



Universidade Federal de Campina Grande
Centro de Engenharia Elétrica e Informática
Coordenação de Pós-Graduação em Ciência da Computação

Auxílio à Mobilidade de Deficientes Visuais por
meio de Sensores Humanos

Igor Gomes de Meneses Cruz

Campina Grande, Paraíba, Brasil

© Igor Gomes de Meneses Cruz, Julho de 2017

Universidade Federal de Campina Grande
Centro de Engenharia Elétrica e Informática
Coordenação de Pós-Graduação em Ciência da Computação

Auxílio à Mobilidade de Deficientes Visuais por meio de Sensores Humanos

Igor Gomes de Meneses Cruz

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em
Ciência da Computação da Universidade Federal de Campina Grande –
Campus I como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de
Mestre em Ciência da Computação.

Área de Concentração: Ciência da Computação

Linha de Pesquisa: Sistema de Informação e Banco de Dados

Cláudio Elízio Calazans Campelo, Ph.D.
(Orientador)

Cláudio de Souza Baptista, Ph.D.
(Orientador)

Campina Grande, Paraíba, Brasil

© Igor Gomes de Meneses Cruz, Julho de 2017

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

C957a Cruz, Igor Gomes de Meneses.
Auxílio à mobilidade de deficientes visuais por meio de sensores humanos / Igor Gomes de Meneses Cruz. – Campina Grande, 2017.
123f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Engenharia Elétrica e Informática, 2017.

"Orientação: Cláudio Elizio Calazans Campelo, Ph.D., Cláudio de Souza Baptista, Ph.D.".

1. Informação Geográfica Voluntária. 2. Mapas Acessíveis. 3. Detecção de Obstáculos. 4. Descrição de Ambientes. 5. Deficientes Visuais. I. Campelo, Cláudio Elizio Calazans. II. Baptista, Cláudio de Souza. III. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande (PB). VI. Título.

CDU 004.9-056.262(043)

Agradecimentos

Agradeço a Deus, o que seria de mim sem a fé, que iluminou o meu caminho durante esta jornada.

Agradeço a toda minha família que, com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida. Em especial ao meu pai, pelo exemplo, segurança e amparo, que me tornou o que sou hoje.

À minha namorada e sua família pelo amparo e pelos momentos de tranquilidade e fé, quando tudo parecia turbulento, árduo e impossível de se superar.

Sou grato a todos os amigos, por confiarem em mim e estarem do meu lado em todos os momentos de minha vida.

Agradeço a todos os integrantes do Instituto dos Cegos de Campina Grande que se dispuseram a colaborar para testar a solução desenvolvida nesta pesquisa.

Agradeço a todos os professores e funcionários da Universidade Federal de Campina Grande, do Centro de Engenharia Elétrica e Informática, do Departamento de Sistemas e Computação e da Coordenação de Pós-Graduação em Ciência da Computação que foram tão importantes na minha vida acadêmica e, muitas vezes, na minha vida pessoal.

Agradeço aos colegas do Laboratório de Sistemas de Informação e do Laboratório de Computação Inteligente Aplicada pelos ensinamentos, pelo apoio e por toda a ajuda que evidenciaram nesses anos.

Ao Laboratório de Análises Estatísticas por todo apoio dado para conclusão da validação deste estudo.

Aos meus orientadores, professor Cláudio Elízio Calazans Campelo e professor Cláudio de Souza Baptista, declaro minha eterna gratidão. Pois, se cheguei até aqui, foi pela imensa sabedoria passada por ambos a mim ao longo dessa pesquisa.

Resumo

Indivíduos deficientes visuais, apesar de possuírem grande capacidade de adaptação por meio de outros sentidos, ainda apresentam algumas limitações, como, por exemplo, a locomoção segura. A navegação humana é um comportamento muito complexo, que depende principalmente da visão. Portanto, para uma pessoa com deficiência visual, a locomoção se torna uma tarefa muito difícil, especialmente em algumas situações, como em ambientes desconhecidos ou próximo ao tráfego urbano. Aplicativos de navegação, baseados em mapas, proporcionam uma ajuda significativa em questões de orientação, mobilidade e apoio à localização, bem como a estimativa das direções e distâncias. Porém, estes usuários ainda encontram grandes dificuldades no acesso à informação espacial, já que a interação com este tipo de aplicação é realizada, principalmente, por meio da visão. Assim, na presente pesquisa, foi realizado um estudo com deficientes visuais, visando desenvolver uma solução acessível colaborativa de mobilidade para entender as principais necessidades, em termos de locomoção, desses usuários. A solução proposta inclui uma aplicação móvel com mapas acessíveis e com efeitos sonoros, capaz de ajudar na mobilidade deste tipo de usuário, levando em consideração possíveis obstáculos em seus trajetos e descrevendo o ambiente, em termos de Pontos de Interesse (POI), ao seu redor e em torno de uma direção específica indicada pelo usuário. Para alcançar este objetivo, foi utilizada a técnica de Informação Geográfica Voluntária (*Volunteered Geographic Information - VGI*), que tem se mostrado eficaz e de baixo custo para obtenção de informação geográfica. Foi conduzida uma avaliação experimental para avaliar a qualidade dos dados obtidos de forma colaborativa, bem como experimentos envolvendo participantes voluntários, a fim de avaliar se a solução proposta é satisfatória para mitigar os problemas relacionados à navegação da população deficiente visual. Por fim, os resultados obtidos nos experimentos se mostraram encorajadores, demonstrando que a solução proposta pode ser satisfatória para usuários deficientes visuais.

Palavras-chave: informação geográfica voluntária, mapas acessíveis, detecção de obstáculos, descrição de ambientes, deficientes visuais.

Abstract

Although visually impaired individuals have great ability to adapt to a variety of situations through other senses, they still face some limitations, such as safe locomotion. Human navigation is a complex behavior, which depends mainly on vision. Therefore, for a visually impaired person, locomotion is a difficult task, especially in some situations, such as in unfamiliar surroundings or close to urban traffic. Map-based navigation applications provide significant help with guidance, mobility and location support, as well as with estimation of directions and distances. However, this kind of users still find great difficulties in accessing spatial information, since the interaction with this type of application is performed, mainly, through the vision. Thus, a study was carried out with the visually impaired to understand their main mobility needs, aiming at developing an accessible and collaborative mobility solution. The proposed solution includes a mobile application with accessible maps and sound effects, able to help the mobility of this type of users, taking into account possible obstacles in their paths and describing the environment in terms of Points of Interest (POI) around them and around a specific direction indicated by the user. In order to reach this goal, the Volunteered Geographic Information (VGI) technique was used, since it has been shown to be efficient and low cost in obtaining geographic information. An experimental evaluation was conducted to evaluate the quality of the data obtained collaboratively, as well as experiments involving volunteer participants, in order to evaluate whether the proposed solution is satisfactory to mitigate the problems related to navigation of the visually impaired population. Finally, the results obtained in the experiments were encouraging, demonstrating that the proposed solution may be satisfactory for visually impaired users.

Keywords: volunteered geographic information, accessible maps, obstacles detecton, environments description, visually impaired people.

Lista de Figuras

Figura 1 - Exemplo de Map Matching	26
Figura 2 – Entidades do sistema	40
Figura 3 - Sistema de Referência.....	42
Figura 4 – Interface Inicial do Aplicativo Móvel	44
Figura 5 – Funcionalidade de atualização de mapa	45
Figura 6 - Telas de Adição de Obstáculos do Aplicativo Móvel.....	47
Figura 7 - Corrigindo Posição de um Obstáculo Manualmente no Aplicativo Móvel ...	47
Figura 8 - Opções de Filtro presentes no Aplicativo Móvel	48
Figura 9 – Funcionalidade de Navegação do Aplicativo Móvel	49
Figura 10 – Funcionalidade de Exploração Retilínea de Objetos no Aplicativo Móvel	50
Figura 11 – Funcionalidade de Radar de POI no Aplicativo Móvel	51
Figura 12 - Componentes da Plataforma	52
Figura 13 - Técnicas para Geração de Obstáculo Representativo	56
Figura 14 - Geração de obstáculos representativos (processados)	58
Figura 15 - Interfaces acessíveis da aplicação móvel.....	62
Figura 16 - Mapa Acessível e posição do usuário	63
Figura 17 - Diagrama de manipulação de obstáculos.....	61
Figura 18 - Detecção de obstáculos e POI na navegação	66
Figura 19 - Percurso Executado pelos Voluntários no Experimento 1	74
Figura 20 - Respostas do Grupo A para a Sentença 1 do Questionário sobre Adição de Obstáculos	75
Figura 21 - Respostas do Grupo A para a Sentença 2 do Questionário sobre Adição de Obstáculos	75
Figura 22 - Respostas do Grupo A para a Sentença 3 do Questionário sobre Adição de Obstáculos	76
Figura 23 - Respostas do Grupo A para a Sentença 5 do Questionário sobre Adição de Obstáculos	77
Figura 24 - Respostas do Grupo A para a Sentença 6 do Questionário sobre Adição de Obstáculos	78
Figura 25 - Respostas do Grupo B para a Sentença 1 do Questionário sobre Adição de Obstáculos	78

