fechados. Para cada um desses ambientes, é possível elencar um conjunto de ferramentas de auxílio no deslocamento de um indivíduo com deficiência visual. Dentro de um ambiente aberto, existem ferramentas consolidadas capazes de rastrear/monitorar obstáculos um indivíduo durante a trajetória. Por outro lado, em ambientes fechados, as ferramentas de localização ainda permanecem em estudo e ainda não estão integralmente confiáveis [LEITE, 2016].

O Sistema de Posicionamento Global (GPS) pode ser apontado como uma das ferramentas de auxílio a locomoção mais utilizadas atualmente para ambientes abertos. Infelizmente, o GPS não funciona de maneira eficiente em ambientes fechados (interior de casas, ambientes subterrâneos, próximo a objetos altos), fazendo com que este método seja ineficaz para sistemas de localização em ambientes fechados [FARID; NORDIN; ISMAIL, 2013].

Tendo em vista a dificuldade para rastrear a locomoção de pessoas com deficiência visual em ambientes fechados, o presente trabalho apresenta um método de rastreamento de usuários com deficiência visual baseado em visão computacional. O projeto irá focar no rastreamento de um usuário, em um ambiente fechado, baseado na cor de um adorno para a cabeça. O adorno a ser aplicado é um chapéu colorido de forma a facilitar a identificação do usuário dentre de um cenário específico. A extração de dados sobre as imagens capturadas de câmeras utilizadas no projeto são feitas por visão computacional e possibilitam definir a localização do usuário em um espaço fechado.

Entre os benefícios da implantação de uma ferramenta como a proposta no presente projeto, é a possibilidade de evitar acidentes como quedas e colisões com obstáculos (que podem provocar ferimentos). Uma das aplicações do trabalho é o monitoramento de deficientes visuais em locais como cozinhas, por exemplo. Um estudo feito na Turquia avaliou atividades domésticas de pessoas com deficiência visual no período de dois anos. O mesmo estudo demonstrou que para as pessoas avaliadas, o acidente doméstico com maior frequência seria ferimento de corte e segundo lugar estariam as quedas. Cabe destacar também que apenas um cômodo foi estudado (a cozinha da residência dos indivíduos) [ŞAHINGÖZ; ŞAHİN, 2012].

1.2 JUSTIFICATIVA

O ser humano interage com o meio externo por meio dos cinco sentidos (visão, audição, tato, olfato, gustação), onde cada deles fornece uma perspectiva diferente do ambiente. Por mais que a perspectiva do entorno fornecida por cada sentido seja diferente, alguns deles se sobressaem em relação aos outros. De acordo com [SHORE; SPENCE; KLEIN, 2000], quando ocorre um conflito entre as informações originárias da visão e dos outros sentidos, a percepção geral é determinada pelo primeiro. Ainda é possível afirmar que 80% das informações recebidas do ambiente são captadas por meio da visão [PAGLIUCA et al., 1996]. Em resumo, é possível inferir que a visão pode ser entendida como o sentido mais importante no processo de interação do ser humano com o ambiente em que ele se encontra.

Tendo em vista a importância da visão, cabe discutir os efeitos da ausência/insuficiência desse sentido no mundo contemporâneo. Uma quantidade considerável de informações são tratadas como exclusivamente visuais, mesmo que não necessariamente precisem envolver a visão para serem concluídas. Existem indicativos de que a maior parte das ações que o ser humano executa necessitam do uso da visão para que se concluam [NUNES; LOMÔNACO, 2010]. Como já citado anteriormente, o grande problema se encontram na capacidade de absorção da visão

acerca do ambiente. Muitas vezes o deficiente visual não tem a oportunidade de aproveitar o ambiente em que ele se encontra devido ao fato do mundo ter sido projetado para pessoas com visão normal ou fracamente subnormal.

Como afirmado anteriormente, o número de pessoas privadas do sentido da visão é considerável. Um estudo feito acerca de dados de deficientes visuais [REBOUÇAS et al., 2016] indica que, dentre os problemas mais apontados pelos deficientes visuais, o ambiente é visto como um dos quais os mesmos possuem menor domínio sobre.

1.3 OBJETIVOS

Nessa seção, o objetivo geral e os específicos são enunciados. Os experimentos com o protótipo da ferramenta foram guiados por esses tópicos. O uso de tecnologias de sintetização de voz, por exemplo, foi escolhida devido a necessidade de comunicação mais fluida com o usuário da ferramenta.

1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é construir o protótipo de um sistema de localização do deficiente visual em ambiente fechado que acompanhe o usuário durante sua locomoção evitando a sua colisão com objetos.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Promover interação entre o sistema que coleta os dados e o usuário por meio de comandos de voz enviados ao último;
- Notificar o usuário do sistema acerca de um obstáculo bem definido dentro do cenário utilizado;
- Armazenar os dados relativos aos caminhos percorridos pelo usuário do sistema para posterior análise e discussão.

RESUMO

O presente capítulo apresenta uma contextualização sobre o problema tratado neste trabalho e a justificativa de tal assunto, que pode ser resumida como sendo a proposta de um sistema modularizado para facilitar a mobilidade de pessoas com deficiência visual. Ao final do capítulo, foram detalhados os objetivos gerais e específicos do trabalho.

Os próximos capítulos estão organizados da seguinte forma:

- **Fundamentação Teórica:** Neste capítulo são apresentados os principais conceitos teóricos utilizados no desenvolvimento da solução proposta no presente trabalho;

- **Trabalhos Relacionados:** Capítulo que apresenta trabalhos cujo conteúdo se relacione ao acompanhamento de objetos/pessoas com deficiência visual durante seu processo de locomoção em ambientes fechados, caso o mesmo se apresente;
- **LABRADOR - Protótipo de Sistema de apoio a pessoa com deficiência visual** Capítulo dedicado a apresentação do sistema proposto, detalhando funcionalidades, utilização e demais detalhes da implementação;
- **Protótipo e Teste de Software** Capítulo dedicado a apresentação de alguns testes feitos com a ferramenta, bem como o cenário utilizado para os mesmos;
- **Conclusão:** Neste capítulo é feita a conclusão do trabalho dado. Os objetivos propostos pela ferramenta são listados assim como uma análise do que foi desenvolvido até o presente momento. Essa capítulo tem por objetivo refletir acerca da construção da ferramenta como um todo.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para melhor compreender o restante deste trabalho, são necessários conceitos de sobre: Deficiência Visual ; Tecnologias Assistivas; Sistemas de Localização em Ambientes Fechados e Visão computacional. Os quais são discutidos nas seções seguintes.

2.1 DEFICIÊNCIA VISUAL

A figura da pessoa com deficiência esteve presente em todas as eras da existência humana, inclusive sendo citada por meio de livros sagrados e histórias mitológicas [SILVA, 1987].

Atualmente, em todo o mundo, a deficiência em algum aspecto é uma condição que atinge milhares de pessoas. Cerca de 15 % da população mundial convive com algum tipo de deficiência [WORLD BANK, 2018].

Como citado anteriormente, dentre todas as formas de deficiência de sentidos, a deficiência visual tem se apresentado como a mais frequente. A deficiência visual pode ser conceituada como a perda total ou parcial, congênita ou adquirida, da visão [FUNDAÇÃO DORINA NOWILL, 2016].

Os estados da visão podem ser definidos em quatro categorias: visão normal, deficiência visual moderada, deficiência visual severa (baixa visão) e cegueira (visão inexistente) [WHO, 2017]. A aplicação do trabalho beneficia a locomoção de pessoas com casos de deficiência visual severa e cegueira, pois propõe um sistema de localização em ambientes fechados aos mesmos, uma vez que eles não possuem o sentido da visão de forma adequada e que métodos de melhoria da capacidade visual de pessoas nesses dois estados ainda não se encontram aplicáveis [DEFICIENTE ONLINE, 2018].

2.1.1 Deficiência visual severa

Termo também conhecido como deficiência visual severa ou cegueira parcial, essa categoria de deficiência visual pode apresentar formatos específicos. O Instituto Benjamin Constant aponta que a cegueira parcial pode se referir ao estado das pessoas que veem um objeto bem definido (como dedos da mão) à curtas distâncias, e aos casos em que as pessoas veem apenas vultos. Em ambas as situações, por mais que o indivíduo possua percepção luminosa, a distinção de objetos em formatos mais complexos se torna inviável [INSTITUTO BENJAMIN CONSTANT, 2018].

2.1.2 Cegueira

Este termo, também conhecido como cegueira total, visão zero, ou simplesmente amaurose, diz respeito à completa perda de visão. A visão é inexistente, de forma que nem a percepção luminosa está presente [INSTITUTO BENJAMIN CONSTANT, 2018].

Ainda é possível classificar a deficiência visual de forma pedagógica. Nesse caso, o estado de amaurose é definido quando o deficiente visual mesmo possuindo visão subnormal, necessita de uso de Braille (um sistema de leitura que mapeia caracteres visuais em caracteres diferenciáveis por tato) para poder se utilizar da leitura [INSTITUTO BENJAMIN CONSTANT, 2018].

2.2 TECNOLOGIAS ASSISTIVAS

O termo para o presente conceito foi criado em 1988, nos Estados Unidos. O intuito da criação do termo diz respeito a necessidade de diferenciar e padronizar equipamentos em relação a outras tecnologias utilizadas no âmbito médico e hospitalar. Tecnologia assistiva é um termo que se refere à um conjunto de tecnologias que vem surgindo que podem auxiliar os deficientes de forma geral [KLEINA, 2012].

O termo pode ser definido como: "gama de equipamentos, serviços, estratégias e práticas concebidas e aplicadas para minorar os problemas encontrados pelos indivíduos com deficiências" [COOK; HUSSEY, 2002]. Como citado anteriormente, o processo de locomoção de indivíduo com deficiência visual poderia ser facilitado por meio de uma tecnologia assistiva que o auxiliasse a percorrer o caminho desejado.

2.3 SISTEMA DE LOCALIZAÇÃO EM AMBIENTES FECHADOS

A conceituação de [LIU et al., 2007] define um sistema de localização em ambientes fechados ou localização *indoor*, como um sistema capaz de verificar a posição espacial de um objeto em relação a um sistema de coordenadas. Sua função é prover a localização de um objeto em análise, de forma automática. Um sistema de localização em ambientes fechados pode descobrir a posição geográfica de um usuário para, por exemplo, promover novos serviços. Um exemplo de serviço poderia ser a descoberta e notificação à um usuário acerca de obstáculos baseados na aproximação do primeiro em relação ao segundo.

Um sistema de localização em ambientes fechados pode ainda ser definido como um conjunto de dispositivos, técnicas, algoritmos e aplicações que estimam automaticamente as coordenadas relativas ou absolutas de objetos ou pessoas em ambientes internos [BERZ, 2015].

Dentre os sistemas propostos, o modelo de localização por sistemas óticos foi escolhido devido a familiaridade do autor com conceitos de visão computacional e processamento de imagens digitais. Uma parte relevante dos sistemas óticos de localização baseia-se em técnica de análise visual e aplicação de algoritmos de visão computacional [BERZ, 2015].

2.4 VISÃO COMPUTACIONAL

Segundo [BRADSKI; KAEHLER, 2008] visão computacional é a transformação de dados oriundos de uma fonte de dados imagéticos, em qualquer decisão ou em uma nova representação. A visão computacional, de forma sucinta, faz com que padrões de imagens sejam reconhecidos matematicamente. Uma imagem pode possuir um significado implícito, de acordo com os formatos que se apresentam nela. A ilustração 1 demonstra duas imagens semelhantes com significados diferentes.

Ilustração 1 – Imagens diferenciadas por detalhes

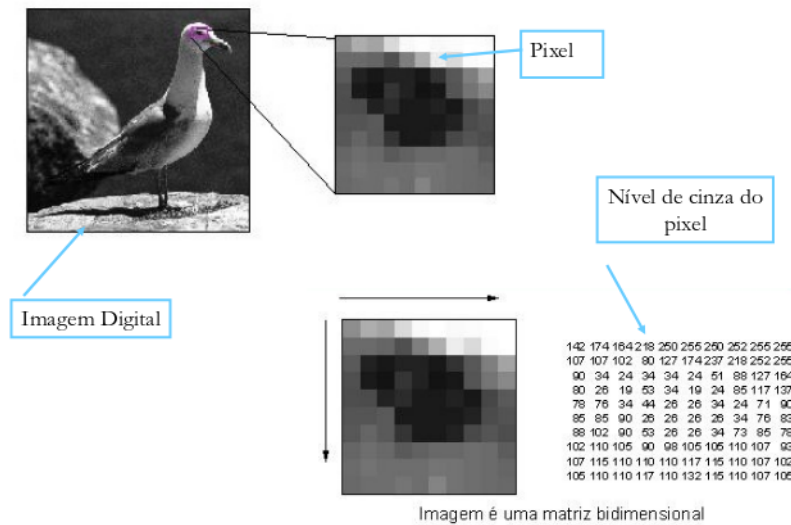


FONTE: [SMART KIDS, 2018].

A ilustração 1 apresenta duas imagens possuem regiões diferenciadas. Essa fato permite sugerir que elas possuem um significado implícito diferente utilizando o raciocínio lógico humano. Para um sistema computacional, não existe um raciocínio humanístico, e para que se possa aferir algo sobre a uma imagem, esta precisa se tornar algo matematicamente manipulável. A maneira como os sistemas computacionais representam as imagens captadas do ambiente é definida como imagem digital.

Uma imagem digital, se refere a uma imagem armazenada por um sistema computacional. Segundo [ORTH et al., 2001], quando a imagem é digitalizada, ela é armazenada na memória do computador na forma de uma matriz de dados, onde cada elemento representa um pixel da imagem. A ilustração 2 demonstra a forma como o computador abstrai os dados de imagens digitais.

Ilustração 2 – Imagem digital e sua representação computacional



FONTE: [VIEIRA, 2018]

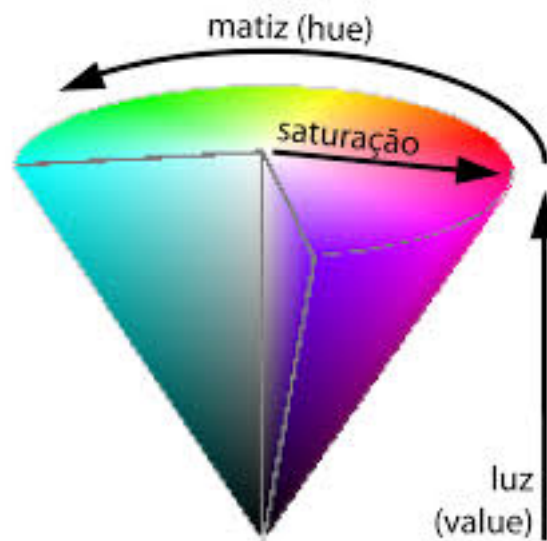
A ilustração 2 ilustrou a forma como as imagens são armazenadas e processadas digitalmente. Uma nuvem de pixels se torna a estrutura de dados necessária para que se recupere as informações da imagem de forma completa. Os conhecimentos de computação nos tópicos de vetores e matrizes permitem que os dados matemáticos das imagens sejam manipulados a partir desse ponto. A aplicação de processos matemáticos em matrizes de pixels com o objetivo de extrair valores numéricos configura o conceito de processamento digital de imagens [MARENGONI; STRINGHINI, 2009].

Uma vez que se obtém o array de pixels, é necessário especificar qual o espaço de cores utilizado no processamento digital de imagens. O espaço de cores pode ser definido como uma organização específica de cores [Konica Minolta Sensing, 2018]. Normalmente utiliza-se o padrão RGB (Red (Vermelho), Green (Verde), Blue (Azul)) ou ainda a versão de valores ordenados da esquerda pra direita ou BGR. O espaço de cores RGB simplifica a representação das imagens digitais, porém apenas lida com valores intrínsecos da cor, não abrangendo metadados como brilho, transparência e etc.

Uma outra maneira de representar cores com mais metadados é a forma de utilização do espaço de cores HSV. A sigla HSV é composta de (H) Matiz, (S) Saturação e (V) Valor. No modelo HSV, Valor se refere ao brilho total da cor, Tonalidade se refere ao comprimento de onda dominante e a Saturação especifica a pureza da cor. A transformação RGB-HSV separa a informação acromática (valor) e cromática (matiz e saturação) de uma imagem RGB [SCHNEIDER; BELLON; ARAKI, 2003].

A ilustração 3 representa a forma como os valores componentes do espaço de cores HSV se apresentam.