Figura 26 - Respostas do Grupo B para a Sentença 2 do Questionário sobre Adição de Obstáculos	79
Figura 27 - Respostas do Grupo B para a Sentença 3 do Questionário sobre Adição de Obstáculos	80
Figura 28 - Respostas do Grupo B para a Sentença 4 do Questionário sobre Adição de Obstáculos	80
Figura 29 - Respostas do Grupo B para a Sentença 6 do Questionário sobre Adição de Obstáculos	81
Figura 30 - Respostas do Grupo A para a Sentença 1 do Questionário sobre Exploração Retilínea de Objetos à Frente	83
Figura 31 - Respostas do Grupo A para a Sentença 2 do Questionário sobre Exploração Retilínea de Objetos à Frente	84
Figura 32 - Respostas do Grupo A para a Sentença 3 do Questionário sobre Exploração Retilínea de Objetos à Frente	84
Figura 33 - Respostas do Grupo A para a Sentença 4 do Questionário sobre Exploração Retilínea de Objetos à Frente	85
Figura 34 - Respostas do Grupo A para a Sentença 5 do Questionário sobre Exploração Retilínea de Objetos à Frente	85
Figura 35 - Respostas do Grupo B para a Sentença 1 do Questionário sobre Exploração Retilínea de Objetos à Frente	86
Figura 36 - Respostas do Grupo B para a Sentença 2 do Questionário sobre Exploração Retilínea de Objetos à Frente	86
Figura 37 - Respostas do Grupo B para a Sentença 3 do Questionário sobre Exploração Retilínea de Objetos à Frente	87
Figura 38 - Respostas do Grupo para a Sentença 5 do Questionário sobre Exploração Retilínea de Objetos à Frente	88
Figura 39 - Respostas do Grupo A para a Sentença 1 do Questionário sobre Radar de POI	90
Figura 40 - Respostas do Grupo A para a Sentença 2 do Questionário sobre Radar de POI	90
Figura 41 - Respostas do Grupo A para a Sentença 3 do Questionário sobre Radar de POI	91
Figura 42 - Respostas do Grupo A para a Sentença 4 do Questionário sobre Radar de POI	91

Figura 43 - Respostas do Grupo B para a Sentença 1 do Questionário sobre Radar de POI	92
Figura 44 - Respostas do Grupo B para a Sentença 2 do Questionário sobre Radar de POI	93
Figura 45 - Respostas do Grupo B para a Sentença 4 do Questionário sobre Radar de POI	93
Figura 46 - Respostas do Grupo A para a Sentença 1 do Questionário sobre Navegação	95
Figura 47 - Respostas do Grupo A para a Sentença 2 do Questionário sobre Navegação	96
Figura 48 - Respostas do Grupo A para a Sentença 3 do Questionário sobre Navegação	97
Figura 49 - Respostas do Grupo A para a Sentença 4 do Questionário sobre Navegação	97
Figura 50 - Respostas do Grupo A para a Sentença 6 do Questionário sobre Navegação	98
Figura 51 - Comparação entre as Técnicas "a" e "b" para Geração de Obstáculos.....	99
Figura 52 - Média e Mediana da Variável Distancia nas Técnicas "a" e "b"	100

Lista de Quadros

Quadro 1 - Estado da Arte no Contexto de Navegação Acessível para Deficientes Visuais	36
Quadro 2 - Estado da Arte no Contexto de Navegação Acessível para Deficientes Visuais (demais comparações)	37

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Frequência de Respostas para Satisfação dos Voluntários para a funcionalidade Coleta de Obstáculos	82
Tabela 2 - Frequência de Respostas para Satisfação dos Voluntários para a funcionalidade Exploração Retilínea de Objetos à Frente	88
Tabela 3 - Frequência de Respostas para Satisfação dos Voluntários para a funcionalidade Radar de POI	94

Lista de Algoritmos

Algoritmo 1 - Gerando Grupos de Obstáculos de Acordo com seus Tipos	54
Algoritmo 2 - Gerando Grupo de Obstáculos de Tipos Iguais de Acordo com a Distância entre Eles	55
Algoritmo 3 - Gerando Obstáculos Representativos	57
Algoritmo 4 - Map Matching	67
Algoritmo 5 – Identificando o segmento mais próximo de uma determinada posição ..	68

Lista de Abreviaturas e Siglas

VGI *Volunteered Geographic Information*

OSM *OpenStreetMaps*

GPS *Global Positioning System*

POI *Point of Interest*

TTS *Text-To-Speech*

SVG *Scalable Vector Graphics*

UWB *Ultra Wide Band*

Sumário

1	Introdução	15
1.1	Objetivos.....	18
1.1.1	Geral.....	18
1.1.2	Específicos	18
1.2	Relevância da Pesquisa.....	19
1.3	Publicações	20
1.4	Organização Estrutural	20
2	Fundamentação teórica	22
2.1	Mobilidade de Deficientes Visuais.....	22
2.2	Crowdsourcing.....	23
2.3	Informação Geográfica Voluntária (VGI)	23
2.4	Sistema de Posicionamento Global (GPS)	24
2.5	Map Matching.....	25
2.6	Leitores de Tela	27
2.6.1	Talkback	28
2.7	Considerações Finais	28
3	Pesquisas relacionadas	29
3.1	Navegação em Ambientes Externos	29
3.2	Navegação em Ambientes Internos	31
3.3	Mapas Acessíveis.....	33
3.4	Considerações finais	35
4	Plataforma de Auxílio à Mobilidade de Deficientes Visuais.....	39
4.1	A Plataforma.....	39

4.1.1	Conceitos Gerais	39
4.1.2	O Sistema de Referência Relógio	41
4.1.3	Mapa Acessível para Deficientes Visuais.....	43
4.1.3.1	Mensagens Auditivas.....	44
4.1.4	Os comandos de <i>Zoom</i>	45
4.1.5	Atualização de Mapa	45
4.1.6	Adição de Obstáculos ou Coleta de Obstáculos	46
4.1.7	Filtro	48
4.1.8	Navegação.....	48
4.1.9	Exploração Retilínea de Objetos à Frente	49
4.1.10	Radar de POI.....	50
4.2	Arquitetura.....	51
4.2.1	Componentes do <i>Backend</i>	53
4.2.1.1	Administrador de Usuários	53
4.2.1.2	Processador de Obstáculos	53
4.2.1.3	Administrador de Comunicação.....	58
4.2.1.4	Administrador de Persistência.....	59
4.2.2	Componentes da Aplicação Móvel.....	59
4.2.2.1	Administrador de Comunicação.....	59
4.2.2.2	Administrador de Usuário	59
4.2.2.3	Gerenciador de Obstáculos	60
4.2.2.3.1	Detecção de Obstáculos por meio de VGI.....	60
4.2.2.4	Administrador de POI	61
4.2.2.5	Gerenciador de Interfaces Acessíveis	61
4.2.2.6	Regulador de Posição.....	64
4.2.2.7	Controlador de Navegação	64
4.2.2.7.1	<i>Map Matching</i> para Pedestres	66

4.2.2.8	Controlador de Exploração	68
4.3	Considerações Finais	68
5	Avaliação experimental	69
5.1	Metodologia.....	69
5.2	Critérios de Inclusão e Exclusão.....	71
5.3	Desenho Experimental.....	71
5.3.1	Experimento 1 - Avaliação da Funcionalidade de Coleta de Obstáculos no ambiente de estudo	73
5.3.1.1	Resultados para o Grupo A	74
5.3.1.2	Resultado para o Grupo B	78
5.3.1.3	Avaliação Estatística sobre Satisfação para a Funcionalidade Coleta de Obstáculos.....	81
5.3.2	Experimento 2 - Avaliação da funcionalidade Exploração Retilínea de Objetos à Frente.....	82
5.3.2.1	Resultados para o Grupo A.....	83
5.3.2.2	Resultados para o Grupo B	86
5.3.2.3	Avaliação Estatística sobre Satisfação para a Funcionalidade Exploração Retilínea de Objetos à Frente.....	88
5.3.3	Experimento 3 - Avaliação da Funcionalidade Radar de POI.....	89
5.3.3.1	Resultados para o Grupo A	89
5.3.3.2	Resultados para o Grupo B	92
5.3.3.3	Avaliação Estatística sobre Satisfação para a Funcionalidade Radar de POI	94
5.3.4	Experimento 4 - Avaliação da Navegação.....	94
5.3.4.1	Resultados para o Grupo A	95
5.3.4.2	Experimento 5 - Resultados para Comparação entre a Técnica “a” e a Técnica “b” para Geração de Obstáculo Representativo.....	98

5.4	Considerações Finais	100
6	Conclusão	102
6.1	Contribuições	103
6.2	Pesquisas Futuras.....	104
7	Referências Bibliográficas.....	106
8	Apêndices.....	111
	Apêndice A.....	111
	Apêndice B	112
	Apêndice C	113
	Apêndice D.....	114
	Apêndice E	115
	Apêndice F	117
	Apêndice G.....	119
	Apêndice H.....	121
	Apêndice I	122

1 INTRODUÇÃO

Um indivíduo caracterizado como cego possui perda total da capacidade visual ou apenas da percepção à luz. Por outro lado, o identificado como de baixa visão ou visão reduzida, apresenta uma diminuição na capacidade visual, sendo possível apenas detectar massas, cores e formas, possuindo limitações na visão à distância e tendo a possibilidade de identificação de objetos somente quando estão próximos. Tal indivíduo apresenta também dificuldade de perceber aspectos visuais, tais como: traços desproporcionais no espaço, representações tridimensionais, formas compostas, profundidade, movimento, dentre outros. Os indivíduos com estes tipos de deficiência, denominados deficientes visuais, apesar de possuírem grande capacidade de adaptação por meio de outros sentidos, ainda apresentam algumas limitações como: capacidade de comunicação e capacidade de locomoção, uma vez que utilizam outros sentidos para se locomover com segurança (BROCK et al., 2012; COUGHLAN; SHEN, 2013; FAVRETTO et al., 2008; MARTINEZ-SALA et al., 2015; LIAO et al., 2011).

Os mapas proporcionam uma ajuda significativa em questões de orientação, mobilidade e apoio à localização de ruas e Pontos de Interesse (POI), bem como à estimativa das direções, áreas e distâncias entre pontos. Portanto, um grande número de indivíduos com deficiência visual precisa de informação espacial para executar tarefas em suas vidas cotidianas. Entretanto, usuários com esta deficiência, muitas vezes, encontram grandes obstáculos no acesso à informação espacial, visto que a interação com este tipo de informação é realizada, principalmente, por meio da visão. Uma das tarefas mais importantes e difíceis no desenvolvimento de tecnologias de geoprocessamento é a criação de uma interface que seja apropriada para as capacidades sensoriais e motoras de usuários deficientes visuais. A partir disto, nos últimos anos, a comunidade científica focou seu interesse em soluções com suporte a canais não visuais de representação, utilizando, por exemplo, tecnologias táteis, como vibração, sensores de toque, dentre outros, bem como canais de informação auditiva adequados (CSAPÓ et al., 2015; KAKLANIS et al., 2013b; KOUKOURIKOS; PAPADOPOULOS, 2015).