Ilustração 3 – Imagens representativa do espaço de cores HSV

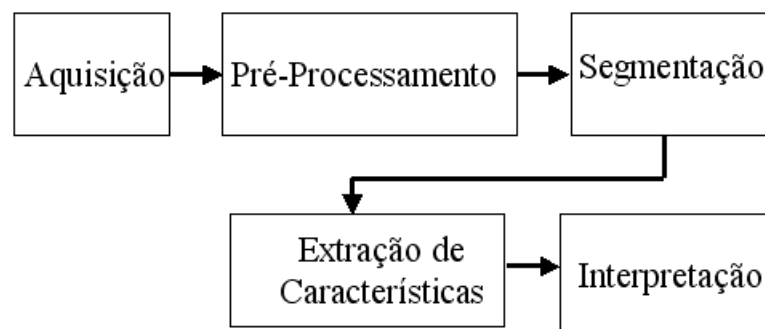


FONTE: [RESEARCH GATE, 2018]

A ilustração 3 demonstra a forma como os valores de cada componente do espaço de cores se relacionam matematicamente. Pode-se perceber que a relação entre as componentes é não linear. Uma boa parte dos algoritmos de processamento de imagem se utiliza desse espaço de cores, pelo fato do RGB lidar apenas com junções de cores primárias (incidência luminosa), enquanto o HSV consegue descrever a imagem em termos mais abrangentes (Valor, Saturação e Brilho) [PEREZ; KOCH, 1994].

Processamento digital se refere a aplicação de operações sobre uma imagem digital. Segundo [JR et al., 2008], é possível resumir os processo do processamento digital de imagem em cinco macro-etapas. A ilustração 4 demonstra os processos normalmente aplicados de forma a extrair valores numéricos ou informações mais elaboradas a partir de dados brutos.

Ilustração 4 – Processos do PDI



FONTE: [JR et al., 2008]

Os processos que compõem o processamento de imagem e que são apresentados na

ilustração 4, estão listados a seguir [JR et al., 2008]:

1. **Aquisição:** entrada de dados de uma imagem digital por meio de um dispositivo captador de imagens analógicas qualquer ou por meio da utilização de arquivos digital já existentes;
2. **Pré-processamento:** normalização da imagem, como por exemplo, suavização de contornos, redimensionamento, entre outras técnicas;
3. **Segmentação:** agrupamento de informações similares em objetos constituintes da imagem, necessariamente a definição de partes da imagem da qual se pretende estudar;
4. **Extracção de características:** processo final do PDI onde os dados estudados e na etapa anterior geram informações concretas.

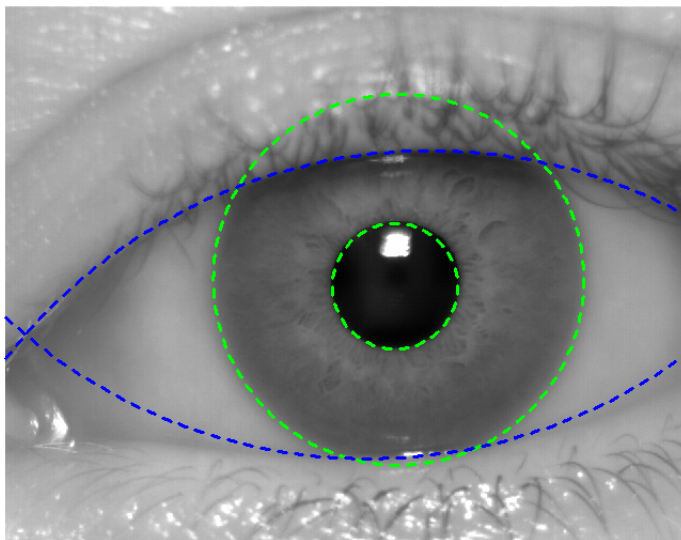
Durante a manipulação da imagem digital, diversas técnicas podem ser utilizadas para modificar uma imagem fonte. Algumas dessas técnicas ocupam destaque no PDI. Por exemplo, técnicas de filtragem e suavização de imagens tem por objetivo efetuar um processamento uma determinada imagem de modo que a imagem resultante seja mais adequada que a imagem original para uma aplicação específica [FILHO; NETO, 1999].

O processo de filtragem e suavização possui função de adaptar a imagem para as etapas posteriores do processamento de imagens digitais (Pré-processamento). Além do pré-processamento, existem diversos processos que transformam a imagem original em uma imagem modificada que possibilita a descoberta de novas informações. Entre elas, cabe citar as técnicas utilizadas no presente trabalho, como a Transformada de Hough, limiarização, Dilatação e Erosão e Borramento Gaussiano.

2.4.1 Transformada De Hough

A Transformada de Hough foi elaborada originalmente para detectar linhas retas e curvas, e este método pode ser usado se equações analíticas dos objetos de fronteira são conhecidos. Esse método basicamente diminui a quantidade de espaços contíguos entre linhas retas ou curvas. Normalmente pode ser utilizado para normalizar contornos descobertos em imagens digitais [DORINI; ROCHA, 2011]. A ilustração 5 apresenta uma imagem após a aplicação da Transformada de Hough.

Ilustração 5 – Imagem após a aplicação da Transformada de Hough



FONTE: [UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA, 2014]

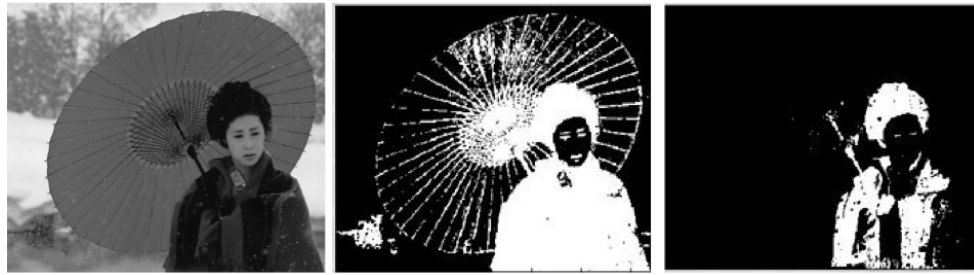
A ilustração 5 representa a descoberta dos contornos da íris por meio da aplicação da Transformada de Hough [UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA, 2014]. É possível observar que contornos implícitos puderam ser deduzidos a partir do reconhecimento das figuras geométricas presentes na imagem. O método, pode ser visto então como um mecanismo para compor partes de um determinado polígono por meio da reconstrução de seu contorno.

2.4.2 Limiarização

Também conhecida como binarização ou *thresholding*, essa técnica de processamento de imagens define a separação da imagem em duas porções, uma branca e uma preta, baseada em um limiar numérico dado. A limiarização é uma abordagem fundamentada na análise da similaridade de níveis de cinza, de modo a extrair objetos de interesse mediante a definição de um limiar T que separa os agrupamentos de níveis de cinza da imagem [QUEIROZ; GOMES, 2006].

A técnica é conhecida como binarização pois o resultado da mesma é imagem com apenas dois tons de cores, branco e preto. O processo mais simples de limiarização consiste na conversão de pixels para preto ou branco dependendo do valor em que esses pixels passíveis de conversão se encontram (Se cor apresenta valor numérico acima de do limiar, vira branco, e senão vira preto) [ORLANDINI, 2012]. A ilustração 6 demonstra o resultado anterior e posterior à aplicação do processo de limiarização com dois limiares diferentes:

Ilustração 6 – Imagens antes e após a aplicação da limiarização



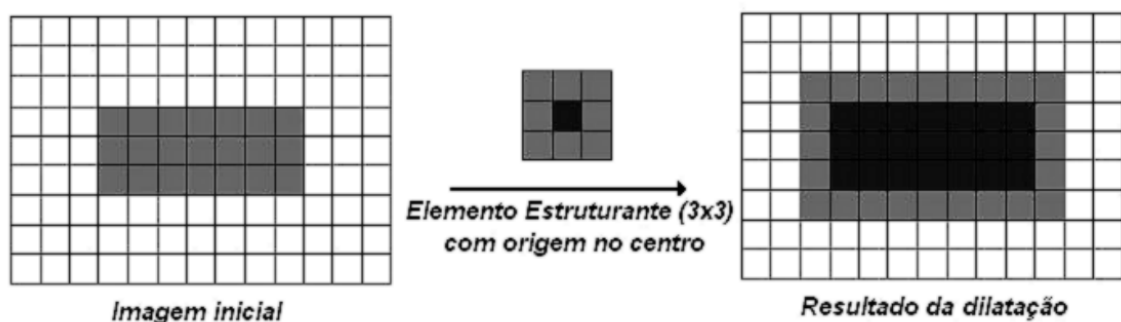
FONTE: [GRUPO PET COMPUTAÇÃO UFCG, 2011]

A imagem original possuía tonalidade de cinza e valores específicos determinados para cada pixel da mesma. De acordo [GRUPO PET COMPUTAÇÃO UFCG, 2011] com as duas imagens que compõem a figura resultaram da aplicação de uma limiarização com valores 30 e 10 respectivamente.

2.4.3 Dilatação e erosão

Dilatações e erosões são técnicas usadas para a criação de transformações mais sofisticadas, as quais conduzem a vários resultados relevantes quanto à análise de imagens, dentre os quais é possível citar o preenchimento de buracos, a extração de contornos e o reconhecimento de padrões [BANON; BARRERA, 1994]. A ilustração 7 demonstra o resultado anterior e posterior à aplicação do processo de dilatação.

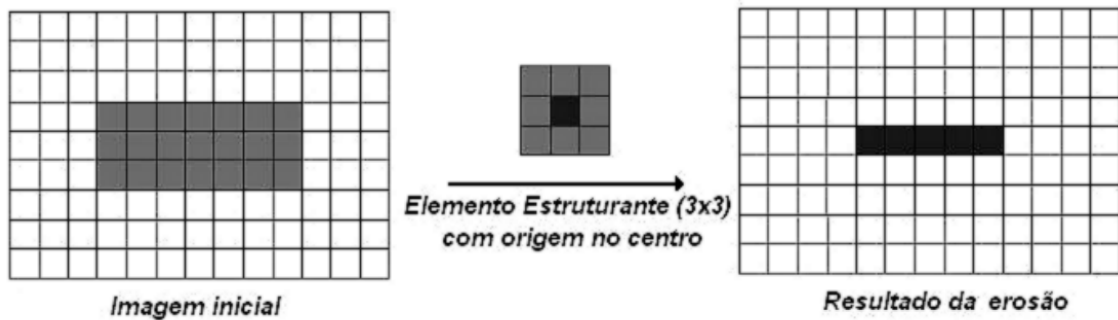
Ilustração 7 – Imagens antes e após a aplicação da dilatação



FONTE: [AMORIM, 2010]

O processo de dilatação tem por objetivo alterar para um dado padrão uma pequena área relacionada a um pixel [QUEIROZ; GOMES, 2006]. Assim como a dilatação, a erosão é outra operação passível de utilização e que normalmente possui efeito complementar a dilatação. A ilustração 8 ilustra o resultado anterior e posterior à aplicação do processo de erosão.

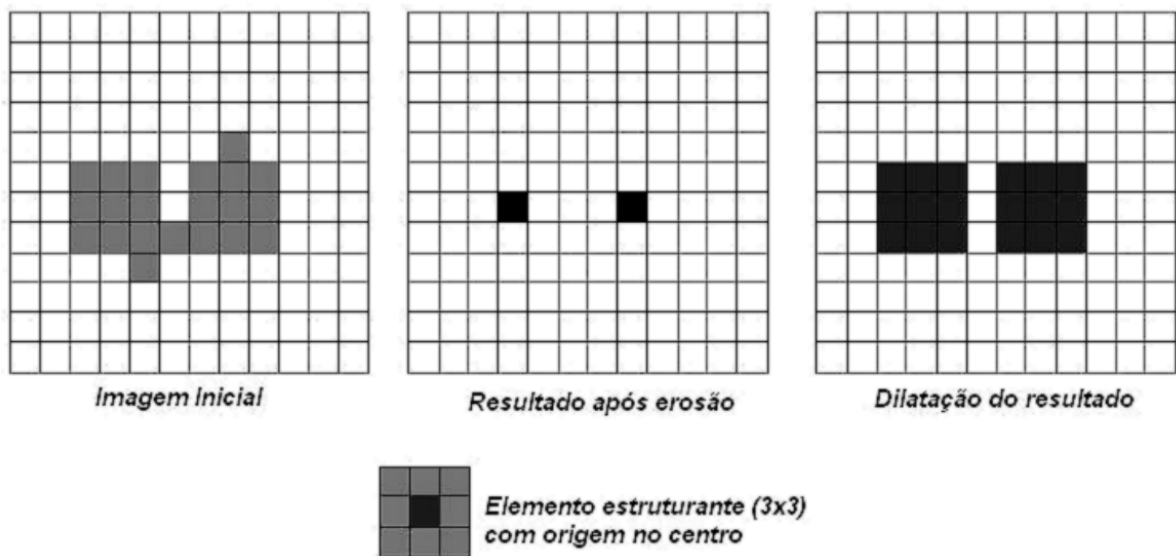
Ilustração 8 – Imagens antes e após a aplicação da Erosão



FONTE: [AMORIM, 2010]

O processo de erosão tem por objetivo remover da imagem os pixels que não atendem a um dado padrão [QUEIROZ; GOMES, 2006]. É possível combinar as duas técnicas para melhorar a descoberta de contorno. Nesse caso, a ordem importa. Ou seja, aplicar a erosão de forma posterior a dilatação promove um resultado diferente da aplicação das duas técnicas de forma oposta a citada anteriormente. Para o presente trabalho, foi aplicada a técnica de erosão e depois dilatação (também conhecida como processo de abertura), pois segundo [TSANG ING REN, 2010] os benefícios dessa abordagem incluem: Suavização do contorno da imagem, quebra istmos estreitos, e elimina protusões finas. Como exemplo da aplicação do processo, a ilustração 9 apresenta o resultado da abertura.

Ilustração 9 – Imagens antes e após a aplicação da Abertura

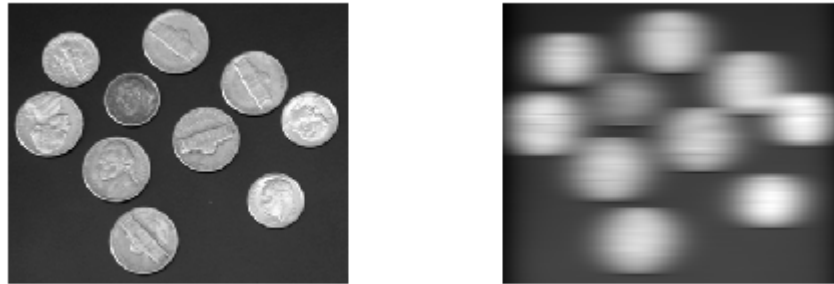


FONTE: [AMORIM, 2010]

2.4.4 Filtro Gaussiano

Segundo [JESUS; JR, 2015] o filtro gaussiano é utilizado para borrar ou desfocar a imagem na qual ele é aplicado com o objetivo de reduzir os ruídos presentes na imagem. Ou seja, a medida que o filtro é aplicado, menos chances de erros na detecção do contornos podem existir. A ilustração 10 demonstra os estados anteriores e posteriores à aplicação do filtro Gaussiano.

Ilustração 10 – Imagens antes e após o Filtro Gaussiano



FONTE: [UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO, 2018] ADAPTADO.

A ilustração 10 demonstra a imagem que após a aplicação do filtro se encontra "borrada". Por mais que esse efeito visual aconteça, segundo [JESUS; JR, 2015], a aplicação do filtro gaussiano é largamente utilizada no estágio de pré-processamento da imagem a fim de enaltecer a estrutura da imagem em diferentes escalas.

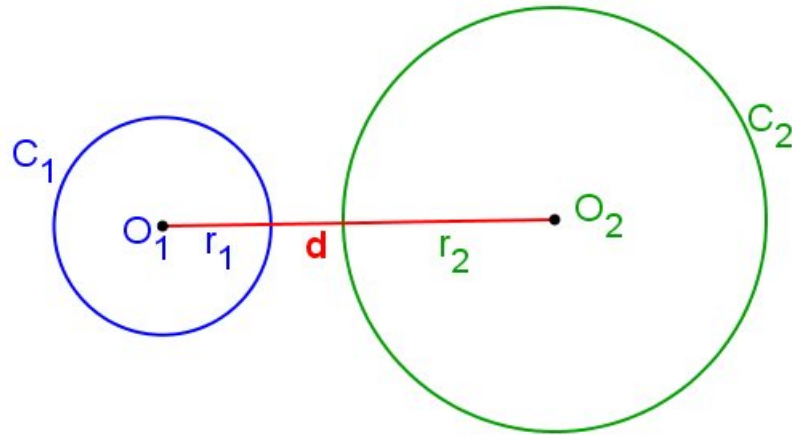
2.5 POSIÇÕES RELATIVAS DAS CIRCUNFERÊNCIAS

Uma circunferência é entendida como um conjunto de pontos que possuem distancias iguais à um ponto chamado centro. Essa distancia também conhecida como raio, consegue descrever a posição de um outro ponto em relação a uma dada circunferência [DOLCE; POMPEO, 2013]. Ou seja, caso ponto esteja dentro da circunferência ele terá uma distancia menor que o raio ao centro da mesma, e em caso contrário, ele terá uma distancia maior que o raio ao centro da circunferência em questão.

Uma vez que é possível descrever a posição relativa de pontos sobre uma dada circunferência, é possível também descobrir a posição relativa de duas ou mais circunferências. Para que duas circunferências sejam externas o raio de uma precisa estar distante de um valor acima da soma dos dois raios. Com isso é possível garantir que nenhum dos pontos da segunda circunferência estão contidos na primeira [SILVA, 2019].

A ilustração 11 demonstra o caso em que duas circunferências se encontram externas entre si.

Ilustração 11 – Imagem de circunferências externas



FONTE: [SILVA, 2019] ADAPTADO.

A ilustração 11 demonstra algumas variáveis úteis para a comparação. A variável d apresenta o valor da distância entre os raios r_1 e r_2 , respectivamente. Para que uma circunferência seja externa a outra, d necessariamente precisa ser maior que a soma de r_1 e r_2 [DOLCE; POMPEO, 2013]. A técnica de verificar posições relativas entre circunferências é conhecida como colisão de círculo, ela foi definida como método de detecção de colisão por ter sido amplamente difundida no desenvolvimento de jogos de computador em dimensões 2d [TANAYA et al., 2017], [Mozilla Developer Network, 2018]. Pelo fato de se tratar de um monitoramento em duas dimensões a detecção de círculo é aplicável. Nas análises de obstáculos advindas do processamento de imagens, serão feitas operações matemáticas para descobrir se circunferências que representam objetos estão em estado de interseção (colisão) ou não.

RESUMO

Neste capítulo foi apresentada a base teórica utilizada para idealização da solução modularizada de software, que pode-se resumir em um protótipo de tecnologia assistiva com o intuito de fornecer um sistema de localização em ambientes fechados baseada em visão computacional de forma a ajudar o processo de locomoção de usuários com deficiência visual.

3 TRABALHOS RELACIONADOS

Este capítulo apresenta trabalhos cujo conteúdo esteja relacionado à criação de um sistema de navegação para deficientes visuais, ou mesmo a criação de um sistema de navegação em ambientes fechados.

3.1 UM DISPOSITIVO HÁPTICO DE AUXÍLIO À NAVEGAÇÃO PARA DEFICIENTES VISUAIS

O projeto desenvolvido por [RODRIGUES, 2006] apresenta em seus capítulos iniciais, uma revisão de literatura acerca das tecnologias que garantem a acessibilidade para pessoas com deficiência visual. Além disso, o mesmo propõe uma ferramenta que lida com o tato de indivíduos com deficiência visual para ajudar os mesmos a locomover-se em um determinado espaço.

O sistema proposto é um dispositivo que se utiliza do tato como notificador, em formato de pulseira, com interface de integração a sistemas de auxílio à navegação. O projeto apresentado nesse trabalho tem foco em deficientes visuais e identificação de obstáculos para os primeiros [RODRIGUES, 2006]. A escolha de um dispositivo háptico se deve a alguns fatores em específico. O autor propõe a utilização de um dispositivo tátil pelo fato de que, em casos de ambientes barulhentos, talvez uma notificação sonora não fosse eficaz devido a interferências na comunicação.

Juntamente com outros trabalhos, o sistema proposto poderia inserir um segundo identificador de obstáculos, tendo em vista os obstáculos só são encontrados enquanto estiverem em faixa de distância detectável dos sensores utilizados no projeto. Dessa forma, o monitoramento, é parcial. Ou seja, só existem informações acerca do usuário em pontos mais próximos dele [RODRIGUES, 2006].

3.2 SISTEMA HÍBRIDO DE LOCALIZAÇÃO INDOOR BASEADO EM RFID E ANÁLISE VISUAL

Na proposta de [BERZ, 2015], especialmente nos capítulos iniciais, é apresentada uma revisão de literatura acerca das tecnologias que estão relacionadas à coleta de dados espaciais dentro de um ambiente fechado. O autor se utiliza desse estudo para propor um modelo híbrido de localização, de forma a sanar problemas encontrados nas diversas tecnologias usadas de forma isolada. Além de uso de visão computacional no projeto, existe a utilização de algoritmos de inteligência artificial para normalizar os dados obtidos em ambas as fontes.

O sistema proposto é composto de tecnologias como RFID e Visão Computacional como formas de coleta/processamento de dados. O projeto apresentado nesse trabalho possibilita a localização de objetos estáticos. O sistema além de capturar coordenadas em duas dimensões, descobre

coordenadas em 3 dimensões. Ainda é possível destacar que esse trabalho relacionado obtém precisão na localização e provê tempo de resposta de poucos segundos. [BERZ, 2015].

A ferramenta, porém, teria uma alcance ainda maior se tivesse sido construída utilizando tecnologias multiplataforma. Devido a implementação de parte do sistema em ambiente .NET, por mais que já exista suporte multiplataforma na tecnologia utilizada, a mesma foi projetada para ser utilizada no sistema operacional *Windows* [CODE MAGAZINE, 2018].

3.3 SISTEMA DE AUXÍLIO A NAVEGAÇÃO EM AMBIENTES INTERNOS PARA PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL USANDO VISÃO ESTEREOSCÓPICA

O projeto construído por [CHIQUETO, 2016] apresenta uma proposta de criação de um sistema de navegação em ambientes internos por meio de equipamentos de baixo custo. O ferramenta desenvolvida foca sua utilidade na descoberta de caminhos sem obstáculos para que usuários com deficiência visual possam andar de forma segura.

O sistema de forma geral tenta atingir o objetivo de trabalho por meio da extração de um mapa de disparidade, existe ainda a realização de testes em diversas plataformas, em conjunto com aplicações de filtros sobre imagens. Essa imagens são geradas por meio da câmera de visão estereoscópica Minoru3D para o mapeamento de ambientes internos. Uma saída do projeto proposto no trabalho é informação ao usuário sobre caminhos livres para locomoção.

Entre as semelhanças com o projeto apresentado nessa proposta pode-se citar o uso de uma câmera sobre os objetos a serem identificados. O sistema por sua vez, poderia monitorar a navegação, uma vez que objetos que obstruem o caminho são identificados na ferramenta. Ou seja, a ferramenta indica o caminho, mas não teve a implementação de um modulo que auditasse o seguimento desse caminho pelo usuário. [CHIQUETO, 2016].

RESUMO

Neste capítulo foram apresentados três trabalhos relacionados ao Labrador. O primeiro e o segundo trabalhos fazem criticas aos sistemas de visão computacional. O primeiro trabalho principalmente delega as responsabilidades de coletas de dados para um equipamento vestível, o que o difere do presente projeto. Tendo em vista a escalabilidade do conjunto de sensores que podem ser definidos, quanto menos equipamentos o usuário necessitar usar, melhor.

O últimos deles, SISTEMA DE AUXÍLIO A NAVEGAÇÃO EM AMBIENTES INTERNOS PARA PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL USANDO VISÃO ESTEREOSCÓPICA, é uma das principais referências para o presente trabalho, pois o mesmo trouxe uma abordagem mais próxima da proposta no mesmo. O segundo trabalho de outra forma, ajudou a refletir sobre os problemas da escolha de uma tecnologia dentro do contexto de localização. Como o cenário do protótipo é idealístico, esse nível de precisão não desqualifica a ideia.

4 LABRADOR - SISTEMA DE APOIO A PESSOA COM DEFICIÊNCIA VISUAL

O Labrador consiste em um par de módulos (web e mobile) desenvolvido utilizando das tecnologias Django, Django Rest Framework, Tornado, Android, AngularJS, Bootstrap e banco de dados Postgresql, e que tem como finalidade ser o protótipo de um sistema para o auxílio na navegação de usuários deficientes visuais em ambientes fechados.

O nome da ferramenta foi inspirado na raça canina normalmente utilizada como guia de deficientes visuais. A imagem utilizada no aplicativo móvel foi retirada do site Icons8. A mesma imagem é livre para uso, mesmo em programa comerciais, desde que dado o devido crédito. A ilustração 12 apresenta o ícone utilizado no trabalho.

Ilustração 12 – Ícone utilizado no trabalho



FONTE: [ICONS8., 2018]

A ilustração 12 como apresentada acima, se trata da única imagem utilizada no sistema de autoria de terceiros. Apenas a aplicação móvel se utiliza dele, tanto na tela principal, quanto no ícone do aplicativo.

O projeto foi desenvolvido com a finalidade notificar o usuário sobre um obstáculo com cor mapeada no sistema e que se apresente em um determinado pontos do espaço, assim como servir de fonte de dados para outras aplicações acerca da localização do usuário do sistema.

A ferramenta observa imagens capturadas de uma área selecionada dentro de um cômodo específico de uma residencia, para então extrair dados relevantes de cada imagem capturada (usuário deficiente visual e objeto secundário) e prover uma notificação em tempo real, para o usuário com da aplicação. Assim sendo, as seguintes características são apresentadas pelo projeto desenvolvido:

1. **Idealístico:** No sistema, apenas um objeto principal é rastreado de forma dinâmica, enquanto objetos secundários encontrados em limiares de cores diferentes são analisados de forma estática;

2. **Baseado em cores:** Para a configuração da aplicação, limiares de cores em formato HSV são utilizados como ponto de partida para o processamento de imagens. Além disso, a forma geométrica representativa dos objetos foi determinada como sendo a circunferência.

Como forma de definir um padrão para o objeto principal a ser observado, foi escolhido um boné preto azulado, pela facilidade de acesso do autor ao mesmo, cabe citar porém, que o formato do objeto não afeta o rastreamento, uma vez que a cor (se propriamente configurada em termos de limiares HSV) tem o papel principal nesse mesmo processo. Essa decisão foi tomada tendo em vista de que a câmera se encontrará na parte de cima do comodo, e a distinção entre pessoas com e sem deficiência visual será feita analisando a cor da imagem do boné, em duas dimensões.

Os melhores aspectos de cada tecnologia foram observados de forma a promover um aproveitamento mais holístico da combinação das tecnologias. Um conjunto de diversas tecnologias foram integradas para obter os melhores resultados para cada tarefa da aplicação.

4.1 LINGUAGENS, BIBLIOTECAS E FRAMEWORKS

Os dois módulos do projeto indicam as partes do sistemas com suas funcionalidades. Cada um dos módulos se destina a uma plataforma diferente (Web e Mobile) bem como usuários com capacidades diferentes. Esses usuários possuem as seguintes funções, pessoas com visão normal se utilizam do módulo Web e deficientes visuais se utilizam do mobile, respectivamente. Devido a escolha de uma série de ferramentas, cabe destacar finalidade das principais para o bom funcionamento do projeto.

4.1.1 Android

O Android é um sistema operacional *open-source* baseado em Linux mantido pela empresa americana *Alphabet .Inc* (Google) [ANDROID DEVELOPERS, 2018]. Além do suporte dado pelos desenvolvedores da empresa responsável, o fato de ser *open-source* permite que a comunidade de usuários verifique e sugira correção de falhas na plataforma, trazendo mais confiabilidade no uso da mesma. O numero de dispositivos e de desenvolvedores que suportam a plataforma pode ser apontado como uma das causas do sucesso da mesma.

Número de usuários atualmente é estimado em mais de 2 bilhões de dispositivos ativos por mês. O que faz da plataforma o sistema operacional com mais usuários no mundo todo [WIELEN, 2018]. Devido a sua popularidade, o sistema operacional Android é utilizado como plataforma alvo para o desenvolvimento do módulo mobile da aplicação Labrador.

A tecnologia Android tem um importante papel no desenvolvimento da ferramenta Labrador. A tecnologia provê suporte vasto a interação com por meio de cliques, duplos cliques, e comandos de voz. A tecnologia Android também oferece suporte a diversos protocolos de comunicação, o que facilita as possibilidades de implementação do projeto.

4.1.2 Django e Django Rest Framework

O Django é um *framework* Web com uma grande quantidade de usuários no mundo e escrito na linguagem Python. Django é um *framework* que apesar de ser aplicado em contexto Web, possui uma diversidade variadas de ferramentas, incluindo manipulação de esquemas e importação/exportação de dados gravados em bancos de dados [DJANGO PROJECT, 2018]. A escolha da ferramenta se deu pela flexibilidade do desenvolvimento na linguagem originária do *framework* (Python) e pelo uso de ferramentas como *migrations* que permitem remodelar o banco de dados de forma simples e segura. A configuração do *script* que faz o processamento das imagens será delegada ao modulo web escrito em Python/Django. A visualização de dados de configurações por aplicações de terceiros será feita por meio de uma tecnologia agregada ao Django, o Django Rest Framework.

A biblioteca Django Rest Framework fornece suporte ao *framework* Django de mecanismos de serialização de dados (conversão de estruturas de dados em texto plano). Essa funcionalidade é necessária para que outras aplicações consumam dados do Sistema Labrador. A biblioteca anterior foi escolhida devido ao suporte de diversas funcionalidades tais quais: serialização de dados em diversos formatos diferentes, controle do número de acessos aos dados expostos (*throtling*), mecanismos de autenticação e autorização, entre outras características [DJANGO REST FRAMEWORK, 2018]. Toda a interligação do sistema com aplicações de terceiros, será feita por meio da camada de exposição de dados criada com a biblioteca Django Rest Framework.

4.1.3 Websocket

O protocolo Websocket permite comunicação de duas vias (seja do cliente para o servidor, quanto vice-versa). O protocolo consiste na estabelecimento de comunicação entre as duas partes envolvidas seguidas de um enquadramento básico de mensagens sobre o protocolo TCP. O principal objetivo desse protocolo é o provimento de um mecanismo para aplicações web onde a comunicação de duas vias entre cliente e servidor não seja sempre pautada em múltiplas conexões HTTP [Fette, Ian, and Alexey Melnikov, 2011]. Uma vez que o Framework Django, apesar das muitas funcionalidades apresentadas, não possua suporte nativo a Websocket, foi necessário agregar um outro *framework* Web ao primeiro. Como alternativa de *framework* Python com suporte a tecnologia Websocket, foi escolhido o Tornado, devido a sua facilidade de integração com o *framework* Django.

4.1.4 Tornado

O Tornado é um *framework* Python que usa conceitos relacionados a entrada/saída de dados de forma não bloqueante, ou seja, é possível executar tarefas sem esperar que elas terminem, bloqueando o fluxo principal do programa desenvolvido. O mesmo *framework* é escalável, podendo suportar inúmeras conexões abertas, o que o torna ideal para aplicações onde

seja necessário manter conexões de longo prazo com cada cliente [TORTONE et al., 2018]. A principal funcionalidade do *framework* Tornado no sistema é o fornecimento de um servidor WebSocket para transmissão de mensagens da aplicação Web para o cliente mobile.

4.1.5 OpenCV

A Biblioteca OpenCV possui um conjunto de funcionalidades para utilização de algoritmos de visão computacional. A biblioteca citada anteriormente é livre para uso comercial e acadêmico. Atualmente OpenCV já teve 14 milhões de downloads [OPENCV, 2018]. A biblioteca OpenCV foi escolhida por prover uma grande variedade de exemplos disponíveis na internet, pelas funcionalidades implementadas que abrangem os objetivos como um todo e pelo grande número de interfaces disponíveis em diversas linguagens. A biblioteca OpenCV utilizada no projeto teve sua implementação construída na linguagem Python.