As áreas urbanas, os corredores pedonais e a área de infraestrutura de transporte são os que mais sofrem com mudanças frequentes, já que são afetados por obstáculos nas calçadas, desvios de construção, e mudanças nas condições de superfície (QIN et al.,

2015a). Para os indivíduos deficientes visuais ou com alguma deficiência relacionada à mobilidade, alterações nos corredores exclusivos para pedestres (fixos ou temporários) são muito difíceis, devido à necessidade de mudança de rotas, à inconveniência e aos riscos a sua segurança e saúde (QIN et al., 2015a). Portanto, novas abordagens para o mapeamento atualizado dessas áreas torna-se algo essencial, uma vez que técnicas tradicionais, como, por exemplo, as baseadas em imagens aéreas ou sensoriamento remoto, têm implicações relacionadas ao custo e ao tempo de execução.

Segundo Rice (2014b) o termo Informação Geográfica Voluntária (Volunteered Geographic Information - VGI), utilizada pela primeira vez por Goodchild em 2007, trata-se do fenômeno de extração ou obtenção da informação geográfica de forma colaborativa, por pessoas não especialistas. Esta abordagem é extremamente útil quando a necessidade de obtenção da informação geográfica começa a ser quase que instantânea. Logo, os métodos tradicionais de coleta de dados geográficos não são possíveis de serem utilizados, devido à necessidade da transmissão da informação de forma rápida.

Segundo Senaratne et al. (2017), o VGI pode ser um método pelo qual os cidadãos, muitas vezes sem experiência, criam informações geográficas dedicadas à plataformas, como: OpenStreetMap (OSM - <https://openstreetmap.org>), Wikimapia (<http://wikimapia.org/>), dentre outros.

Durante a última década, o surgimento do VGI forneceu uma alternativa à disponibilidade de dados espaciais. Os mecanismos utilizados para aquisição e a própria natureza do VGI podem prover vantagens competitivas sobre os dados oficiais, como: o conhecimento local, a frequência de atualização ou o uso gratuito de dados, que, por sua vez, são características que atraíram a atenção dos pesquisadores e do setor privado. Este tipo de informação pode enriquecer, complementar ou atualizar conjuntos de dados, produtos, ou ser a única fonte de dados destes (ANTONIOU; SKOPELITI, 2015). Para tanto, esta técnica torna-se uma alternativa perfeita para ser utilizada em ambientes nos quais a frequência de alterações no espaço é muito alta.

O OSM é um dos exemplos mais representativos de mapas dinâmicos que crescem com a ajuda de sensores não oficiais, ou seja, pessoas não especialistas que contribuem diariamente com a atualização da informação (ANTONIOU; SKOPELITI, 2015).

Esta pesquisa apresenta uma plataforma acessível, baseada em VGI, capaz de fornecer aos usuários deficientes visuais formas alternativas de explorar o ambiente ao seu redor, utilizando um mapa, de forma eficiente. Esta solução oferece: (i) uma aplicação móvel de interface acessível para facilitar a usabilidade *do software* por deficientes

visuais; (ii) um serviço de atualização de obstáculos utilizando as informações fornecidas pelos próprios usuários (VGI); (iii) um módulo de navegação que permite que os utilizadores *do software*, quando se locomovem, sejam notificados por mensagens sonoras e vibratórias sobre obstáculos e POI ao seu redor; e (iv) um módulo de exploração do ambiente a distância, que fornece informações sobre obstáculos e POI presentes na direção que o usuário desejar.

A navegação humana é um comportamento muito complexo, que depende principalmente da visão, uma vez que esta captura informações estáticas e dinâmicas do ambiente ao redor, essenciais para a posição, atualização, orientação e estimativa de distância, dentre outros. Desse modo, para um indivíduo com deficiência visual, a navegação em ambiente familiar não é simples, tornando-se muito mais difícil em ambientes desconhecidos. Logo, muitos deles privam-se da liberdade de explorar ambientes desconhecidos. Portanto, vários tipos de tecnologias vêm sendo desenvolvidas para ajudar a esse tipo de público em sua mobilidade (CSAPÓ et al., 2015; BROCK et al., 2012; COUGHLAN; SHEN, 2013; SCHMITZ et al., 2011; SANTOS et al., 2012).

Uma das grandes dificuldades desses indivíduos na locomoção é a identificação eficiente de obstáculos em seus caminhos devido a sua deficiência. A bengala branca, apesar de ser um objeto muito útil para evitar obstáculos, não detecta aqueles mais distantes, ou seja, não detecta obstáculos com certa antecedência nem aqueles que possuem uma e maior extensão em sua parte superior (orelhões, por exemplo).

Outro problema é a identificação de POI. Deficientes visuais, devido as suas limitações, não conseguem descobrir, com precisão, onde se localizam determinados POI que podem possuir alguma relevância para eles. Isto causa desconforto para os indivíduos e os tornam ainda mais dependentes de pessoas com visão normal.

Outrossim, os aplicativos que dispõem de navegação para as pessoas, muitas vezes, não implementam características acessíveis, o que os tornam inviáveis para esse grupo de usuários.

Além dos problemas descritos anteriormente, pode-se destacar problemas relacionados à própria natureza do uso do VGI. De acordo com Rice (2014b), embora essa abordagem seja extremamente benéfica em situações as quais os dados devem ser transmitidos o mais rápido possível, o VGI possui dois grandes pontos fracos: qualidade e confiabilidade.

Por exemplo, ao utilizar o VGI em Sistemas de Informação Geográfica (SIG), os dados coletados, como são inseridos por vários usuários, podem estar duplicados ou

possuírem baixa qualidade: os dados relativos à posição geográfica podem estar incorretos ou imprecisos (seja por um descuido do usuário ou pelo próprio erro implícito ao se utilizar o Sistema de Posicionamento Global (GPS) pra captura da localização); a informação, sobre um tema qualquer, adicionada pelo usuário, pode estar imprecisa ou conter erros de sintaxe relacionada ao idioma utilizado no sistema.

1.1 OBJETIVOS

Esta seção apresenta o objetivo geral e os objetivos específicos da pesquisa de mestrado descrita nesta dissertação.

1.1.1 Geral

O objetivo desta pesquisa de mestrado é desenvolver uma solução para navegação móvel, em ambientes externos, acessível a pessoas com deficiência visual, utilizando dados obtidos de forma colaborativa (VGI).

1.1.2 Específicos

Visando alcançar o objetivo principal, têm-se os seguintes objetivos específicos:

- I. Elaborar um método para coleta de informação geográfica voluntária acerca dos obstáculos à mobilidade de deficientes visuais;
- II. Desenvolver uma técnica para minimizar problemas de imprecisão nos dados espaciais voluntários.
- III. Desenvolver um mecanismo capaz de descrever elementos do ambiente entorno do usuário;
- IV. Desenvolver um mecanismo capaz de descrever elementos existentes em uma determinada região de interesse do usuário;
- V. Desenvolver um mecanismo que permita auxiliar os deficientes visuais durante sua locomoção, alertando sobre possíveis obstáculos (e.g., postes, buracos, árvores) e descrevendo o ambiente ao seu redor.
- VI. Criar um aplicativo para dispositivos móveis com interface acessível, incluindo *feedback* por vibração e mensagens auditivas, para viabilizar a coleta de VGI, a exploração do ambiente e a navegação;

- VII. Realizar análise experimental dos algoritmos desenvolvidos;
- VIII. Avaliar a eficácia da solução por meio de entrevistas, questionários e testes em campo, utilizando: um grupo de deficientes visuais e outro de não deficientes visuais.

1.2 RELEVÂNCIA DA PESQUISA

O uso crescente de computadores, *smartphones* e *tablets* podem oferecer formas diferenciadas de interação, tais como o acesso a telas de alta definição e telas sensíveis ao toque de alta qualidade. Estas constituem ferramentas e dispositivos valiosos para proporcionar a esses usuários uma interface intuitiva, dedicada a melhorar sua visualização de mapas. Atualmente, o uso de dispositivos móveis disponíveis no mercado mostra uma grande oportunidade de apoio para deficientes visuais. Como resultado, as plataformas móveis estão evoluindo rapidamente, objetivando o desenvolvimento de tecnologias para mitigarem problemas de acessibilidade. Por exemplo, recentemente, vários aplicativos para *smartphones* foram desenvolvidos com o objetivo de auxiliar deficientes visuais em cruzamentos. Tais ferramentas, embora promissoras, ainda se mostram incapazes de fornecer informações detalhadas sobre a localização do usuário e a orientação precisa em relação a uma faixa de pedestres ou ao *status* atual das luzes de sinalização, uma vez que dependem de outros sistemas para disponibilizar dados geográficos referentes a esses objetos/instrumentos (CSAPÓ et al., 2015; KAKLANIS et al., 2013a; COUGHLAN; SHEN, 2013).

Para deficientes visuais, tecnologias de auxílio à mobilidade possuem um papel fundamental devido as suas necessidades especiais. Porém, diversos fatores essenciais para navegação desses indivíduos não estão presentes nos mapas atuais. Esse grupo de usuários necessita ter conhecimento sobre possíveis obstáculos (fixos ou transitórios) ao longo de suas rotas, o que não acontece nos mecanismos tradicionais de navegação para pedestres sem deficiência visual. Para eles, saber a posição de uma árvore ou de um telefone público em seu caminho, por exemplo, pode significar evitar sérios acidentes em seu cotidiano.

Assim, existe uma necessidade de novas metodologias, aliadas à crescente evolução de dispositivos móveis, que possam identificar e disponibilizar a localização de obstáculos nos caminhos de pedestres, de forma satisfatória, a fim de evitar acidentes. Atualmente, os métodos desenvolvidos ainda estão muito distantes de fornecer,

eficientemente, a localização de um obstáculo que pode oferecer perigo à saúde de um deficiente visual.

Além disso, os algoritmos e aplicações atuais de detecção de POI não consideram as necessidades dos deficientes visuais, apresentando as informações sem considerar as limitações destes indivíduos e, portanto, estabelecendo um bloqueio para a acessibilidade. Por exemplo, um mapa tradicional possui uma interface predominantemente visual, o que o torna inviável para um deficiente visual.