4.2 COMPONENTES DO PROJETO

Na presente seção, serão listados os componentes físicos do projeto, sem a qual não é possível implementar a arquitetura lógica. O material necessário para a criação do protótipo é a seguinte:

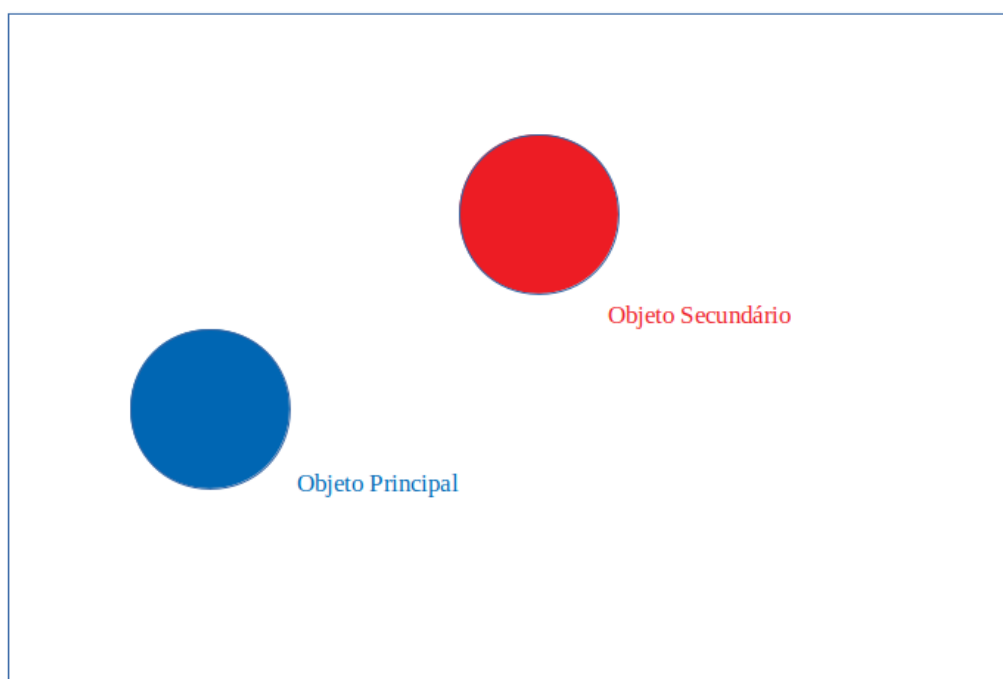
1. **Computador:** Um computador é necessário para a implantação do módulo web. Ele servirá como um servidor de aplicações desse módulo, sendo utilizado tanto por um usuário que consiga configurar o mesmo quanto por aplicações de terceiros que se encontrem em uma rede local;
2. **Fonte de Dados Imagéticos:** Para o funcionamento do sistema é necessário que se utilize uma webcam acoplada ao computador citado anteriormente, ou uma câmera com acesso via IP;
3. **Smartphone Android:** Para o funcionamento do módulo mobile (que será usado pelo usuário do sistema) do projeto, um smartphone real com sistema operacional Android e API nível 5 ou superior, é necessária, podem ser utilizadas máquinas virtuais com sistema operacional Android para testes. Além disso, para a implantação do sistema mobile, é necessário observar que a sintetização de voz deve ser habilitada para uso do aplicativo desenvolvido [ANDROID DEVELOPERS, 2018];
4. **Adorno colorido:** Qualquer adorno colorido pode ser utilizado, desde que cubra a região da cabeça e seja visível do ponto de vista de cima para baixo por uma câmera com resolução mínima de 640x480 pixels (devido ao fato de ter sido a menor resolução testada no projeto);

5. **Rede de computadores:** Para que exista a comunicação entre os dois módulos desenvolvidos e/ou entre o módulo web do Labrador e aplicações de terceiros, os mesmos devem se encontrar em uma mesma rede de computadores.

4.2.1 Área observada

A área observada na maior parte dos casos consiste em um plano retangular que diz respeito a parte de um cômodo de uma casa. A ilustração 13 apresenta um ambiente retangular indicando um possível cenário a ser observado durante a implantação do projeto. Deve-se citar ainda que a ilustração 13 tem efeito ilustrativo e apenas é útil para indicar o ambiente ideal da casa, um vez que a câmera encontra-se no centro do cômodo.

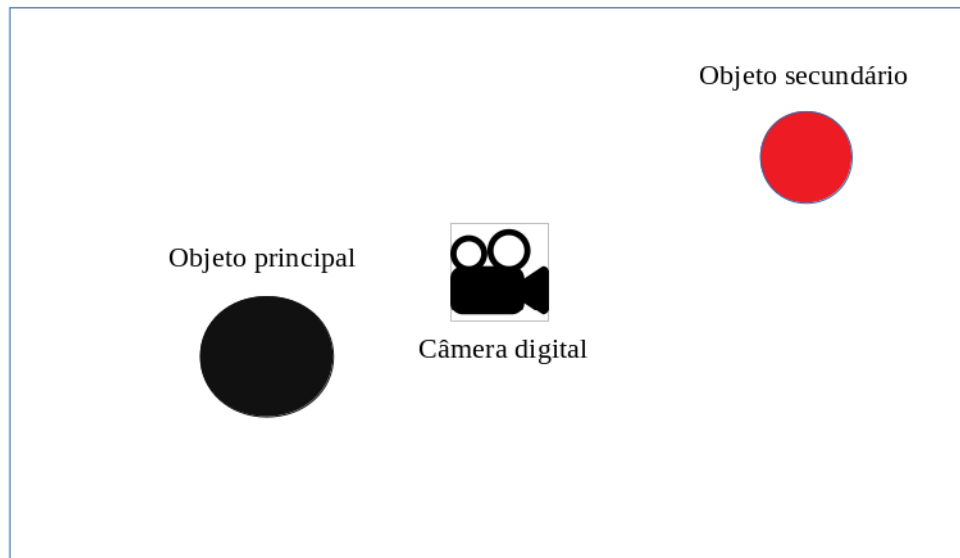
Ilustração 13 – Área observada



FONTE: Elaborado pelo autor

Para cada câmera, foi definido um espaço físico semelhante de teste. Normalmente os espaços observados pelas câmeras se tratavam de partes de cômodos de residências ou de salas de laboratório, além de um espaço sem paredes, mas com teto. A ilustração 14 demonstra o posicionamento da câmera dentro do espaço observado durante a maioria dos testes.

Ilustração 14 – Cenário observado - posicionamento da câmera



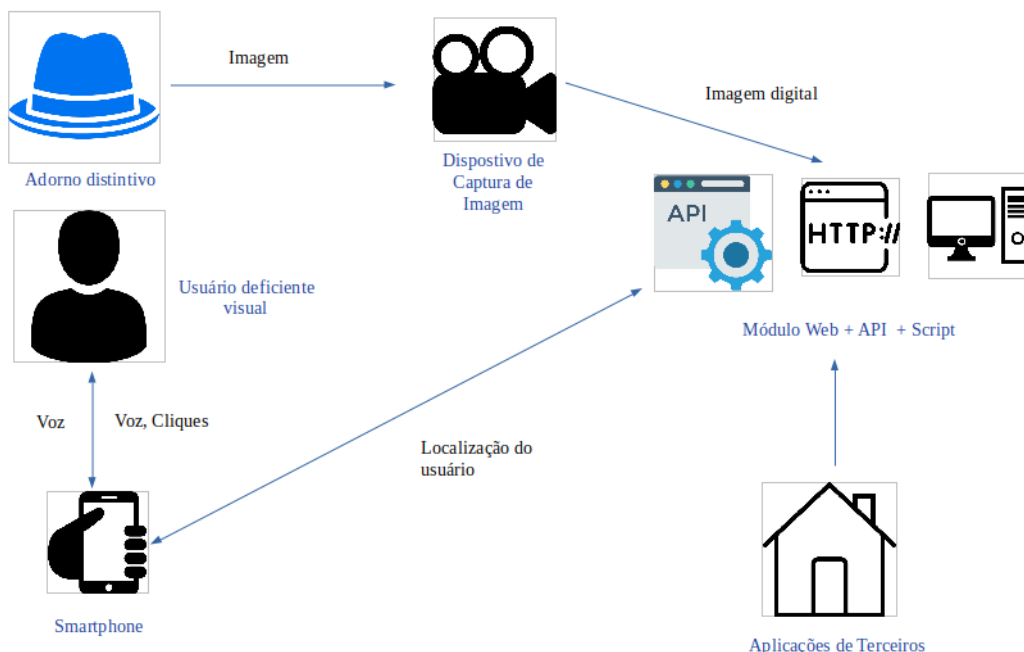
FONTE: Elaborador pelo autor

A ilustração 14 indica que como as câmeras foram posicionadas em relação ao centro dos cômodos. Essa decisão foi tomada de forma a obter um alcance proporcional de todas os pontos do comodo, ou pelo menos ter uma área centralizada dentro do comodo. É necessário ainda citar que o cenário é mapeado em duas dimensões apenas.

4.3 ARQUITETURA DA APLICAÇÃO

Como havia sido citado anteriormente. A arquitetura definida para o projeto é composta de dois módulos que se comunicam por meio de intercambio de dados. A arquitetura do sistema em relação aos componentes e integrações é descrita na ilustração 15.

Ilustração 15 – Arquitetura do Sistema : Perspectiva de Componentes



FONTE: Elaborado pelo Autor

A ilustração 15 demonstrou a forma como as informações serão compartilhadas no projeto de uma forma menos técnica. As pontas das setas indicam o sentido de tráfego dos dados, o texto em cor preta indica quais dados serão intercambiados, e o texto em azul descreve a figura mais próxima. Onde existem setas de via dupla, existe o envio e a consulta de dados pelos componentes. A ilustração 15 pode ser detalhada para cada item, em formato de interações, como segue:

1. **Interação do usuário deficiente com o smartphone:** O usuário com deficiência visual pode consultar ao smartphone sua situação atual (seguro ou inseguro), por meio de um clique longo ou por meio de um comando de voz. O smartphone sintetiza voz para o usuário caso receba um clique;
2. **Interação do smartphone com o módulo web do Labrador:** A API fornece dados textuais para a aplicação Android quando requisitada. Da mesma forma, o aplicativo envia dados serializados para persistência por meio da API. Os dados intercambiados nesse fluxo são dados de configuração. Por fim, o aplicativo tem acesso de leitura e escrita sobre a API;
3. **Interação do módulo web com aplicações de terceiros:** O módulo web, por meio de uma API, fornece um conjunto de dados que podem ser disponibilizados para outras aplicações que se comuniquem por meio de dados serializados. As aplicações de terceiros tem acesso de somente leitura sobre os dados do sistema;

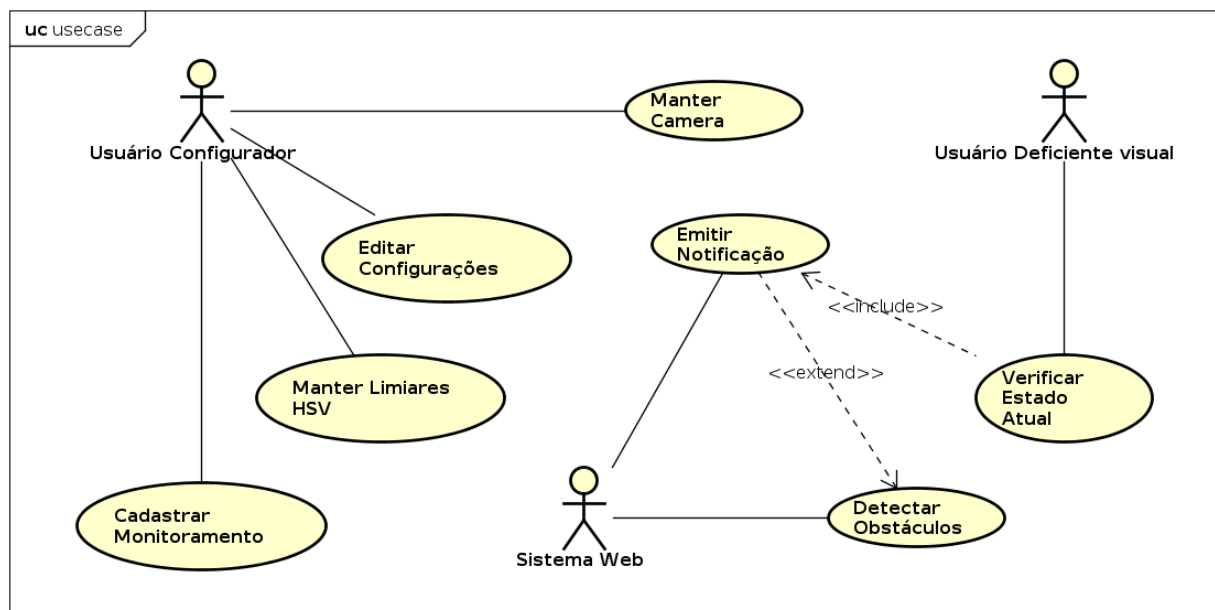
4. **Interação do modulo web com a câmera:** As imagens são capturadas por uma câmera e lidas pelo módulo web. Esse mesmo módulo executa os passos descritos na figura 28 para obter os dados espaciais necessários para a criação de notificações para o usuário deficiente visual.

A definição da arquitetura foi fundamental para o desenvolvimento do projeto de software. O projeto de software inclui a confecção das representações dos modelos referentes ao sistema e será apresentada na subseção seguinte.

4.3.1 Projeto de Software

O projeto de software do labrador foi definido com base em certos diagramas UML. UML é uma linguagem visual usada para especificar, visualizar, construir e documentar artefatos de um sistema de Software [JACOBSON; BOOCH, 2017]. A ilustração 16 registra a forma como os atores foram projetados para o protótipo inicial do projeto.

Ilustração 16 – Diagrama de casos de uso do Labrador



FONTE: Elaborador pelo autor

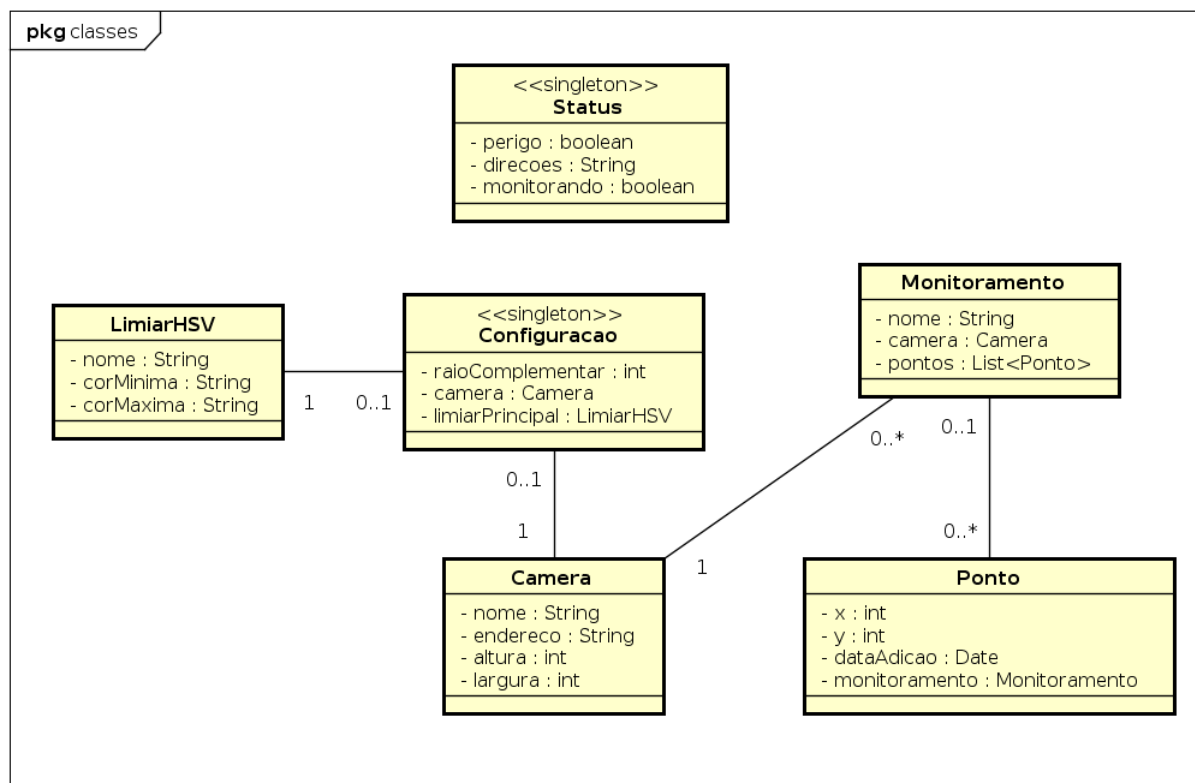
O diagrama de casos de uso, na ilustração 16, mostra os casos de uso de três atores usuário do sistema, assim como dos módulos que compõem o projeto. O módulo responsável pelo processamento de imagens a medida que detecta obstáculos, interage com os módulos web e mobile. No caso citado anteriormente, uma mudança de estado do usuário em relação aos obstáculos pode provocar a notificação por meio de voz. O usuário do módulo mobile pode questionar seu atual estado de segurança em relação ao obstáculo do cenário. O sistema de notificação do usuário será responsável apenas por emitir voz durante a interação com o usuário

do aplicativo móvel por meio de cliques longos (para descobrir se usuário se encontra em perigo ou não).

Ainda acerca da ilustração 16, é possível verificar que existe um usuário específico que só é responsável por adicionar informações de configuração que serão utilizadas pelos dois módulos. Esse usuário não necessariamente utilizará a plataforma móvel e poderá apenas configurar o sistema uma vez, para posteriores utilizações.

De forma semelhante ao desenvolvimento dos casos de uso, a ilustração 17 registra uma outra perspectiva do projeto, no caso, a forma como as classes foram projetadas para o protótipo inicial do projeto.

Ilustração 17 – Diagrama de classes do Labrador



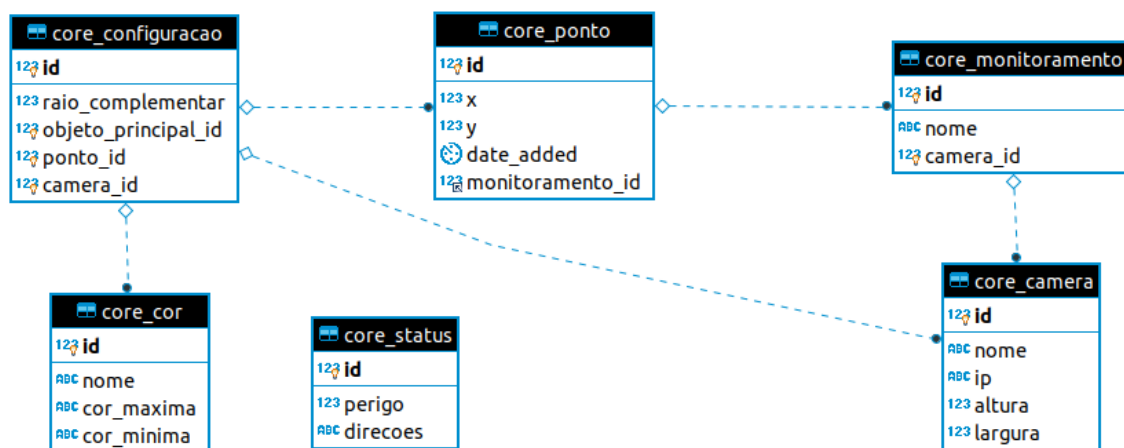
FONTE: Elaborador pelo autor

O diagrama de classes, exposto na ilustração 17, mostra as entidades presentes no sistema, bem como todos os seus atributos e métodos. O diagrama exposto não diz respeito a maneira de armazenamento de cada informação, mas ao significado do que está sendo armazenado. Ainda foi confeccionado um diagrama de entidade-relacionamento que se encontra disposto na seção de apêndices.

4.3.2 Banco de Dados

O sistema desenvolvido se utiliza de dados prévios configurados por meio de um banco de dados relacional (PostgreSQL). O banco de dados PostgreSQL foi escolhido pela sua versatilidade na persistência de dados, robustez e pelo fato de ter código aberto [POSTGRESQL, 2018]. Os dados definidos no banco de dados são dados de configuração do cômodo observado, como podem ser também dados referentes a pontos a serem observados durante a trajetória do usuário com deficiência visual. A ilustração 18 exibe a modelagem do diagrama de entidade relacionamento da plataforma web.

Ilustração 18 – Diagrama de entidade relacionamento do Labrador



FONTE: Elaborador pelo autor

Além do uso de banco de dados persistentes, alguns dados são gravados em momento de execução na memória principal dos dispositivos, devido a sua necessidade de escrita e leitura rápida. O módulo mobile, por exemplo, utiliza além de armazenamento volátil, o banco de dados SQLite. O Banco de dados SQLite possui suporte extenso da plataforma Android, além de ser veloz nas consultas e ter fácil implantação em conjunto com outras tecnologias [GOOGLE DEVELOPERS, 2018].

4.3.3 Módulo Mobile

O módulo mobile é o responsável pelas notificações de usuário, onde o mesmo poderá saber seu nível de segurança em relação aos obstáculos encontrados no espaço em que ele se encontra.

Como citado anteriormente, as notificações de mudanças de estado são refletidas no módulo mobile. A integração provoca mudanças nos estados da tela do sistema. A ilustração 19

demonstra uma captura de tela após a inicialização do aplicativo. É extremamente necessário destacar que todas as mensagens dispostas na tela do aplicativo são sintetizadas por voz ao usuário, uma vez que o mesmo pode não ser capaz de enxergá-lo.

Apesar da sintetização de voz desenvolvido no projeto, existe a necessidade de expor as mensagens na tela, de forma a ajudar uma pessoa que possui visão normal ou fracamente subnormal para verificar se o aplicativo mobile se encontra em perfeito funcionamento, uma vez que o mecanismo de emissão de som do dispositivo pode estar defeituoso. O aplicativo móvel pode se encontrar em 4 estados possíveis, de acordo com a tabela 1:

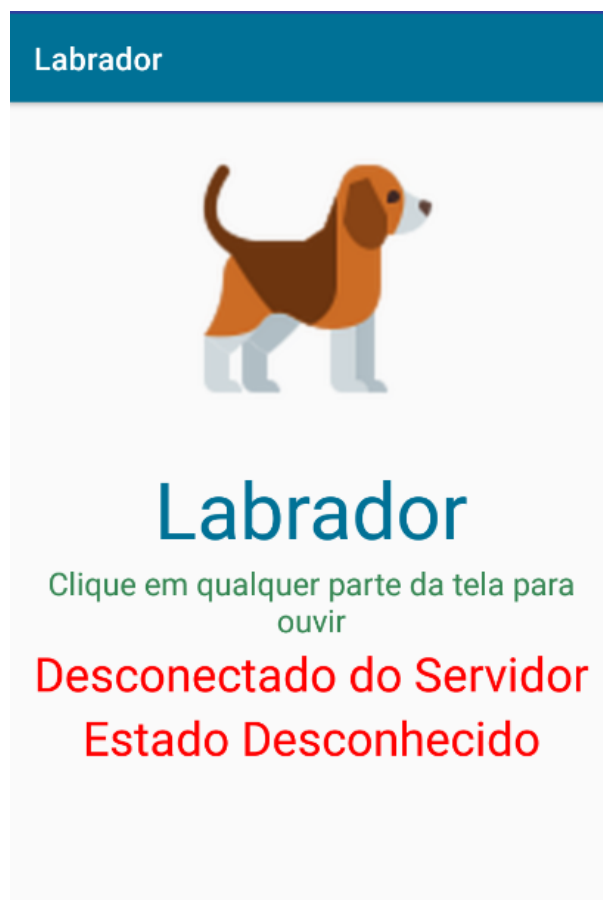
Tabela 1 – Especificação dos estados do aplicativo móvel.

Índice	Conectado ao módulo web	Usuário identificado	Usuário passível de colisão	Mensagem sintetizada para notificação
1	Não	Não aplicável	Não aplicável	Desconectado do servidor
2	Sim	Não	Não aplicável	Fora de alcance
3	Sim	Sim	Não	Você está seguro
4	Sim	Sim	Sim	Você está em perigo

FONTE: Elaborador pelo autor

A tabela 1 apresenta quatro diferentes estados com informações diferentes acerca do usuário. O estado 1, por exemplo, indica como a aplicação se apresentaria na inicialização e em casos em que não fosse possível se comunicar com o módulo web. A ilustração 19 apresenta uma captura de tela do módulo mobile enquanto não há conexão com o módulo web.

Ilustração 19 – Tela do módulo mobile do Labrador no Estado 1

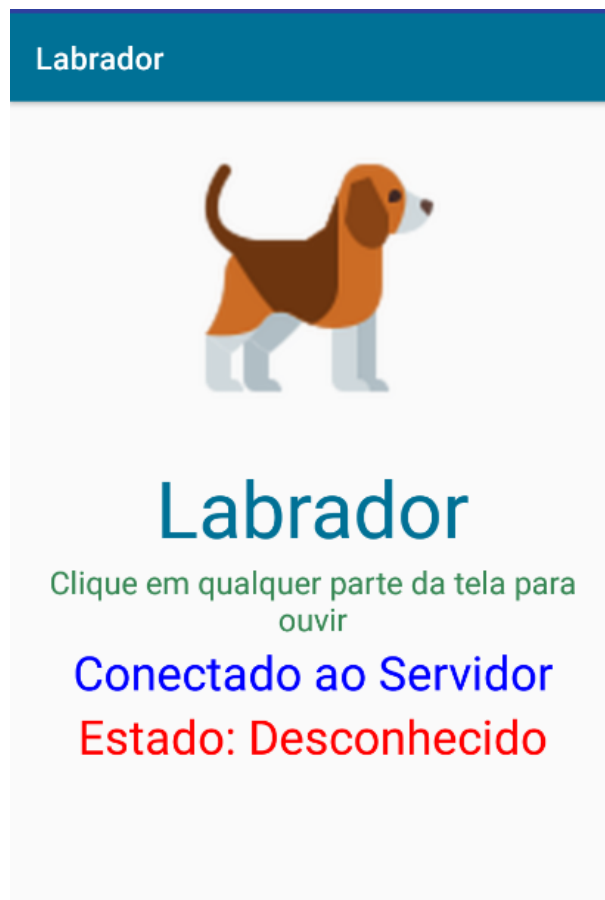


FONTE: Elaborador pelo autor

Em casos como apresentado na ilustração 19, nenhuma exceção de código que possa fazer o aplicativo pare de funcionar é lançada, mas ainda assim, é necessário que o aplicativo seja reiniciado para tentar novamente uma conexão. É necessário que exista certeza da execução do módulo web para que a aplicação mobile consiga descobrir o local do usuário.

Mesmo que o módulo web esteja em funcionamento. Também é necessário que o usuário se encontra dentro da área de alcance da câmera. Caso essa condição não seja atendida, o módulo mobile se apresenta de acordo com a ilustração 20.

Ilustração 20 – Tela do módulo mobile do Labrador no Estado 2



FONTE: Elaborador pelo autor

Em casos como o apresentado na ilustração 20, a aplicação não lança exceção e para de funcionar e não é preciso reiniciar o aplicativo, uma vez que naturalmente ao estar sob o alcance da câmera, o módulo web notifica o aplicativo da mudança de estado.

Caso o usuário se encontre dentro da área de alcance da câmera, podem ocorrer duas mudanças no status da tela do módulo mobile, bem como as notificações ao usuário. Essas duas variáveis dependem do nível de segurança a qual ele se encontra. Foram definidos dois níveis de segurança no projeto. Os níveis de segurança criados são:

- **Seguro** - O usuário se encontra distante de obstáculo em no mínimo o tamanho do raio da figura encontrada pelo script, dependendo do mapeamento da imagem. Um exemplo desse estado seria o caso em que um pixel equivale a 2 centímetros e que o raio possui tamanho equivalente a 5 pixels. No caso exposto, existiriam no mínimo 10 centímetros de distancia entre o obstáculo e o usuário;
- **Perigo** - O usuário se encontra distante do obstáculo em no máximo o tamanho do raio da figura encontrada pelo script, dependendo do mapeamento da imagem. Um exemplo desse estado seria o caso em que um pixel equivale a 3 centímetros e que o

raio do objeto principal possuisse tamanho equivalente a 5 pixels. No caso exposto, existiriam no máximo 15 centímetros de distância entre o usuário e as bordas da circunferência representativa do objeto secundário. A aplicação foi criada de forma que o raio da circunferência do objeto principal seja ajustável.

A ilustração 21 mostra a exibição da tela inicial quando o usuário se encontra distante de obstáculos.

Ilustração 21 – Tela inicial com a indicação de segurança



FONTE: Elaborador pelo autor

A ilustração 21 mostra a exibição da tela inicial quando o usuário se encontra distante de obstáculos. Assim como o texto "SEGURO" passa a representar o estado atual do usuário na tela do aplicativo, caso o usuário solicite uma notificação do estado atual, a mensagem "Você está seguro" é sintetizada em voz para o mesmo. Da mesma forma, existe uma representação do estado de perigo, como a ilustração 22 expõe.

Ilustração 22 – Tela inicial com a indicação de perigo



FONTE: Elaborador pelo autor

De forma análoga a ilustração 21, a ilustração 22 exibe a tela inicial quando o usuário se encontra próximo de obstáculos. O texto "PERIGO" é apresentado na tela do aplicativo, e caso o usuário solicite uma notificação do estado atual, a mensagem "Você está em perigo" é sintetizada para o mesmo.

4.3.4 Módulo Web

O layout da interface web desenvolvido com as tecnologias Bootstrap CSS e o mecanismo de processamento de dados no servidor foi desenvolvido em Django, além disso foi desenvolvida uma API e um script de processamento de imagem acionável pela interface web.

O gerenciamento de câmeras, configurações e limiares HSV (criação, modificação e remoção do banco de dados) só é permitida a usuários devidamente autenticados no sistema, sendo este acesso configurado por meio de autenticação. Esses usuários são indivíduos que possuem a capacidade de enxergar objetos bem definidos. Eles são necessário para configurar a aplicação na rede local do deficiente visual. Não existem níveis diferentes de usuário, uma vez que o módulo Web apenas configura a forma como o script de processamento de imagens

funciona. A ilustração 23 representa a tela de cadastro de configurações com os padrões do sistema.

Ilustração 23 – Tela de Edição de Configurações do Módulo Web

Labrador Início Cadastros Consultas Resultados Configuração

Configurações

Raio complementar:

70

Camera:

Camera

Cor:

AVERMELHADO

Salvar Voltar

@ LIMS - Laboratory of Innovation on Multimedia Systems

FONTE: Elaborador pelo autor

A ilustração 23 apresenta um formulário com as informações pertinentes ao script que processa as imagens, como citado anteriormente o raio da circunferencia do usuário pode ser acrescida de um valor em pixels. É possível ter mais de uma câmera cadastrada assim como limiares HSV diferentes. A tela em questão demonstra como é definida a cor (limiar HSV) do objeto principal e qual câmera é utilizada como câmera no processamento em tempo real.

Assim como os dados de configuração geral podem ser editados pelo usuário configurador do sistema, é necessária ainda a inserção de pelo menos duas entidades para o bom funcionamento do sistema. As ilustrações 24 e 25 demonstram a forma em que os formulários de cadastro se encontram.

Ilustração 24 – Tela de Adição de câmeras do Módulo Web

Labrador Início Cadastros Consultas Resultados Configuração

Cadastro da Câmera

Nome:

URL da Camera/Índice da Webcam:

Salvar Voltar

@ LIMS - Laboratory of Innovation on Multimedia Systems

FONTE: Elaborador pelo autor

A ilustração 24 apresenta um formulário com as informações pertinentes a uma câmera a ser cadastrada no sistema, é possível persistir dados relativos a índices (no casos de webcams) e URLs (no caso de aplicativos que compartilham imagens da câmera por meio do protocolo TCP). Assim como os dados anteriores, é possível ter o total controle das cores a serem observadas no ambiente, por meio do cadastro de limiares HSV, como demonstra a ilustração 25.

Ilustração 25 – Tela de Adição de Limiares HSV do Modulo Web

Labrador Início Cadastros Consultas Resultados Configuração

Cadastro de Limiares HSV

Nome:

Valor mínimo de detecção em HSV: (no formato (rrr, ggg, bbb))

Valor máximo de detecção em HSV: (no formato (rrr, ggg, bbb))

Salvar Voltar

@ LIMS - Laboratory of Innovation on Multimedia Systems

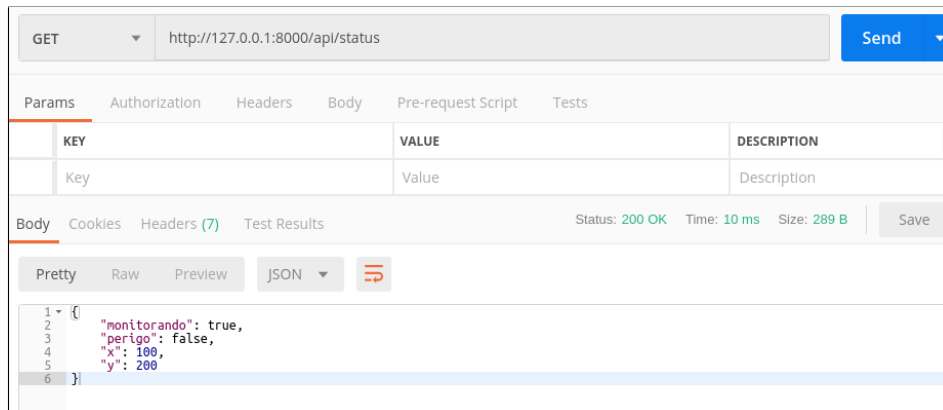
FONTE: Elaborador pelo autor

A ilustração 25 apresenta um formulário com as informações pertinentes aos valores máximos e mínimos de cores em HSV a serem observados pelo script. A entidade de limiares HSV é a mais importante em todo o sistema tendo em vista que só é possível demarcar objetos com uma especificação de quais limites de cores podem abranger cada coloração de objeto.