Outrossim, é o desenvolvimento de algoritmos que minimizem os erros geográficos advindos da utilização da abordagem VGI. Para um deficiente visual, utilizando uma aplicação móvel de navegação, um erro de posicionamento de um obstáculo perigoso (disponível para consulta na aplicação), pode aumentar o risco à saúde do usuário.

Portanto, na última década, tem sido notável o esforço da comunidade científica para desenvolver mapas e aplicações acessíveis para esta população com necessidades especiais.

1.3 PUBLICAÇÕES

Nesta pesquisa de mestrado, até o presente momento, foi publicado o capítulo "Improving Accessibility Through VGI and Crowdsourcing", no livro *Volunteered Geographic Information and the Future of Geospatial Data*, Editora IGI Global, 2017, págs. 208 a 226.

Adicionalmente, um artigo está sendo elaborado para submissão a um periódico internacional.

1.4 ORGANIZAÇÃO ESTRUTURAL

Os próximos capítulos desta dissertação estão organizados da seguinte forma: no Capítulo 2, é apresentada a fundamentação teórica da pesquisa, abordando os seguintes temas: Mobilidade de Deficientes Visuais, Crowdsourcing, Informação Geográfica Voluntária, Sistema de Posicionamento Global (GPS), o Método de Map Matching e a tecnologia de acessibilidade para plataforma Android, o TalkBack. No Capítulo 3, são elencadas as pesquisas, relacionadas à problemática aqui abordada, encontradas na literatura. A plataforma desenvolvida ao longo deste mestrado é discutida no Capítulo 4.

No Capítulo 5 é apresentada a validação da plataforma desenvolvida e os resultados obtidos. Por fim, são discutidos alguns resultados, pesquisas futuras e conclusões a respeito da pesquisa desenvolvida.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O objetivo deste capítulo é apresentar os principais conceitos, metodologias e tecnologias utilizadas nesta pesquisa. A Seção 2.1 aborda os conceitos sobre a mobilidade de deficientes visuais; a técnica de Crowdsourcing é discutida na Seção 2.2; a Seção 2.3 discute a técnica de VGI; a Seção 2.4 apresenta as características e problemas presentes na tecnologia de GPS; a técnica de Map Matching é apresentada na Seção 2.5; a Seção 2.6 aborda os leitores de tela que provêm a acessibilidade em smartphones; por fim, a Seção 2.7 contém as considerações finais.

2.1 MOBILIDADE DE DEFICIENTES VISUAIS

Segundo Barbosa (2016), a mobilidade urbana pode ser entendida como as condições de deslocamento humano e de bens pela cidade, independente da forma de transporte empregada (coletivo, individual, motorizado ou não). Além disso, envolve também o planejamento urbano associado ao crescimento das cidades, a circulação de automóveis de uso coletivo e individual e ao processo de locomoção urbana de pedestres. Portanto, a mobilidade urbana está profundamente relacionada à acessibilidade, ao direito e à necessidade que as pessoas têm de se locomover pelas cidades. Conseqüentemente, a mobilidade urbana é direito de qualquer cidadão, seja ele deficiente ou não.

De acordo com a Lei Federal de Mobilidade Urbana (lei brasileira, Nº 12.587/2012), mobilidade urbana é o método pelo qual são realizados os deslocamentos de pessoas e cargas nas áreas de uma cidade. Portanto, está ligada à articulação e efetividade das políticas de transporte, circulação, acessibilidade, entre outros fatores relacionados à cidade e ao nível metropolitano. Um dos seus objetivos é a melhoria da acessibilidade e mobilidade das pessoas nas áreas de navegação de um município. De acordo com o Art. 24 da lei supracitada, o Plano de Mobilidade Urbana deve contemplar princípios como acessibilidade para pessoas com deficiência e restrição de mobilidade.

Segundo Bezerra et al. (2017), devido à pluralidade das políticas necessárias para gerenciar a mobilidade de uma cidade (por exemplo, o direito à acessibilidade), este processo torna-se algo de alta complexidade. De acordo com Serrano et al. (2016), diariamente pessoas portadoras de deficiência enfrentam desafios ao se locomover em

idades devido às inadequações do espaço urbano, ou seja, ausência de acessibilidade. Sendo assim, evidencia-se a necessidade de elaboração de métodos e práticas que auxiliem na mobilidade de deficientes visuais no espaço urbano, de modo a garantir a efetividade da Lei brasileira anteriormente citada.

2.2 CROWDSOURCING

De acordo com Mao et al. (2017) o termo Crowdsourcing foi determinado no ano de 2006 e trata-se de um modelo distribuído de resolução de problemas baseado na combinação de computação humana (computação de um certo problema, o qual algumas etapas são realizadas por humanos) e de máquina. Portanto, o crowdsourcing é o ato de organizar e terceirizar um determinado trabalho para uma rede de usuários.

De acordo com Brady e Bigham (2014), Crowdsourcing é um paradigma de distribuição de tarefas referentes à coleta de informações para pessoas não especialistas. Esta técnica não se limita à terceirização de tarefas simples de baixo custo; também serve como um substituto para soluções tecnológicas complexas e/ou de alto custo. Na prática, os sistemas que utilizam Crowdsourcing são muitas vezes implementados online e visam agrupar ideias para novos produtos e serviços por meio de um grande número de pessoas (NISHIKAWA et al., 2017).

Segundo Wu (2017), as fotos digitais são uma forma de Crowdsourcing uma vez que dispositivos móveis podem ser usados por várias pessoas em diferentes contextos, para notificar desastres e obter informações sobre tais áreas. Por exemplo, considere uma cidade que está sob um estado de emergência devido a ataques externos ou a catástrofes naturais. Para descobrir onde o dano está localizado e qual a gravidade deste, pode-se enviar as fotos retiradas do local, por quaisquer pessoas, para um serviço central ou uma autoridade central.

De acordo com Whitla (2009), Crowdsourcing pode ser aplicado a diversos outros contextos, como: marketing, desenvolvimento de produtos, propaganda e promoções.

2.3 INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA VOLUNTÁRIA (VGI)

De acordo com Ali et al. (2017), VGI é uma técnica de mapeamento colaborativo que permite aos cidadãos comuns participar no mapeamento de atividades que produzem conteúdo geoespacial. Tradicionalmente, estas atividades são realizadas por agências de

mapeamento e organizações profissionais. São exemplos de projetos de mapeamento colaborativo, que visam produzir um mapa digital do mundo, o OSM, Google Map Maker e Wikimapia.

O OSM foi fundado por Steve Coast e iniciado em 2003 como projeto, como um esforço para criar o primeiro mapa livre de restrições. Seu principal objetivo é a criação de um mapa digital gratuito do mundo inteiro, gerado por não-especialistas (ANTONIOU; SKOPELITI, 2015).

Durante a última década, VGI tem desempenhado um papel significativo na comunidade de GIScience. Várias aplicações e serviços foram desenvolvidos com base nessa técnica: monitoramento ambiental, gestão de crises, planejamento urbano, mapeamento do uso da terra, dentre outros. Em contrapartida, a falta de qualidade dos dados e a dificuldade de obter medidas espaciais de qualidade são as principais razões que prejudicam o uso do VGI (ALI et al., 2017).

De acordo com Mahabir et al. (2017), a técnica de VGI, nos países em desenvolvimento, é utilizada em larga escala normalmente durante períodos de desastres (por exemplo, o terremoto de 2010 no Haiti) ou para outros fins humanitários (por exemplo, Map Kibera - mapkibera.org).

Porém, de acordo com Mahabir et al. (2017), nos últimos anos, também houve várias campanhas de mapeamento (por exemplo, mapeamento de eventos e/ou maratonas) por organizações, como a Humanitarian OpenStreetMap Team e MapGive (uma iniciativa da Unidade de Informação Humanitária do Departamento de Estado dos EUA), para aumentar a inserção do mapeamento de atividades VGI em países em desenvolvimento. Além disso, um recente evento de mapeamento nacional na pequena ilha tropical e caribenha de Santa Lúcia sugere que alguns governos em países em desenvolvimento reconhecem o valor do VGI, no sentido de que ele pode ser usado para monitorar a percepção do público, além de fornecer novas formas de interagir e capturar informações sobre cidades e fortalecer a sociedade civil.

2.4 SISTEMA DE POSICIONAMENTO GLOBAL (GPS)

Segundo Kharade et al. (2017), o GPS é utilizado para auxiliar na navegação e rastreamento de objetos, posicionando-os em relação à superfície terrestre utilizando satélites.

Conforme discutido por Bissig et al. (2017), o GPS é usado para a captura da localização em ambientes abertos em uma grande variedade de aplicações. Os receptores atuais consomem muita energia em situações que necessitam de monitoramento contínuo da posição. A detecção de localização provou ser um pré-requisito importante para muitas aplicações, tais como navegação, rastreamento, registro de vida, rastreamento de animais e serviços de resgate.

Para a maioria dos cenários ao ar livre, o GPS é o sistema de localização mais eficiente, principalmente, devido à sua cobertura global e precisão. No entanto, a operação contínua do receptor GPS ainda consome muita energia em dispositivos móveis, como rastreadores ou mesmo smartphones (BISSIG et al., 2017).

Segundo Gang et al. (2017), com o avanço de várias tecnologias de localização/aquisição de dados georreferenciados, uma grande quantidade de trajetórias de GPS podem ser coletadas todos os dias. Apesar disso, existem erros associados na aplicabilidade do GPS, uma vez que os dados “crus” capturados por estes sensores, muitas vezes, não podem refletir posições reais devido a muitas restrições físicas, ou seja, as informações geográficas capturadas não são precisas.

Com ajuda de sistemas de navegação de apoio pessoal em conjunto com a tecnologia de GPS, deficientes visuais são capazes de fazer planos de rotas e viajar de forma mais independente. Um sistema de navegação baseado em mapas pode fornecer informações sobre as imediações e orientar o usuário a um destino escolhido. No entanto, estes sistemas, puramente baseados em mapa, possuem diversos problemas, uma vez que não possuem informações essenciais para usuários deficientes visuais, como dados atualizados sobre o estado do ambiente (por exemplo, elevadores extintos e áreas de construção). Muitas vezes, a informação desejada pode ser encontrada na internet; no entanto, a natureza não estruturada desse meio faz com que seja difícil localizar algumas informações específicas, especialmente para um usuário deficiente visual (SCHMITZ et al., 2011; ZENG; WEBER, 2015).

2.5 MAP MATCHING

O Map Matching é o processo de alinhamento de uma sequência de pontos geográficos em uma via representada em um mapa digital. É uma etapa de pré-processamento fundamental para muitas aplicações (por exemplo, análise de fluxo de

tráfego) que desejam associar a posição de objetos com vias específicas (LOU et al., 2009).

De acordo com Hashemi e Karimi (2016b), a maioria dos algoritmos de Map Matching é executada para associar pontos a rotas, de acordo com os seguintes passos: seleciona um conjunto de segmentos candidatos, identifica o segmento mais provável entre os candidatos e, por fim, associa a localização do usuário ao segmento identificado. Assim, para Hashemi (2017), o Map Matching projeta o objeto em movimento em um segmento de uma rede de navegação.

Um exemplo deste processo é apresentado na Figura 1. O conjunto de pontos em vermelho é associado a rota (destacada na cor preta), a qual representa uma via.

Figura 1 - Exemplo de Map Matching



Fonte: Wikipedia (https://en.wikipedia.org/wiki/Map_matching), adaptado pelo autor

Segundo Nikolić e Jović (2017), o processamento de dados GPS e a sua interpretação por sistemas computacionais representam um processo complexo e multidisciplinar que exige a integração de uma variedade de áreas, como: engenharia de tráfego, matemática e informática. Devido a imperfeição do sistema GPS e inconsistência

das órbitas dos satélites. Além disso, mapas construídos no formato vetorial podem possuir imprecisões causadas por erros numéricos, de codificação geográfica, topológicos, relacionados a escala e projeções. Todas as falhas anteriormente citadas aumentam o valor da imprecisão final, podendo atingir valores variando entre 5 a 30 metros.

Portanto, nota-se que a principal desvantagem de sistemas que lidam com dados geográficos é a utilização dos dados “crus” do GPS, que podem gerar erros em relação à posição dos objetos que estão sendo georreferenciados. Logo, faz-se necessário a utilização de métodos corretivos para processar tais dados, antes de sua implantação em um sistema qualquer. Um desses métodos é o Map Matching, o qual associa a posição de um objeto, coletada pelo GPS, a uma rede de vias, como descrito anteriormente.

2.6 LEITORES DE TELA

Para prover acessibilidade para dispositivos móveis, aspectos de usabilidade, relacionados a leituras de tela, devem ser amplamente estudados visando prover formas fáceis de interação entre os usuários e a aplicação (SIEBRA et al., 2017).

O desenvolvimento de aplicações acessíveis eficientes é um desafio para os desenvolvedores, pois as funcionalidades devem estar de acordo com os requisitos impostos pelo Talkback, por exemplo: botões com nomenclatura adequada, elementos da interface com descrição, foco nos controles essenciais. Portanto, muitas aplicações para a plataforma Android possuem interfaces que não implementam componentes que funcionam desse modo. Logo, estes softwares dificultam bastante seu uso por usuários com deficiência visual (PATIL et al., 2016).

Quando os aplicativos pretendem oferecer suporte à acessibilidade, aspectos de usabilidade devem ser revisados para adaptar ou estender requisitos funcionais comuns que são implementados para garantir facilidade no uso das aplicações. No entanto, as iniciativas para desenvolver orientações para aplicações móveis acessíveis são recentes e várias abordagens apresentam apenas sugestões e não uma lista concreta de requisitos (SIEBRA et al., 2016).

Segundo Grussenmeyer e Folmer (2017), os leitores de tela comerciais adotaram a maioria das técnicas uns dos outros. Em particular, deslizar para a esquerda ou para a direita com um dedo para mover um elemento em uma grade de ícones é uma técnica bem conhecida e bem utilizada por pessoas com deficiência visual. Gestos multitoque (dois ou

mais pontos de contato com a superfície da tela) também são bastante explorados, juntamente com a possibilidade de ouvir uma descrição geral de todos os elementos na tela de cima para baixo.

2.6.1 Talkback

De acordo com Sánchez Garcia (2017), os smartphones com sistema operacional Android dispõem de tecnologias para prover acessibilidade para deficientes visuais. Dentre estas, pode ser citado o Talkback, que provê a acessibilidade da plataforma para deficientes visuais.

Esta ferramenta transforma a interface da aplicação, tornando-a acessível para deficientes visuais. Por exemplo, para um indivíduo acessar/ouvir os itens de uma lista, basta ele arrastar o dedo, da esquerda para a direita, na tela, que a ferramenta se encarrega de ler item por item. Além disso, caso o usuário deseja selecionar um item qualquer, basta selecionar este por meio do arraste de dedo (explicado anteriormente) e depois executar dois cliques em qualquer local da tela.

2.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo, foram apresentados e discutidos os conceitos, técnicas e tecnologias essenciais para proporcionar o esclarecimento dos temas abordados nesta pesquisa de mestrado.

No próximo capítulo são descritos e comparados os principais estudos relacionados à utilização das técnicas de Crowdsourcing e VGI, navegação e disponibilização de mapas acessíveis para deficientes visuais.

3 PESQUISAS RELACIONADAS

Neste capítulo, serão apresentadas as principais pesquisas relacionadas a este estudo, abordando temas como *Crowdsourcing*, VGI, mapas de interação tátil com saída auditiva e vibratória e navegação de pedestres com deficiência visual.

Sobre soluções para navegação de pessoas, podem ser destacadas duas grandes áreas: navegação em ambientes externos (por exemplo, parques e calçadas), a qual se aplica a utilização de tecnologia como GPS, mapas (colaborativos ou não), imagens de satélite, VGI, dentre outras; e navegação em ambientes internos (lojas, casas, shoppings, etc.), que depende de outros métodos para solução dos problemas encontrados nessa área, como a utilização de sensores nos ambientes ou adição de *tags* para construir os mapas de áreas interiores.

3.1 NAVEGAÇÃO EM AMBIENTES EXTERNOS

Sobre a navegação em ambientes externos, é possível citar algumas pesquisas, como a de Zeng e Weber (2015). Os autores discutem a dificuldade que os deficientes visuais têm ao navegar em um ambiente externo e de encontrar portas de acesso (entradas) às áreas internas desconhecidas, como entradas de shoppings, hotéis e lojas. Um dos fatores que causam essa dificuldade é a complexidade espacial em torno das entradas desses locais (por exemplo, a presença de latas de lixo, escadas, corredores alternativos) e a dificuldade de utilização de sistemas de navegação perto de entradas devido à perda de sinal GPS. A partir disso, os autores propõem o sistema Coach, que tem o objetivo de ajudar deficientes visuais a localizar entradas em regiões desconhecidas (entradas de lojas, por exemplo). A solução proposta une a abordagem *Crowdsourcing*, informações sobre acessibilidade ambiental (como, a diferença de texturas no ambiente que envolve uma rota), serviços baseados em localização, efeitos de vibração e saídas de áudio em um aplicativo móvel.

Para tanto, Zeng e Weber (2015) utilizam a técnica *Crowdsourcing* em dois grupos de usuários. Um grupo é formado por pessoas que têm visão normal e são voluntários que contribuem com informações sobre acessibilidade ambiental. Este grupo é responsável por fornecer, por meio de seus dispositivos móveis, informações sobre presença de portas

automáticas, escadas anexadas, pavimentos táteis, dentre outros em um determinado local. O outro grupo é constituído por pessoas com deficiência visual que recebem as informações fornecidas pelo primeiro grupo para apoiar sua navegação e compartilham suas experiências, fornecendo informações sobre suas experiências de navegação e sobre a acessibilidade de um determinado ambiente.

Assim, a solução proposta por Zeng e Weber (2015) funciona da seguinte forma: primeiramente, aplica-se a metodologia de coletar informações sobre acessibilidade ambiental de forma colaborativa (com pessoas de visão normal); em seguida, por meio de um algoritmo, calcula-se um ponto de referência (local qualquer do ambiente externo, o qual possui um caminho até uma entrada - porta de acesso a qualquer ponto de interesse do usuário - com a menor quantidade de desconforto possível). Posteriormente, os usuários, por meio da aplicação móvel, utilizando dados de GPS, são guiados até o ponto de referência; a partir disso, os indivíduos, também utilizando a aplicação móvel, são guiados para o alvo de entrada de acordo com as informações sobre acessibilidade ambiental colhida pelos colaboradores; ao chegarem, o aplicativo, por meio de vibração ou saída de áudio informa aos usuários suas localizações.

Liao (2014) propõe o desenvolvimento de um sistema que alerta os usuários sobre a presença de “áreas em obras” ou “zona de trabalho”. O estudo utilizou uma aplicação móvel para smartphones juntamente com sensores bluetooth beacon (equipamento que transmite um sinal, que pode servir para determinar sua localização física, para qualquer bluetooth ativado que estiver ao seu alcance; nesse caso, o bluetooth do smartphone) instalados nas “áreas em obras”, a fim de alertar os deficientes visuais antes de se aproximarem dessas áreas, evitando acidentes. Os deficientes visuais são notificados do perigo por meio das mensagens auditivas (utilizando TTS) enviadas por meio da aplicação móvel, quando esta detecta o sinal dos sensores bluetooth beacon.

Em relação à navegação, Liao (2014) propõe uma aplicação móvel que, por meio dos dados GPS, localiza os usuários em um mapa digital e detecta os sinais enviados pelos sensores bluetooth beacon para fornecer orientação de navegação correspondente. O aplicativo, durante a navegação, fica continuamente procurando pelos sinais enviados pelo bluetooth beacon para fornecer mensagens de alerta aos usuários. Quando qualquer sinal é detectado, o aplicativo alerta os usuários com uma pequena vibração e envia mensagens auditivas por meio de TTS (por exemplo, mensagens de atenção, informação sobre a localização atual do usuário e disponibilidade de um caminho acessível para a travessia).