Assim como é possível acessar dados pela interface web criada, existe ainda uma api de consulta para aplicações externas. A API web fornece uma representação dos dados gravados no sistema por meio do formato JSON. O formato JSON (JavaScript Object Notation) é um formato de texto usado para dados estruturados. Ou seja, é representar uma classe em formato de texto. O formato JSON apresenta uma série de funcionalidades, entre elas cabe destacar a possibilidade de representar textualmente listas de dados e objetos (tipos de dados complexos) [CROCKFORD, 2006].

O formato JSON foi escolhido pela capacidade de representação de dados com estruturas mais complexas. A figura 26 representa a exibição de dados da listagens dos dados de localização do usuário do sistema.

Ilustração 26 – API da aplicação labrador - acesso via software Postman



FONTE: Elaborador pelo autor

A ilustração 26 apresentou a visão dos dados originários do sistema Labrador em formato JSON por meio de uma aplicação para testes de api chamada Postman. Postman é um programa de computador que acessa dados de sistemas que se encontram disponibilizados em formato JSON, assim como outros formatos [POSTDOT TECHNOLOGIES, 2018].

Os dados expostos na API são gerenciados por meio de um painel de controle como exposto nas ilustrações 24, 25 e 23. O sistema web gerencia totalmente os dados e a API se utiliza dos mesmos dados para exposição quando conveniente.

4.3.5 Script responsável pelo processamento de imagem

O script responsável por fazer o processamento das imagens que são coletadas pelo dispositivo de monitoramento (webcam, câmera digital, câmera de celular etc) sobre um plano observado se encontra acoplado ao modulo web, sendo também acionado pelo mesmo.

A ilustração 27 exibe uma tela do sistema onde é possível acionar o script de processamento de imagem com um clique de botão e onde também é possível verificar o status atual do script.

Ilustração 27 – Tela de Ativação do Script de Processamento de Imagem

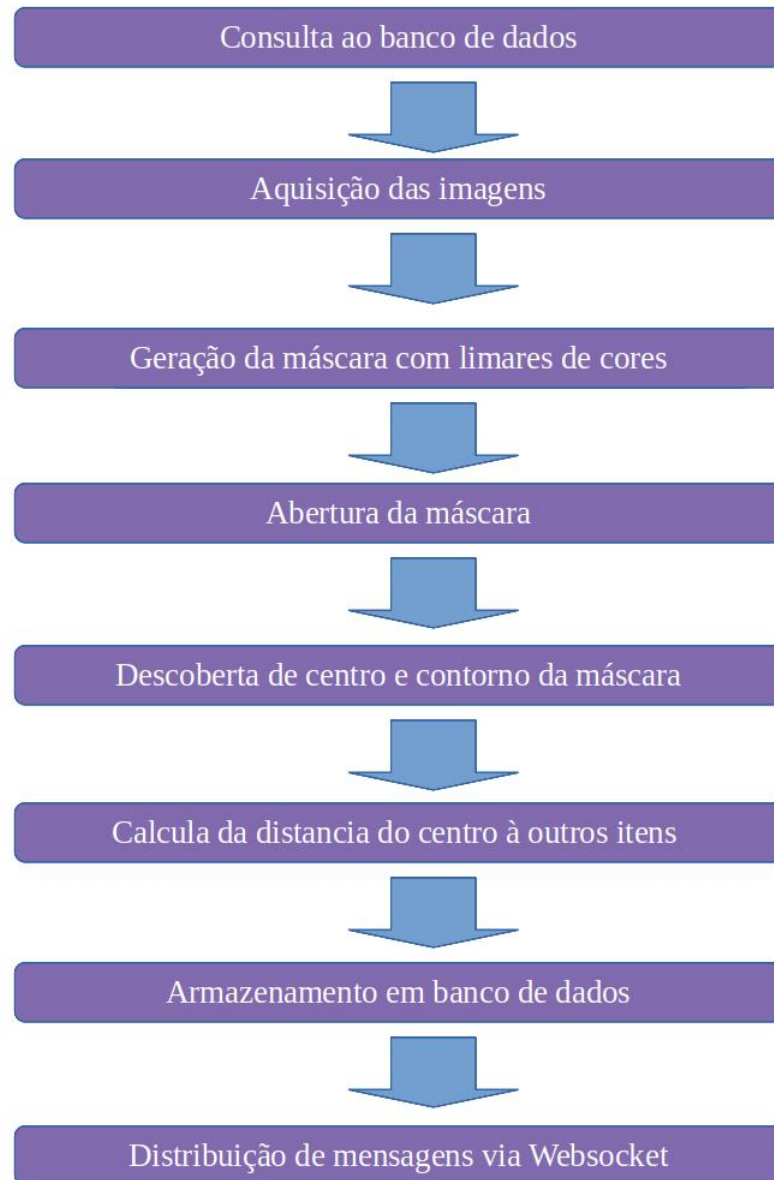


FONTE: Elaborador pelo autor

A ilustração 27 exhibe exatamente como se encontra o estado de execução do script, tendo em vista que o mesmo é executado em um processo diferente da aplicação e para que seja descoberto se ativo ou não, usa-se uma consulta no banco de dados local. O clique no botão principal da tela, chama um novo processo que se trata da execução do script em si e altera a tela para os estados mais atuais (script com status ativado, necessariamente).

O script de processamento de imagem é considerado o conjunto de código mais importante de todo o sistema, pois ele aplica os conceitos de visão computacional para extrair os dados posicionais do usuário no cômodo. Com os dados posicionais, o script consegue descobrir a proximidade de pontos descobertos ou cadastrado na plataforma de acordo com o cenário utilizado. A ilustração 28 descreve os passos utilizados para que o processo de descoberta e monitoramento do objeto fosse implementado por meio de técnicas de processamento digital de imagem de forma satisfatória.

Ilustração 28 – Ilustração das etapas de coleta e persistência dos dados no sistema



FONTE: Elaborador pelo autor

A forma de funcionamento do script de processamento de imagens é descrito na ilustração 28. A máscara citada nas etapas é uma imagem modificada onde os pixels com valores numéricos entre os limiares definidos na configuração são destacados. A aplicação dos métodos descritos na fundamentação teórica tem por objetivo a encontrar o contorno de um objeto preto azulado, usar a mesma metodologia para encontrar um objeto secundário e descobrir uma possível colisão do primeiro com o segundo. O usuário com o chapéu colorido pode ser assim monitorando, gerando dados posicionais que ficam persistidos na plataforma. Para a detecção de colisão é

utilizada a colisão de círculo e para a distribuição de dados é utilizado Websocket.

RESUMO

Neste capítulo, foi apresentado o Labrador, um protótipo de sistema que tem como finalidade o auxílio na locomoção *indoor* de deficientes visuais, servindo como um monitor, que no escopo do projeto ajuda um usuário a evitar colisão com um objeto secundário em um espaço fechado.

No presente capítulo, também foram apresentadas as principais funcionalidades do sistema. Estas funcionalidades foram desenvolvidas tentando reduzir o tamanho da aplicação/transmissão de dados. Essa escolha se deu de forma a promover um retorno em tempo real para o usuário. Além disso, o sistema provê um mecanismo de integração com outras aplicações que venham a se utilizar de dados locais.

5 PROTÓTIPO E TESTE DO SOFTWARE

Neste capítulo é apresentada uma avaliação de desempenho da ferramenta LABRADOR. Também é apresentado aqui uma descrição do ambiente utilizado nos experimentos.

Os experimentos realizados para a avaliação do LABRADOR utilizam um ambiente onde as cores dos objetos a ser identificado são controladas. Todos os parâmetros utilizados na confecção do cenário se encontram em formato que possa ser reproduzido em novos experimentos. Foram processadas as imagens das câmeras que se comunicavam em tempo real com os dispositivos móveis em cada ambiente de teste.

Uma vez o que sistema se utiliza de um adorno distintivo do possível usuário com deficiência visual, foi escolhido um boné de cor preta azulada como apresentado na ilustração 29.

Ilustração 29 – Imagem do adorno utilizado como objeto principal



FONTE: Elaborado pelo autor

A ilustração 29 representa o objeto principal utilizado. As dimensões do mesmo enquanto vestido são de 24 centímetros da ponta a aba até a parte de trás e 16 centímetros de um lado auricular ao outro. A escolha desse boné diz respeito a facilidade de acesso do autor ao mesmo.

Os testes envolveram uma única pessoa que poderia utilizar os dois módulos ao mesmo tempo. O autor do trabalho foi usuário do sistema durante os testes do mesmo. Os locais também foram definidos de forma a serem acessíveis ao mesmo autor.

A seguir são apresentadas as variáveis de valor comum presentes nos experimentos, assim como as etapas dos experimentos em si. Os parâmetros de teste são descritos na tabela 2.

Tabela 2 – Parâmetros das simulações

Parâmetro	Valor
Quantidade de objetos principais	1
Quantidade de objetos secundários	1
Distância da câmera ao solo em centímetros	250
Quantidade de Pessoas utilizadas no teste	1
Cor do Chapéu	Preto azulado
Limiares HSV utilizados para o objeto principal	(92,69,2) e (180,255,30)

FONTE: Elaborador pelo autor

A tabela 2 descreve os dados considerados constante em cada um dos testes do projeto. O tempo de gravação não foi definido de forma igualitária, uma vez que seria apenas avaliada a capacidade do sistema de localizar o usuário principal e um ou mais objetos secundários. Apenas um objeto principal e outro objeto secundário foram utilizados nos testes.

Além disso, é apresentada uma descrição do experimento, mostrando como foi configurado o ambiente para a avaliação de desempenho do LABRADOR. A caracterização do ambiente e os resultados dos experimentos são descritos nas seções seguintes.

5.1 AMBIENTES DE TESTE

Os testes foram realizados em espaços físicos nas cidades de Teresina e Luís Correia, todas elas pertencentes ao estado do Piauí. Os testes se concentravam durante a tarde e a noite, em horários na faixa de entre o período de 14:00 as 20:00 horas, seguindo o fuso horário local.

Os locais definidos para teste são uma residência e um laboratório de pesquisa. Ambas os locais possuem piso esbranquiçado com suaves divisórias entre os pisos de cor diferenciada. O laboratório possui piso esbranquiçado com divisórias entre os pisos com maior distancia. A residência em questão possui pisos brancos. Os locais, bem como os horários, foram escolhido devido a facilidade de acesso do autor aos mesmos. A tabela 3 cita algumas características dos locais escolhidos.

Tabela 3 – Especificação dos ambientes utilizados para os experimentos.

Índice	Cor do piso	Cidade	Tipo de prédio
1	Branco	Luís Correia	Residência
2	Cinza	Teresina	Laboratório

FONTE: Elaborador pelo autor

A tabela 3 especifica que a maior parte das cores predominantes nos cenários eram brancas, assim como, o cenário que se encontrava sob um teto. Além disso, os testes foram

distribuídos na proporção de 2 para 1 na em relação as cidades de teste, sendo dois realizado em Luís Correia e um realizado em Teresina, cabe citar que foram feitos testes preliminares para verificar os melhores limiares HSV a serem aplicados, os testes detalhados neste documento apresentam apenas alguns dos resultados mais expressivos.

5.1.1 Aquisição das Imagens

A aquisição das imagens nos testes é feita por câmera de diferentes resoluções e áreas de abrangência. Foram testadas apenas três câmeras, com a finalidade de verificar o funcionamento do script proposto. Atualmente a transmissão de dados entre câmeras e o script de processamento de imagens é feito por meio de cabo USB e rede sem fio. Para a realização dos experimentos foram utilizados os seguintes câmeras, conforme especificação da tabela 4.

Tabela 4 – Especificação das câmeras utilizadas nos experimentos.

Índice	Descrição	Resolução da imagem (pixels quadrados)	Área observada (centímetros quadrados)	Meio de transmissão	Apresenta alta distorção na imagem
1	Webcam VGA USB	640x480	140x105	Cabo USB	Não
2	Câmera Iphone 5s	848x480	220x120	Rede sem fio	Não
3	IP Camera Ethernet	1920x1080	420x280	Rede sem fio	Sim

FONTE: Elaborador pelo autor

A tabela 4 apresenta algumas características em relação as câmeras. As câmeras podem ser acessadas direta ou remotamente por meio de algum protocolo de comunicação. Em câmeras onde não existia a possibilidade de transmissão USB, o script de processamento de imagem utilizou o protocolo RTSP para receber as imagens adequadamente.

A escolha do protocolo RTSP se deu pelo fato do mesmo ser um protocolo destinado a transmissão de vídeo e imagem em tempo real, por meio de sincronização de fluxos de dados na rede enviados paralelamente, mas representando uma mesma mídia [SCHULZRINNE; RAO; LANPHIER, 1998].

Assim como as câmeras, existia um conjunto bem definido de limiares HSV que poderiam ser utilizados no sistema durante os testes. Em relação as cores do ambiente, a tabela 5 apresenta as mesmas.

A tabela 5 apresenta as cores especificadas durante os três testes. Por mais que tenham sido utilizados três objetos secundários diferentes, as cores eram muito próximas entre si. Assim como a cor do objeto principal, que permanecia a mesma em todos os testes.

Tabela 5 – Especificação dos limiares HSV utilizados para os experimentos.

Índice	Descrição	Cor alvo	Limiares HSV
1	PRETO AZULADO	Preto Azulado	(0,0,0) e (180,255,30)
2	PAREDE VERMELHA	Vermelho, Roxo	(160,100,100) e (179,255,255)
3	CADEIRA MARROM	Marrom	(163,59,56) e (183,159,255)

FONTE: Elaborador pelo autor

5.2 CONTAINERS DOS MÓDULOS DA APLICAÇÃO

Para a utilização da aplicação Web, foi utilizado um computador portátil. O mesmo computador definido como sendo o alvo dos testes, pertence ao autor do trabalho. Mesmo em ambientes computacionais diferentes, é possível ainda executar o módulo web, uma vez que como citado anteriormente, o mesmo se encontra implementado com tecnologias não-proprietárias e multi-plataforma. A tabela 6 apresenta algumas características do computador utilizado.

Tabela 6 – Características do computador utilizado

Parâmetro	Valor
Quantidade de Memória Principal	8 GB
Quantidade de Memória Secundária	1 TB
Sistema Operacional	Ubuntu 18.04
Arquitetura do Sistema operacional	64 bits
Navegador padrão	Mozilla Firefox 64.0

FONTE: Elaborador pelo autor

De acordo com a tabela 6 o sistema operacional é o Ubuntu, que um sistema operacional gratuito, de código livre, e que é mantido por uma comunidade extensa de desenvolvedores ao redor do mundo [LTD., 2018a]. Cabe ainda destacar que como citado anteriormente, o mesmo experimento pode ser aplicado em um outro sistema operacional, como Windows ou MacOS, caso as bibliotecas necessárias para o funcionamento do módulo Web esteja presentes.

De forma análoga ao sistema web, foram necessários dispositivos para os testes da aplicação mobile. Um mesmo aplicativo foi compilado e foi testado em três smartphones diferentes, um deles um dispositivo físico e dois deles utilizando virtualização de *hardware*, devido a possibilidade criar e configurar diferentes dispositivos com a mesma máquina hospedeira. A tabela 7 apresenta algumas características dos *smartphones* utilizados.

Como apresentado na tabela 7, para os celulares que se utilizaram de máquinas virtuais, as mesmas foram hospedadas em um mesmo computador. Houve uma variação de recursos de cada máquina virtual devido a versão do Android, uma vez que versões mais antigas apresentam menos

Tabela 7 – Características dos Smartphones

Parâmetro	Valor
Sistema Operacional	Android
Versões do Sistema Operacional	5.1, 6.0, 7.0
Sistema Operacional Hóspede	Ubuntu 18.04

FONTE: Elaborador pelo autor

funcionalidades que versões mais recentes, cabe citar que isso não prejudicou a funcionamento do sistema pois os todos os celulares apresentavam os requisitos mínimos de funcionamento do aplicativo. Para a emulação de *hardware* das máquinas virtuais, foi utilizado o VirtualBox, um software de virtualização de sistemas operacionais muito utilizado em ambiente corporativo e de pesquisa [LTD., 2018b].

5.3 TESTES

Para que houvesse uma padronização na transmissão das câmeras, foi observado os problemas que as mesmas apresentavam. Durante os primeiros experimentos, determinadas as câmeras que não transmitiam dados via USB apresentaram um delay na transmissão HTTP.

Para a câmera 2, segundo indexação da tabela 4, em média o tempo de delay variava de 1 a 3 segundos. Para a câmera 3, houve uma taxa de delay menor, que variava de 0,5 a 1,5 segundos. Os vídeos adquiridos das câmeras foram testados apesar dessa diferenciação, que é discutida posteriormente. Por fim, houve a captura de um vídeo para cada câmera, após testes preliminares que ajudaram a definir as cores e o tempo de gravação.

Para cada uma das câmeras, a mesma pessoa utilizou o mesmo chapéu em pontos relativamente próximos do centro da área observada. Apesar de haver a necessidade de localizar o usuário principal no sistema, também foram dedicados segundos de ausência do mesmo no ambiente. Essa metodologia foi utilizada para verificar como o sistema tratava a ausência do usuário e presença repentina do mesmo.

5.3.1 Teste com a câmera 1

Para o teste com a primeira câmera, foi observado uma área mais reduzida, porém se apresentaram mais detecções corretas e não houve nenhum atraso em relação as notificações. De forma a observar objetos vermelhos de maneira satisfatória a câmera foi levemente inclinada e se utilizou de uma parede vermelha como objeto secundário, uma vez que os objetos teriam uma proporção muito grande em relação à área total de observação. A inclinação também é devida ao formato da câmera e ao suporte de sustentação da câmera que não se apresentou de forma adequada. O local de testes é o local 1, segundo a tabela 3.

Para transmitir os dados da webcam foi utilizado um extensão USB de 5 metros. A cor do objeto secundário é a cor 2, conforme a tabela 5. A ilustração 30 demonstra uma captura de tela do ambiente sem o objeto principal durante um dos testes.

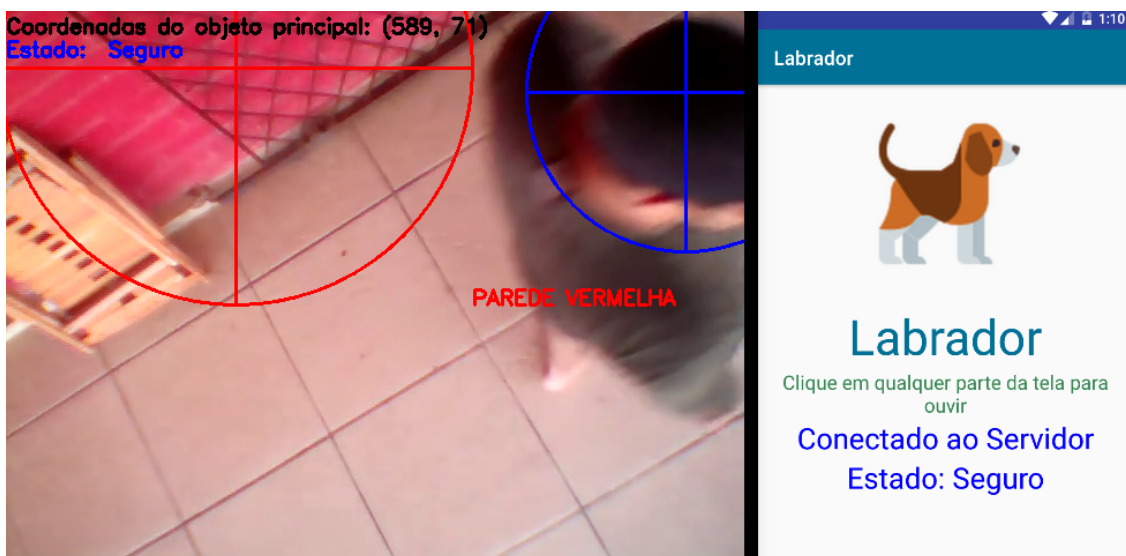
Ilustração 30 – Cenário observado pela câmera 1



FONTE: Elaborador pelo autor

Assim como a imagem capturada na ilustração 30, foram ainda extraídas capturas de telas de momentos onde o objeto principal se encontram seguro e em perigo em relação ao objeto secundário. As ilustrações 31 e 32 apresentam como era dado o funcionamento e o que os dispositivos móveis que estivessem conectados ao servidor web apresentariam em suas telas.

Ilustração 31 – Estado de segurança registrado na câmera 1



FONTE: Elaborador pelo autor

Como o espaço observado era muito pequeno, houveram mais momentos de colisão do que de segurança. Apesar do objeto secundário não ser plano e a colisão só existir virtualmente, foi possível observar o pleno funcionamento da plataforma. A figura 32 apresenta respectivamente a captura de tela em momentos de perigo.

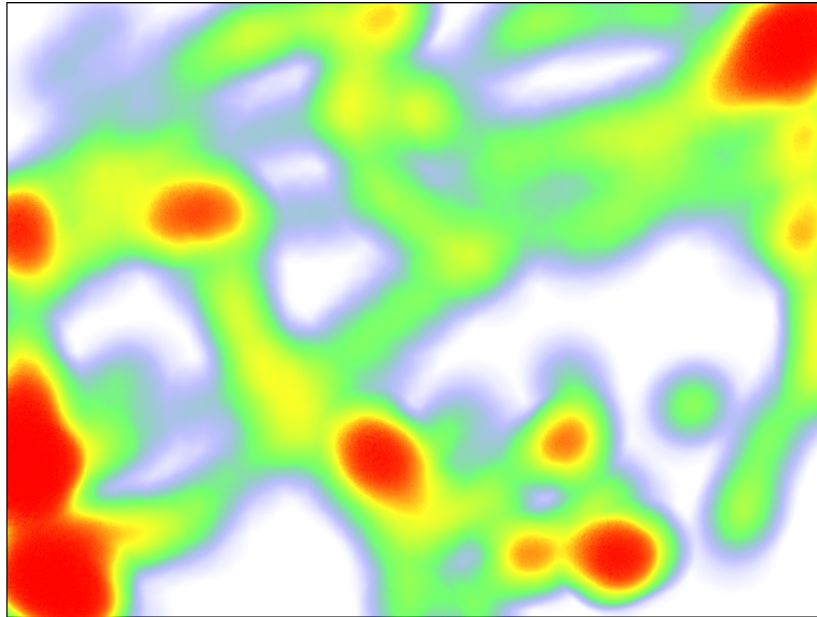
Ilustração 32 – Estado de perigo registrado na câmera 1



FONTE: Elaborador pelo autor

A ilustração 30, 31, 32 apresentam capturas de tela de um monitoramento específico. A partir do monitoramento da camera 1, foi possível gerar um mapa de calor correspondente conforme indicado na ilustração 33.

Ilustração 33 – Mapa de Calor da câmera 1



FONTE: Elaborador pelo autor

A ilustração 33 demonstra que os movimentos se encontravam descritos em diagonal, devido a inclinação da câmera e houveram poucos pontos considerados errôneos. Nessa captura, houveram muitos pontos detectados em todas as direções pois não havia um obstáculo físico, mas lógico. Cabe citar que apesar de baixa qualidade da câmera, a detecção mais precisa e rápida foi feita por ela.

5.3.2 Teste com a câmera 2

De forma semelhante ao experimento anterior, o teste com a câmera 2 observou praticamente todos os passos dados pelo usuário principal, houve uma pequena perda de dados durante os trajetos devido a perdas de pacotes e delays na transmissão. A cor 3, segundo a tabela 5 foi utilizada para definir o objeto secundário, assim como o local 1, segundo a tabela 3.

A figura 34 apresenta uma imagem do cenário observado.

Ilustração 34 – Cenário observado pela câmera 2



FONTE: Elaborador pelo autor

Como especificado na tabela 4 pelo fato de haver um espaço maior observado, existem bem mais espaços não explorados durante a observação do desempenho da câmera. A ilustração 35 demonstra a captura de tela em casos em que o usuário se encontra seguro.

Ilustração 35 – Estado de segurança registrado na câmera 2



FONTE: Elaborador pelo autor

De forma análoga a ilustração 35, ilustração 36 representa uma captura de tela em um momento de situação de perigo no sistema.

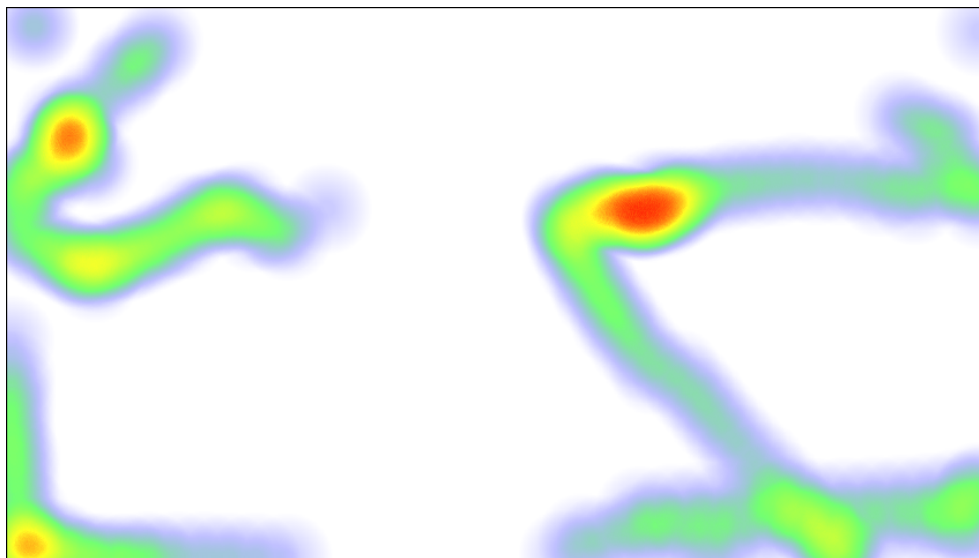
Ilustração 36 – Estado de perigo registrado na câmera 2



FONTE: Elaborador pelo autor

Conforma as ilustrações 35 e 36 é possível observar que existe mais imprecisão do centro do objeto real e o centro verificado pelo script. Isso se aplica tanto ao objeto principal quanto ao objeto secundário. O monitoramento da câmera 2, apresenta mapa de calor conforme descrito na ilustração 37.

Ilustração 37 – Mapa de calor da câmera 2



FONTE: Elaborador pelo autor

O mapa de calor exibido na ilustração 37 apresenta uma diferença em relação ao primeiro experimento. Devido ao aumento na área rastreada e precisão da câmera, houveram a formação de caminhos mais bem definidos no mapa de calor, cabe lembrar que o trajeto e o tempo sob filmagem são diferentes. Certas atenuações nos contornos também são reflexos das perdas

geradas pela utilização da comunicação de rede sem fio. Cabe deixar claro que o nível de iluminação do experimento com a câmera 1 e com a câmera 2 eram os mesmos, porém, o meio de transmissão era totalmente diferente.

5.3.3 Teste com a câmera 3

O último teste foi desenvolvido em um local diferente e com um esquema de cores diferentes em relação aos dois testes anteriores. A motivação do terceiro teste era a verificação um possível deslocamento do centro devido a cor da roupa utilizada. O local de testes foi o local 2, segundo a tabela 3. A cor 2, segundo a tabela 5, foi utilizada sobre o objeto secundário. A ilustração 38 demonstra como era o cenário observado.

Ilustração 38 – Cenário observado pela câmera 3



FONTE: Elaborador pelo autor

A ilustração 38 também demonstra que o mesmo limiar utilizado na câmera 1 foi aplicado na câmera 3, apesar das características diferentes. A ilustração 39 apresenta um estado de segurança registrado pela câmera 3.

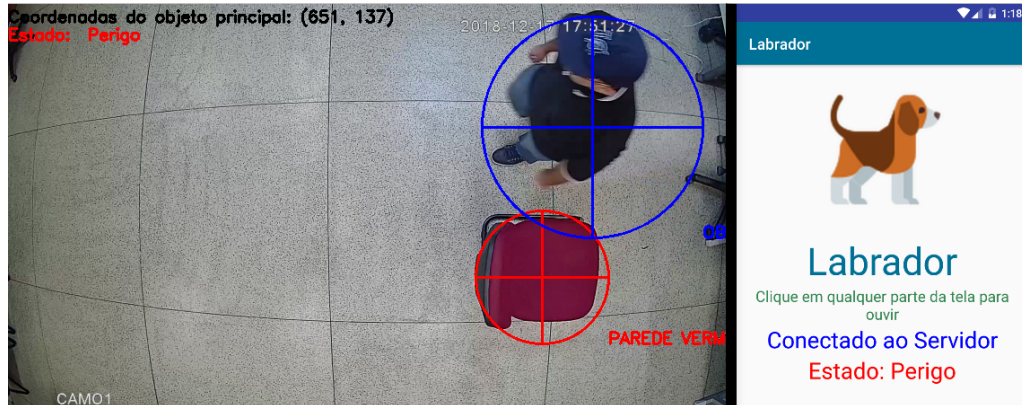
Ilustração 39 – Estado de segurança registrado na câmera 3



FONTE: Elaborador pelo autor

De forma análoga a ilustração 39, a ilustração 40 demonstra um estado de perigo observado pela câmera 3.

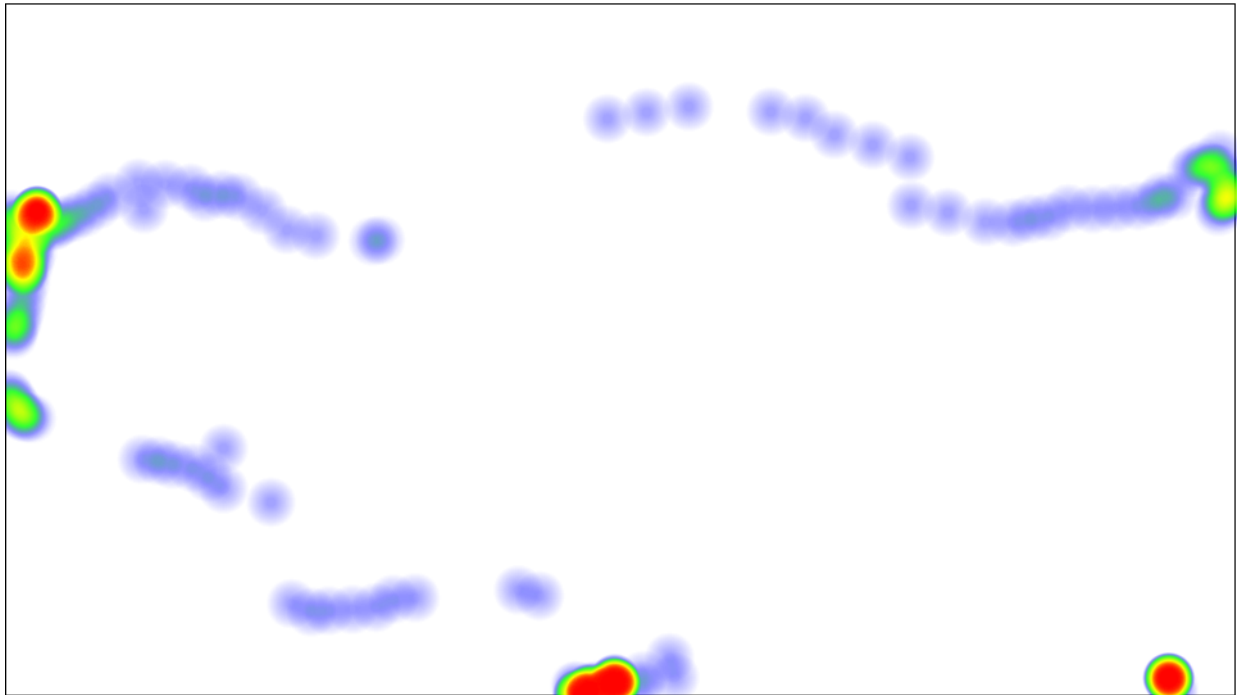
Ilustração 40 – Estado de perigo registrado na câmera 3



FONTE: Elaborador pelo autor

Ambas as ilustrações 39 e 40 demonstram como uma ligeira alteração na cor da roupa do usuário pode ocasionar uma mudança no centro do objeto principal. Em quase os segundos de monitoramento, o centro do objeto preto azul foi alterado, pois a roupa estava incluída no limiar HSV utilizado. Porém, a definição de limiares HSV mais restritivos, pode atenuar essa percepção deslocada. Como foi proposta a utilização dos mesmos valores de limiar HSV para observar o chapéu, foram encontrados esses resultados. O mapa de calor presente na ilustração 41 representa as características da detecção na câmera 3.

Ilustração 41 – Mapa de Calor da câmera 3



FONTE: Elaborador pelo autor

A figura acima demonstrou que caso o ambiente não estivesse completamente controlado, outros resultados poderiam ser inferidos. Como representado no mapa de calor, houve uma atenuação de contorno maior, devido ao tamanho da imagem que era mais complexo de efetuar processamento, bem como o meio de transmissão que permitia perdas de pacotes e delays nas coletas em tempo real.