Por fim, Rice et al. (2013a, 2013b, 2014) e Qin et al. (2015b) apresentam o sistema WEB GMU Geocrowdsourcing Testbed, uma abordagem para a coleta de dados que utiliza Crowdsourcing para relatar, localizar e definir os obstáculos transitórios presentes no ambiente, que podem representar riscos potenciais para pessoas deficientes visuais. Este sistema foi desenvolvido utilizando as linguagens HTML5, JavaScript, PHP e JQuery. A interface de usuário foi implementada utilizando PHP, JavaScript e API do Google Maps (que provê um mapa na interface). Além disso, o sistema utiliza, também, PHP para interagir com o banco de dados PostgreSQL. O Crowdsourcing é utilizado no sistema para a coleta de obstáculos transitórios, os quais, posteriormente, são convertidos (utilizando JavaScript e a API Esri JavaScript) em obstáculos presentes na rede de caminhos. Para tanto, os usuários reportam as informações dos obstáculos no sistema WEB (informam a posição geográfica destes por meio do arraste de um ícone geográfico no mapa) ou em uma aplicação móvel que coleta a posição dos obstáculos via GPS.

Além disso, o GMU Geocrowdsourcing Testbed possui a funcionalidade de geração de rotas, que tem como objetivo fornecer aos usuários rotas de pedestres que evitem potenciais obstáculos. Para isto, os autores utilizam o ArcGIS para incorporar a rede de caminhos e o PostgreSQL para armazenar as informações (por exemplo, nomes de ruas) extraídas por uma técnica de gazetteer, implementada pelos autores. Esta técnica utiliza descrições em texto, relatadas por colaboradores no sistema, para georreferenciar a localização de obstáculos. (Rice et al. 2013a, 2013b, 2014 e Qin et al., 2015b).

O sistema GMU Geocrowdsourcing Testbed, apesar de ser um sistema bastante completo para identificação de obstáculos, não oferece uma aplicação móvel de interface acessível para utilização e reportagem destes no momento da navegação.

Outra dificuldade presente no sistema GMU Geocrowdsourcing Testbed é que os autores não apresentam uma forma acessível de apresentação de mapas (uma solução para descrição do ambiente para deficientes visuais), ou seja, não propõem uma maneira acessível de, no momento da locomoção, o sistema descrever o ambiente para os usuários, como por exemplo, apresentando os obstáculos ao redor do indivíduo.

3.2 NAVEGAÇÃO EM AMBIENTES INTERNOS

Tratando-se de ambientes internos (*indoor*), destacam-se algumas pesquisas. Dentre elas está a de Martinez-Sala et al. (2015), que apresenta o “SUGAR” (Sistema Universal de *Guiado Avanzado en Recintos Cerrados - Universal Advanced Guidance*

System in Enclosed Areas), um sistema de navegação para deficientes visuais em ambientes internos que usa *Ultra Wide Band* (UWB) como tecnologia de posicionamento, um banco de dados espacial e um módulo de orientação. Sua utilização requer a instalação de alguns sensores no ambiente para estimar a localização dos usuários. Para a utilização do sistema, faz-se necessário o uso de objetos como smartphones que interajam com os sensores UWB e fones de ouvido. Estes permitem uma interação com o usuário por meio de sinais acústicos e comandos de voz. O “SUGAR” permite que o usuário localize diferentes cômodos no ambiente, bem como pontos de interesse em seu interior.

Jayakody et al. (2015) oferece outra solução para o mesmo tipo de ambiente. Bengalas, cães treinados e aparelhos de GPS não fornecem soluções satisfatórias para deficientes visuais se locomoverem por seus POI em ambientes internos. Portanto, a pesquisa apresenta um novo algoritmo para inserção automática de rotulagem semântica em mapas de ambientes internos. O sistema proposto apresenta um modelo de adição de informações sobre pontos de interesse em um mapa topológico e provê uma maneira simples de incluir *tags* para construir o mapa. Por meio de POI e informação semântica, o sistema determina o caminho do usuário, localiza possíveis obstáculos em sua rota e oferece informações de navegação para ajudar os deficientes visuais na navegação. O sistema, por meio de pontos de interesse e informações semânticas, determina o caminho do usuário, localiza obstáculos na rota e fornece informações de navegação para ajudar os deficientes visuais em sua locomoção.

Apesar de Martinez-Sala et al. (2015) e Jayakody et al. (2015) oferecerem uma solução para navegação de deficientes visuais, suas abordagens focam somente em ambientes internos, ou seja, os autores não oferecem nenhuma solução para o problema de navegação em ambientes externos e, conseqüentemente, não conseguem oferecer nenhuma informação geográfica em termos de POI. Além disso, a proposta apresentada por Martinez-Sala et al. (2015), para seu funcionamento, necessita da integração de smartphones com sensores UWB para estimar a localização do usuário.

Na pesquisa de Paisios (2012), são desenvolvidos quatro sistemas móveis voltados a apoiar deficientes visuais, porém somente o primeiro apresentado (guia de navegação), testado em aparelhos Android, tem relação com o estudo aqui desenvolvido. Este guia de navegação ajuda os usuários a repetir caminhos que já foram, em algum momento, realizados por eles em qualquer ambiente interno. Para o efetivo funcionamento desse sistema, o usuário deve passar por uma fase de treinamento. Nesta fase, o sistema correlaciona a trajetória física do usuário com as leituras do sensor Wi-Fi e acelerômetro

do dispositivo móvel para construir um mapa virtual topológico dos caminhos. Isso é necessário para mitigar os erros gerados pelo uso dos sensores, anteriormente citados, durante o treinamento. Para a navegação, o sistema infere a localização atual do usuário no mapa topológico e usa os sensores Wi-Fi e acelerômetro para navegar o usuário para qualquer ponto final pré-gravado dentro do ambiente.

A fim de prover esta solução, Paisios (2012) utiliza o sensor Wi-Fi para detectar os pontos de acesso disponíveis e a força do sinal para detectar as áreas distintas dentro do ambiente interno e suas relações topológicas. O acelerômetro é utilizado para determinar a velocidade de locomoção do usuário e, a partir disso, os comprimentos das regiões de locomoção. Ao caminhar, o usuário pode usar gestos de deslize para marcar os retornos das rotas e utilizar o reconhecimento de fala para marcar pontos, no ambiente, que possuem alguma utilidade para ele (por exemplo, fonte de água). Durante a locomoção, as instruções de navegação (se locomover de forma retilínea ou fazer curvas em determinadas áreas), enviadas pelo aplicativo móvel, são enviadas via TTS ou feedbacks vibratórios para indicar para o usuário informações como andar diretamente ou virar nos pontos corretos. Instruções também são fornecidas quando o usuário está próximo a um retorno em seu caminho e antes de chegar a seu destino.

Na pesquisa de Paisios (2012) é apresentada uma solução para navegação em ambiente interno que interage com diversos sensores disponíveis nos smartphones atuais, desconsiderando a navegação em ambientes externos que também é extremamente necessária para deficientes visuais. Além disso, apesar dos usuários, utilizando o sistema, poderem marcar pontos, dentro de um ambiente, que possuem alguma relevância para eles, essas informações não são compartilhadas. Isto se torna um ponto muito negativo, pois impõe um bloqueio no compartilhamento de informações entre os usuários do sistema.

3.3 MAPAS ACESSÍVEIS

Na área de disponibilização acessível de informações presentes em mapas, destacam-se algumas pesquisas como a de Calle-Jiménez e Luján-Mora (2015). Os autores introduzem uma solução alternativa para melhorar a acessibilidade de mapas geográficos utilizando a técnica de Crowdsourcing e a especificação Scalable Vector Graphics Tiny (SVG Tiny - www.w3.org/TR/SVGTiny12/) por meio de uma aplicação móvel. Os autores utilizam a técnica de Crowdsourcing para identificação das

características acessíveis dos ambientes (por exemplo, a presença de rampas, escadas rolantes e estacionamentos disponíveis). A aplicação permite que os usuários, independentemente de onde estiverem, interajam com o sistema, adicionando informações de acessibilidade e descrições dos elementos que compõem um ambiente no mapa. Ao se selecionar um elemento do mapa, uma janela é exibida para que informações de acessibilidade sobre esse elemento possam ser adicionadas. Por meio destas informações, são adicionadas ao mapa notações SVG-Tiny que, posteriormente, podem ser interpretadas pelos leitores de telas atuais para prover informações em forma de mensagens auditivas, solucionando alguns dos problemas de acessibilidade em mapas virtuais.

Calle-Jiménez e Luján-Mora (2015) apresentam uma solução que caminha para a disponibilização de informações acessíveis, para deficientes visuais, presentes em mapas. Porém, este grupo de usuários possui necessidades mais profundas, como por exemplo, formas diferenciadas de exploração de mapas. A deficiência visual implica que a interação com o mapa seja tátil ou, de alguma forma, gestual com feedback auditivo ou vibratório.

Kaklanis et al. (2013a, 2013b, 2013c), apresentam o “Open Touch/Sound Maps”, um mapa interativo multimodal com feedback tátil e saída de áudio, utilizando dados providos pelo OpenStreetMap (OSM). Trata-se de uma aplicação móvel para o sistema operacional Android, que tem o objetivo de prover mapas interativos acessíveis para deficientes visuais. A interação multimodal é dada por efeitos sonoros e vibratórios e por meio de Text-To-Speech (TTS); essas características são utilizadas para a recuperação da informação por meio de exploração tátil de qualquer área presente no mapa da aplicação. A interação com o software, explorando o mapa, ocorre quando os usuários manipulam a tela sensível ao toque do dispositivo móvel. Caso o toque seja em uma via ou em um ponto de interesse (POI), a ferramenta retorna um feedback de vibração, enquanto que efeitos sonoros e o módulo TTS são os responsáveis por proverem o feedback de áudio em relação à distância de possível cruzamento de vias ou nomes de estradas e POI. Apesar da ferramenta não utilizar soluções próprias de Crowdsourcing ou VGI para aquisição de dados, ela utiliza mapas do OSM que, por sua vez, é uma solução já bem resolvida em termos de utilização dessas abordagens.