5.3.4 Comparativo dos testes

Os testes tiveram parâmetros parecidos, porém alguns detalhes estiveram determinados de forma diferente. A principal funcionalidade dos testes, foi comprovar a capacidade de armazenar pontos locais do usuário assim como verificar colisões.

Os mapas de calores apresentados anteriormente, demonstram que apesar da câmera 1, conforme tabela 5.1.1, capturar imagens com resolução mais baixa, houveram mais pontos detectados e uma taxa mínima de perda devido as características do meio de transmissão.

Por sua vez, a câmera 2 conseguia avaliar um espaço pouco maior que a câmera 1, porém o meio de transmissão afetou ligeiramente o resultado, em comparação com o resultado da câmera 3, pois menos dados eram transmitidos durante os testes e principalmente, mais dados eram transmitidos por vez. A câmera 3 por fim, apesar ter um resultado aparentemente pior, o mesmo já era esperado e se explica pela quantidade de dados transmitidos e quantidade que os mesmos eram transmitidos por vez, além das perdas desses mesmos dados.

5.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante o experimento realizado com cada câmera, foram observadas características diferentes que transformavam os resultados do monitoramento. Apesar da comunicação em tempo real ser alvo de mudanças nos resultados no processamento de imagem, o mesmo não teve tanta influência na transmissão de notificações, uma vez que todas as redes utilizadas para comunicar o aplicativo móvel e o sistema web eram de mesmas características.

Foi observado também que cada câmera possui suas particularidades que adaptam a interpretação do teste da plataforma. A câmera 1, por exemplo, foi projetada para captar imagens em curtas distâncias, fazendo com que a área que era visualizada por ela, fosse a menor de todas.

A câmera 2, abrangeu uma área suficiente para a disposição de mais objetos, com uma quantidade de pixels também suficiente, porém, ela não foi projetada para ser utilizada para vigilância, e apresentou problemas durante a transmissão de dados.

A câmera 3 (utilizada no laboratório) possui a maior resolução e processamento mais complexo, pois uma vez que os testes que eram executados com a câmera de mais pixels, mais dados seriam transmitidos e processados, além de perdidos.

Apesar de serem testes diferentes, é possível notar que a câmera com melhores resultados, nos testes descritos e nos testes preliminares, foi necessariamente a câmera 1. Isso se deve ao meio de transmissão perder menos dados, e de a câmera 1 em questão transmitir menos dados por vez.

Um último fato a ser observado é a influência da roupa usada pelo usuário. Uma vez que a roupa possui mesma tonalidade do objeto principal, o monitoramento deste pode conter valores de distância errôneos ou não.

Diante do exposto neste capítulo, pode-se observar que a ferramenta LABRADOR, conseguiu descobrir os objetos principais e secundários nos momentos de captura, porém as mesmas câmeras e os meios de transmissão não eram ainda adequadas para uma possível implantação do sistema para pessoas com deficiência visual. Um dos resultados mais relevantes da execução do trabalho foram a atestação de que câmeras com resoluções maiores, não necessariamente obteriam resultados melhores com o mesmo script.

6 CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou a ferramenta Labrador, um sistema desenvolvido como um protótipo, com o objetivo de ser ferramenta base para auxiliar o desenvolvimento de tecnologias assistivas no âmbito da locomoção de pessoas com deficiência visual. O projeto proposto tem por objetivo localizar as posições de uma pessoa dentro de um ambiente fechado. Isso é feito com o objetivo de avaliar possíveis colisões com um objeto secundário de cores definidas na plataforma. A ferramenta no presente momento é capaz de descobrir a localização de objetos coloridos (que se referem a pessoa com o adorno colorido, e em outros casos a item inanimados) dentro de um ambiente fechado. A descoberta da localização é feita por meio de processamento digital de imagem (PDI).

Para os testes do sistema, no protótipo citado anteriormente, foi utilizado um plano de fundo com uma cor específica e um objeto preto azulado que seria rastreado via processamento digital de imagem e visão computacional. Com esse cenário ideal, foram realizadas simulações de funcionamento da aplicação. Por meio das simulações, os resultados mostraram a capacidade de coleta e processamento de dados de acordo com os padrões estabelecidos pela técnica de rastreamento utilizada.

Por fim, o trabalho também dispõe de mecanismos de integração à outras aplicações por meio de uma API, possibilitando a troca de informação de maneira simples entre as aplicações de casa inteligente. Os dados coletados pelo módulo web podem ser utilizados para posterior estudo e discussão. De forma geral, o trabalho fornece um protótipo com o objetivo de inspirar possíveis trabalhos que tragam mais possibilidades de inclusão de pessoas com deficiência visual dentro de casas/ambientes fechados. O método de localização espacial em ambiente fechados, por exemplo, pode ser aplicado em diversas situações do cotidiano, como vigilância de crianças em relação a zonas de perigo, observação de objetos e sua movimentação ao longo de um espaço filmado, e a própria aplicação do mesmo de forma a ser utilizado como tecnologia assistiva.

6.1 TRABALHOS FUTUROS

Apesar da ferramenta conseguir localizar um usuário exatamente no seu local, assim como um obstáculo de cor bem definida, é preciso atentar para outras metodologias de teste que poderiam ser adotadas para uma futura validação da ferramenta.

Uma vez que usuários com deficiência visual são o alvo do desenvolvimento do protótipo, poderiam ser coletados dados acerca da utilização do sistema pelos mesmos. Como citado anteriormente, capacidades visuais diferentes proporcionam noções espaciais diferentes.

Além disso, um incremento pontual da parte de configuração do módulo web seria a descoberta automática dos limiares HSV, partindo de um dado RGB. No presente momento, a pessoa que configura o sistema, precisa entender quais limiares HSV devem ser aplicados, ao

cadastrar as informações necessárias para o funcionamento do script.

Por fim, mais objetos podem ser utilizados em trabalhos futuros como forma de avaliar a performance com diversas cores e objetos de mesma cor.

6.2 REGISTRO DE SOFTWARE

A plataforma Labrador tem se encontrado em processo de registro de patente do software até a data de publicação deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- AMORIM, P. R. F. Código de vizinhança aplicado em operadores de morfologia matemática. 2010.
- ANDROID DEVELOPERS. *Platform Architecture*. 2018. Disponível em: <<https://developer.android.com/guide/platform/>>.
- BANON, G. J. F.; BARRERA, J. *Bases da Morfologia Matemática para a análise de imagens binárias*. [S.l.]: Universidade Federal de Pernambuco, 1994.
- BERZ, E. L. Sistema híbrido de localização indoor baseado em rfid e análise visual. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 2015.
- BRADSKI, G.; KAEHLER, A. *Learning OpenCV: Computer vision with the OpenCV library*. [S.l.]: "O'Reilly Media, Inc.", 2008.
- BRASIL. *Tipos de deficiência*. 2017. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/editoria/saude/2012/04/tipos-de-deficiencia>>.
- CHIQUETO, T. S. Sistema de auxílio a navegação em ambientes internos para pessoas com deficiência visual usando visão estereoscópica. Universidade Federal de São Carlos, 2016.
- CODE MAGAZINE. *CHAPTER 1 - Introducing the .NET Platform*. 2018. Disponível em: <<https://www.codemag.com/Article/080093/CHAPTER-1---Introducing-the-.NET-Platform>>.
- COOK, A. M.; HUSSEY, S. M. *Assistive technologies: Principles and practice*. Elsevier, 2002.
- CROCKFORD, D. The application/json media type for javascript object notation (json). *RFC 4627*, 2006.
- DEFICIENTE ONLINE. *Deficiência Visual. Cegueira - Tipos e Definição*. 2018. Disponível em: <<http://www.deficienteonline.com.br/deficiencia-visual-classificacao-e-definicao14.html>>.
- DJANGO PROJECT. *Django*. 2018. Disponível em: <<https://docs.djangoproject.com/en/2.0/>>.
- DJANGO REST FRAMEWORK. *Django Rest Framework*. 2018. Disponível em: <<http://www.django-rest-framework.org/>>.
- DOLCE, O.; POMPEO, J. N. *Fundamentos de matemática elementar*. [S.l.: s.n.], 2013.
- DORINI, L. E. B.; ROCHA, A. de R. Detecção de círculos em imagens através da transformada de hough. Universidade de Campinas, 2011.
- FARID, Z.; NORDIN, R.; ISMAIL, M. Recent advances in wireless indoor localization techniques and system. *Journal of Computer Networks and Communications*, Hindawi, 2013.
- Fette, Ian, and Alexey Melnikov. *The websocket protocol - RFC 6455*. 2011. Disponível em: <<https://www.rfc-editor.org/rfc/pdf/rfc6455.txt.pdf>>.
- FILHO, O. M.; NETO, H. V. *Processamento digital de imagens*. [S.l.]: Brasport, 1999.
- FUNDAÇÃO DORINA NOWILL. *O que é deficiência?* 2016. Disponível em: <<https://www.fundacaodorina.org.br/a-fundacao/deficiencia-visual/o-que-e-deficiencia/>>.

GOOGLE DEVELOPERS. *Data and file storage overview*. 2018. Disponível em: <<https://developer.android.com/guide/topics/data/data-storage>>.

GRUPO PET COMPUTAÇÃO UFCG. *Abordagens do processo de Segmentação: Limiarização, Orientada a Regiões e Baseada em Bordas*. 2011. Disponível em: <<http://www.dsc.ufcg.edu.br/~pet/jornal/setembro2011/materias/recapitulando.html>>.

ICONS8. *Dog Image*. 2018. Disponível em: <<https://img.icons8.com/color/48/000000/dog.png>>.

INSTITUTO BENJAMIN CONSTANT. *Definição de cegueira e baixa visão*. 2018. Disponível em: <http://www.ibc.gov.br/images/conteudo/AREAS_ESPECIAIS/CEGUEIRA_E_BAIXA_VISAO/ARTIGOS/Def-de-cegueira-e-baixa-viso.pdf>.

JACOBSON, L.; BOOCH, J. R. G. *The unified modeling language reference manual*. [S.l.]: Addison Wesley, 2017.

JESUS, E. O.; JR, R. C. A utilização de filtros gaussianos na análise de imagens digitais. *Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics*, v. 3, n. 1, 2015.

JR, L. A. C. et al. Quantificação de regiões cerebrais utilizando processamento de imagem. 2008.

KLEINA, C. Tecnologia assistiva em educação especial e educação inclusiva. *Curitiba Inter saberes*, 2012.

Konica Minolta Sensing. *Entendendo o Espaço de Cor $L^*a^*b^*$* . 2018. Disponível em: <<http://sensing.konicaminolta.com.br/2013/11/entendendo-o-espaco-de-cor-lab/>>.

LEITE, J. R. S. Localização indoor através de algoritmos de inteligência computacional baseada em sinais de radiofrequência. Universidade Federal de Pernambuco, 2016.

LIU, H. et al. Survey of wireless indoor positioning techniques and systems. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*, IEEE, v. 37, n. 6, p. 1067–1080, 2007.

LTD., C. *Desktop Features Ubuntu*. 2018. Disponível em: <<https://www.ubuntu.com/desktop/features>>.

LTD., O. *VirtualBox - First Steps*. 2018. Disponível em: <<https://www.virtualbox.org/manual/ch01.html>>.

MARENGONI, M.; STRINGHINI, S. Tutorial: Introdução à visão computacional usando opencv. *Revista de Informática Teórica e Aplicada*, v. 16, n. 1, p. 125–160, 2009.

Mozilla Developer Network. *2D collision detection*. 2018. Disponível em: <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Games/Techniques/2D_collision_detection>.

NUNES, S.; LOMÔNACO, J. F. B. O aluno cego: preconceitos e potencialidades. *Psicologia Escolar e Educacional*, SciELO Brasil, v. 14, p. 55–64, 2010.

OPENCV. *OpenCV*. 2018. Disponível em: <<https://opencv.org/>>.

- ORLANDINI, G. Desenvolvimento de aplicativos baseados em técnicas de visão computacional para robô móvel autônomo. Universidade Metodista de Piracicaba, p. 95, 2012.
- ORTH, A. et al. Desenvolvimento de um sistema de visão para medir o desgaste de flanco de ferramentas de corte. 2001.
- PAGLIUCA, L. M. F. et al. Desenvolvendo tecnologia para prevenção e tratamento de emergências domésticas para cegos. *Revista Brasileira de Enfermagem*, SciELO Brasil, v. 49, n. 1, p. 83–104, 1996.
- PEREZ, F.; KOCH, C. Toward color image segmentation in analog vlsi: Algorithm and hardware. *International Journal of Computer Vision*, Springer, v. 12, n. 1, p. 17–42, 1994.
- POSTDOT TECHNOLOGIES. *Postman*. 2018. Disponível em: <<https://www.getpostman.com/>>.
- POSTGRESQL. *About Postgresql*. 2018. Disponível em: <<https://www.postgresql.org/about/>>.
- QUEIROZ, J. E. R. de; GOMES, H. M. Introdução ao processamento digital de imagens. *Rita*, v. 13, n. 2, p. 11–42, 2006.
- REBOUÇAS, C. B. d. A. et al. Evaluation of quality of life of visually impaired. *Revista brasileira de enfermagem*, SciELO Brasil, v. 69, p. 72–78, 2016.
- RESEARCH GATE. *Representação Geométrica do Espaço de Cor*. 2018. Disponível em: <https://www.researchgate.net/figure/Figura-2-Representacao-geometrica-2-do-espaco-de-cor-HSV-hue-saturation-value_fig1_268817864>.
- RODRIGUES, C. E. M. Um dispositivo háptico de auxílio à navegação para deficientes visuais. UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO, 2006.
- SÁ, E. D. de. Acessibilidade: as pessoas cegas no itinerário da cidadania. *Benjamin Constant*, n. 24, 2003.
- ŞAHINGÖZ, S.; ŞAHİN, H. Visually impaired individuals and kitchen accidents. *British Journal of Humanities and Social Sciences*, 2012.
- SCHNEIDER, M. J.; BELLON, O. R. P.; ARAKI, H. Experimentos em fusão de imagens de alta resolução. *Boletim de Ciências Geodésicas*, v. 9, n. 1, 2003.
- SCHULZRINNE, H.; RAO, A.; LANPHIER, R. Real time streaming protocol (rtsp). rfc 2326, April, 1998.
- SHORE, D.; SPENCE, C.; KLEIN, R. Prior entry: previous confounds and novel findings using an orthogonal design. Multisensory Research Conference, 2000.
- SILVA, M. N. P. d. *Circunferência: Posições Relativas*. 2019. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/matematica/circunferencia-posicoes-relativas.htm>>.
- SILVA, O. M. da. *A epopéia ignorada: a pessoa deficiente na história do mundo de ontem e de hoje*. [S.l.]: Centro São Camilo de Desenvolvimento em Administração da Saúde, 1987.
- SMART KIDS. *Jogo Fazenda 7 Erros*. 2018. Disponível em: <<https://www.smartkids.com.br/jogos-educativos/animais-7-erros-fazenda>>.

TANAYA, M. et al. *Building a 2D Game Physics Engine*. [S.l.]: Springer, 2017.

TORTONE, G. et al. Web based visualization tools for epics embedded systems: an application to belle2. 2018.

TSANG ING REN. *Processamento de Imagem Morfológica*. 2010. Disponível em: <<http://www.cin.ufpe.br/~tir/ComputacaoCientifica/7.Morfologia%20Matematica.pdf>>.

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA. *Segmentación y Normalización de Imágenes de Iris*. 2014. Disponível em: <<http://iie.fing.edu.uy/investigacion/grupos/gti/timag/trabajos/2014/iris/index.htm>>.

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO. *Alcuni importanti filtri basati sulla convoluzione*. 2018. Disponível em: <http://homes.di.unimi.it/~lombardi/elabImg/Fourier/html/S_05_filters.html>.

VIEIRA, M. A. da C. *SEL 0449 - Processamento Digital de Imagens Médicas*. 2018. Disponível em: <<http://iris.sel.eesc.usp.br/sel5895/Aula%202%20-%20Aquisicao.pdf>>.

WHO. *Vision impairment and blindness*. World Health Organization, 2017. Disponível em: <<http://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment>>.

WIELEN, B. *Insights into the 2.3 Billion Android Smartphones in Use Around the World*. 2018. Disponível em: <<https://newzoo.com/insights/articles/insights-into-the-2-3-billion-android-smartphones-in-use-around-the-world/>>.

WORLD BANK. *Disability Inclusion Overview*. World Bank, 2018. Disponível em: <<http://www.worldbank.org/en/topic/disability>>.