Uma crítica à pesquisa de Kaklanis et al. (2013a, 2013b, 2013c) é que, como a interação com o mapa é por meio do toque na tela do dispositivo móvel, implica que a aplicação proposta pelos autores não pode ser utilizada em dispositivos com telas

pequenas (pro exemplo, smartphones). Além do mais, a solução proposta pelos autores pode causar desconforto naqueles indivíduos que possuem dedos mais largos (mesmo em telas maiores, como em tablets), dificultando ou mesmo inutilizando a utilização da aplicação.

3.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentre os principais desafios desta área de pesquisa, estão a obtenção atualizada de informações e a exatidão desses dados em termos geográficos. Além disso, outra dificuldade encontrada é a disponibilização de uma interface acessível que contemple todas as informações necessárias para a utilização satisfatória do *software* pelos usuários deficientes visuais.

As pesquisas descritas representam um avanço na área de navegação para deficientes visuais, apresentando meios para identificação de ambientes acessíveis e disponibilização de interfaces para manipulação de mapas para esses usuários.

O Quadro 1 apresenta as pesquisas descritas anteriormente, relacionando-as quanto a diversos fatores, como: saída por vibração e efeitos sonoros; conversor de texto em voz (Text to Speech - TTS) e disponibilização de mapas acessíveis para deficientes visuais. O símbolo “X” significa que a característica da coluna em questão está presente em uma determinada pesquisa presente em uma linha do quadro.

Em relação ao Quadro 1, a primeira coluna representa as pesquisas que propõem soluções que possuem saída vibratória ou sonora com o objetivo de notificar o usuário sobre algo, por exemplo, um obstáculo.

A segunda coluna, diferente da anterior, refere-se a mensagens enviadas, utilizando certo idioma, para informar mais detalhes sobre o ambiente, por exemplo.

Por fim, a última coluna apresenta quais as pesquisas contemplam softwares com mapas que possuem interação com usuário via outros métodos além da visão.

Quadro 1 - Estado da Arte no Contexto de Navegação Acessível para Deficientes Visuais

Pesquisa	Efeitos Vibratórios ou Sonoros	Mensagens Auditivas	Mapas Acessíveis para Deficientes Visuais
Geocrowdsourcing Testbed			
Calle-Jiménez e Luján-Mora (2015)	X	X	X
Open Touch/Sound Maps	X	X	X
Martinez-Sala et al. (2015)	X		
Jayakody et al. (2013)			
Paisios (2012)	X	X	
Zeng e Weber (2015)	X	X	
Liao (2014)	X	X	
Solução Proposta	X	X	X

Fonte: Produzido pelo autor

O Quadro 2 categoriza as mesmas pesquisas, porém relacionadas a outros fatores. A primeira delas se refere à navegação em ambientes externos (parques, praças, calçadas, dentre outras). A segunda coluna trata da coleta de dados geográficos utilizando sensores humanos (VGI). A terceira coluna aborda a viabilidade da coleta de obstáculos utilizando aplicações móveis. A quarta coluna especifica quais estudos oferecem a opção de correção da posição do obstáculo, coletado via GPS, por meio da interface do software desenvolvido; um exemplo disto são aplicações que também contam com a contribuição de não deficientes visuais. Portanto, estas também possuem uma interface visual e podem disponibilizar uma funcionalidade de correção de localização via esta interface.

A quinta coluna faz referência à funcionalidade de, utilizando algum sistema de referência, descrever os componentes (obstáculos ou POI) que fazem parte do ambiente que o usuário deficiente visual está envolvido.

Por fim, na última coluna, é possível encontrar a funcionalidade de descrição dos componentes (POI e obstáculos) do ambiente, baseado em uma determinada direção especificada pelo usuário.

No Quadro 2, o símbolo “X” significa que a característica da coluna em questão está presente em uma determinada pesquisa presente em uma linha do quadro.

Quadro 2 - Estado da Arte no Contexto de Navegação Acessível para Deficientes Visuais (demais comparações)

Pesquisa	Navegação em Ambientes Externos	Coleta de Dados Geográficos utilizando a técnica VGI	Coleta de Obstáculos por meio de Aplicação Móvel	Correção de Posição	Descrever o ambiente ao redor de um usuário	Descrever o ambiente ao entorno de uma determinada direção
Geocrowdsourcing Testbed	X	X	X			
Calle-Jiménez e Luján-Mora (2015)						
Open Touch/Sound Maps						
Martinez-Sala et al. (2015)						
Jayakody et al. (2013)		X				
Paisios (2012)						
Zeng e Weber (2015)	X					
Liao (2014)	X	X				
Solução Proposta	X	X	X	X	X	X

Fonte: produzido pelo autor

Neste capítulo, foram discutidos alguns estudos relacionados à pesquisa realizada neste mestrado, incluindo investigações nas áreas de *Crowdsourcing*, VGI, navegação em ambientes externos, navegação em ambientes internos e mapas acessíveis. Como pode ser observado no Quadro 1 e no No Quadro 2, o símbolo “X” significa que a característica da coluna em questão está presente em uma determinada pesquisa presente em uma linha do quadro.

Quadro 2, a pesquisa desenvolvida neste mestrado contempla funcionalidades inovadoras, quando comparadas ao estado da arte.

No próximo capítulo, será apresentada a solução proposta: A plataforma de auxílio à mobilidade de deficientes visuais.

4 PLATAFORMA DE AUXÍLIO À MOBILIDADE DE DEFICIENTES VISUAIS

Este capítulo apresenta a solução acessível desenvolvida no mestrado, capaz de auxiliar na navegação de deficientes visuais. Trata-se de uma plataforma colaborativa baseada em Informação Geográfica Voluntária que tem usuários deficientes visuais como público alvo. A solução proposta tem como objetivo prover um ambiente que auxilia a navegação de deficientes visuais considerando obstáculos que possam oferecer perigos aos usuários.

A Seção 4.1 apresenta considerações importantes a respeito do desenvolvimento da plataforma, suas principais entidades (Backend, Mapas, Serviço de Acessibilidade, Aplicativo móvel e Serviço de POI), o sistema de referência adotado para navegação, as funcionalidades desenvolvidas e as características acessíveis da plataforma. Em seguida, a Seção 4.2 discute os principais componentes da arquitetura relacionados à Aplicação Móvel e o Backend e os algoritmos desenvolvidos para tratar os principais problemas encontrados. Por fim, a Seção 4.3 apresenta as considerações finais.

4.1 A PLATAFORMA

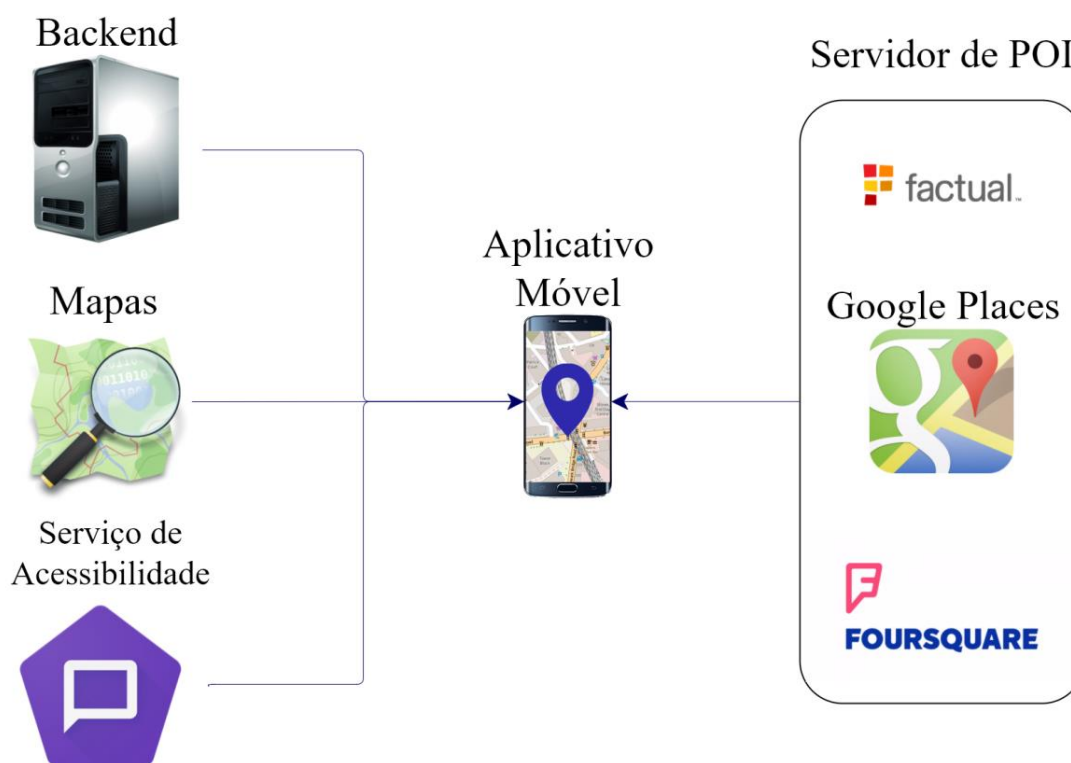
Esta seção apresenta, em detalhes, as funcionalidades implementadas nesta plataforma: Mapa Acessível, Adição de Obstáculos, Filtro, Navegação Acessível, Exploração de Objetos à Frente, Radar de POI. Além disso, discutem-se os principais diferenciais da plataforma em relação aos estudos discutidos no Capítulo 3. Em seguida, é apresentada a arquitetura utilizada para o desenvolvimento da plataforma e as entidades que a compõem. Por fim, a arquitetura da plataforma é detalhada em termos de componentes e serviços que são providos para seus usuários.

4.1.1 Conceitos Gerais

Para o desenvolvimento da plataforma, foi necessária a concepção de cinco entidades básicas, como mostrado na Figura 2. A Entidade 1 é o *Backend* que tem o objetivo de armazenar e processar a localização de vários obstáculos, reportados pelos usuários. Este processamento é necessário para evitar duplicação de dados e diminuir o erro geográfico dos dados coletados.

A Entidade 2, chamada de Mapas, funciona como um Servidor de Mapas e utiliza o OSM, uma vez que este proporciona uma grande gama de informações geográficas gratuitas de boa qualidade, de fácil acesso e baseada em sensores humanos. A Entidade 3 é o Serviço de Acessibilidade, o qual provê as características acessíveis do *software* e utiliza o *Talkback* (recurso de acessibilidade nativo do *Android*). A Entidade 4 trata-se do Aplicativo Móvel que é utilizado para disponibilização das funcionalidades da plataforma para os usuários finais. Por fim, a Entidade 5 se refere ao Servidor de POI, o qual é composto por 3 serviços externos para obtenção de POI na plataforma. Para tanto, foram utilizados os serviços disponibilizados pelas API do *Foursquare*, *Google Places* e *Factual*.

Figura 2 – Entidades da plataforma



Fonte: Produzido pelo Autor

A solução desenvolvida nesta pesquisa consiste em uma plataforma acessível que visa oferecer a deficientes visuais formas eficientes de navegar e explorar ambientes abertos, detectando obstáculos e POI, tanto ao redor do usuário quanto em direções específicas. Para isso, a plataforma oferece: uma aplicação móvel, composta por uma interface acessível para deficientes visuais, que dispõe de funções de navegação e de descrição do ambiente e envia mensagens sonoras; um mecanismo baseado em VGI que permite que os próprios usuários

reportem a existência de obstáculos encontrados durante as suas experiências de navegação; um serviço capaz de explorar o ambiente onde o usuário está inserido (detectar POI e obstáculos), com base em determinadas direções especificadas pelo usuário; um gerador de rotas (da posição do usuário até um determinado POI) capaz de quantificar o grau de dificuldade dos obstáculos presentes nas rotas e na distância até o destino; por fim, um sistema de navegação que, independente do deficiente visual estar seguindo uma rota ou não, descreve o ambiente ao seu redor, lançando mão de mensagens de áudio para informar sobre obstáculos e POI, bem como avisos vibratórios para alertar sobre locais mais perigosos. A plataforma utiliza dados geográficos no sistema de referência World Geodetic System 1984 (WGS-84), uma vez que grande parte das entidades também utiliza este sistema de referência, como o OSM, Factual, Google Places e Foursquare. Assim, isto facilita o processamento dos algoritmos a serem explicados na Seção 4.2.2.

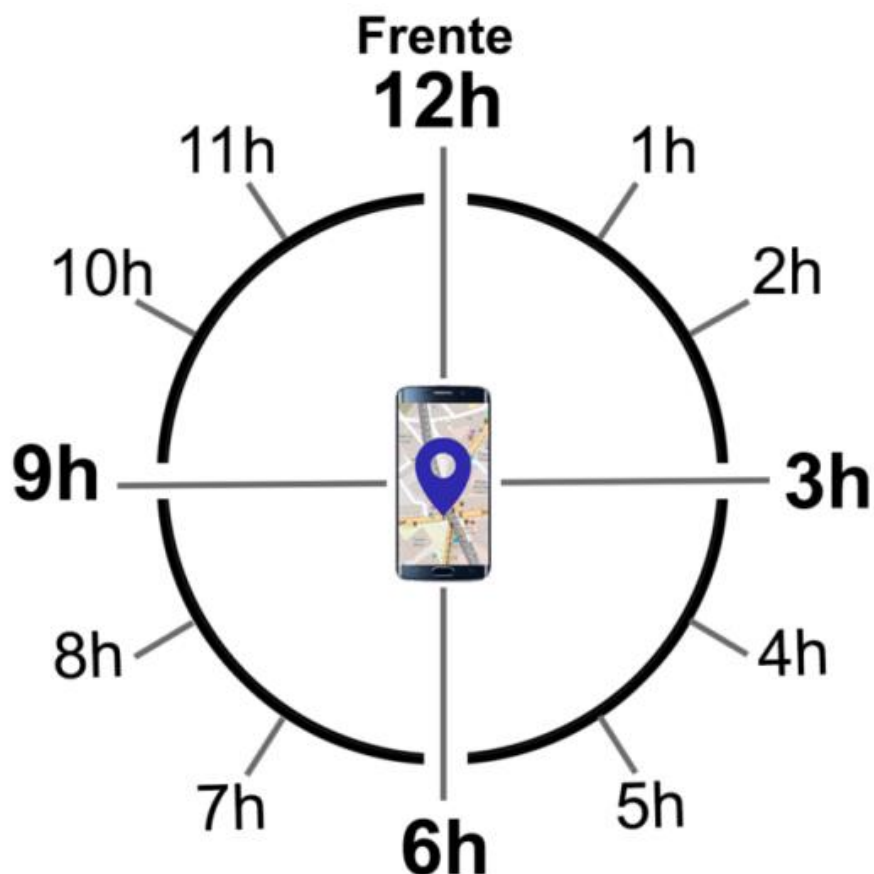
4.1.2 O Sistema de Referência Relógio

Com base as entrevistas realizadas com os deficientes visuais, avaliou-se várias formas de descrever direções (sistema de referência) de forma auditiva para os deficientes visuais, como usar os termos frente, trás, esquerda e direita; porém, esse “sistema” só proporciona quatro direções e um usuário deficiente visual precisa de formas para definir direções e sentidos mais apurada. Foi avaliado também outro sistema utilizando a Rosa dos Ventos (Norte, Nordeste, Leste, Sudeste, Sul, Sudoeste, Oeste, Noroeste), entretanto, os usuários possuem dificuldade em se orientar por esse sistema, uma vez que precisam descobrir, pelo menos, onde se localiza um ponto da Rosa dos Ventos para identificarem o restante das direções.

Assim, baseado nas discussões com os deficientes visuais, notou-se que muitos deles têm conhecimento do relógio analógico e do posicionamento de cada número. Além disso, os que não conheciam tiveram facilidade em entender como funciona este tipo de relógio. Baseado nisso, foi testado, com os deficientes visuais, um sistema de referência que utiliza o relógio analógico como modelo de referência. Esta técnica consiste em situar o usuário como se ele estivesse no centro de um relógio analógico. A frente do usuário corresponde às 12 horas, à direita 3 horas, atrás 6 horas e à esquerda 9h (Representado na Figura 3). Os outros números do relógio analógico representam as localizações intermediárias: a posição representada por 1 hora se localiza a 30 graus a direita da representada por 12 horas. A partir disso, adotou-se esse sistema para as funcionalidades *do software*.

Assim, um exemplo da utilização desse sistema de referência pode ser dado na navegação do usuário utilizando o Aplicativo Móvel. Ou seja, na utilização da aplicação móvel para a navegação, o aplicativo, imediatamente, procura por obstáculos e POI ao redor do usuário. Ao encontrar algo, um algoritmo de localização é executado relacionando a posição, direção e sentido da locomoção do usuário com a posição do obstáculo. Assim, o sistema referencia à localização de tal obstáculo em termos de horas. Ou seja, caso o obstáculo esteja à frente do usuário, uma mensagem é apresentada informando a distância e a posição deste (neste caso a posição de 12 horas). Neste mesmo cenário é possível identificar POI e obstáculos em todas as localizações baseadas no relógio; por exemplo, em localizações como à direita (3h), à esquerda (9h) e atrás do usuário (6h).

Figura 3 - Sistema de Referência



Fonte: Produzido pelo Autor

4.1.3 Mapa Acessível para Deficientes Visuais

A aplicação móvel foi desenvolvida para ser explorada tanto por deficientes visuais como por não deficientes visuais, na utilização das diversas funções desenvolvidas: Identificação Voluntária de Obstáculos, Navegação, Exploração Retilínea de Objetos à Frente e Radar de POI (explicados nas próximas seções). Portanto, este *software* possui uma interface gráfica visando, também, a interação dos usuários com visão normal e, a partir do momento que o *Talkback* é ativado, a aplicação passa a funcionar de forma acessível, enviando mensagens auditivas e vibratórias.

A aplicação móvel foi idealizada baseada nos estudos discutidos no Capítulo 3 e em entrevistas, no início da pesquisa, com o grupo de deficientes visuais do Instituto dos Cegos, na cidade de Campina Grande - PB. A partir disso, este aplicativo foi desenvolvido e evoluído à medida que os usuários (deficientes visuais e não deficientes visuais) utilizavam a aplicação e relatavam suas experiências, objetivando sempre o funcionamento de maneira simples, visando facilitar a sua utilização.

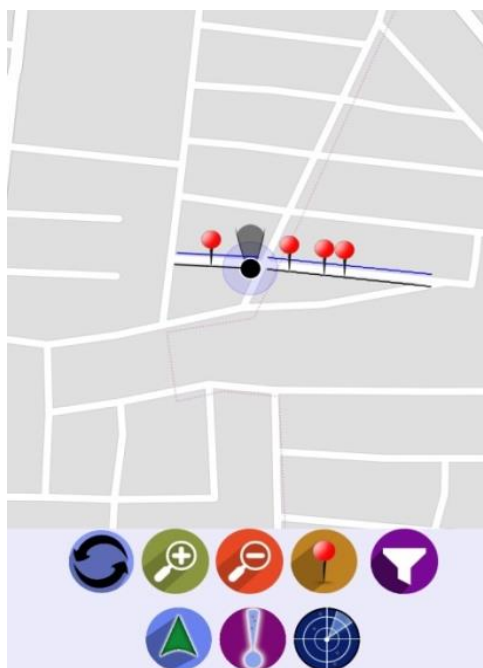
A aplicação possui uma barra de ferramentas, adaptada de acordo com o perfil do usuário (deficiente visual ou não) que executam os seguintes comandos (da esquerda para a direita e de cima para baixo): Atualizar Mapa (obter todos os dados referentes à POI, obstáculos e dados de referência); *Zoom In* e *Zoom Out* (exibido apenas para não deficientes visuais); Adição de Obstáculos (utilizando a técnica de VGI); Filtro (seletor de que informações devem ser exibidas no mapa); Navegação (descrevendo obstáculos e POI no caminho do usuário ao redor e à frente do usuário); Exploração Retilínea de Objetos à Frente; e, por fim, Radar de POI. Cada funcionalidade citada anteriormente será explicada em detalhes nas seções posteriores.

Ao iniciar a aplicação, o usuário responde, por meio de uma janela, se ele é deficiente visual ou não, isto é usado para configurar as opções que serão exibidas para o usuário. Por exemplo, os comandos de *zoom* que não são úteis aos deficientes visuais, são omitidos para estes usuários. Em seguida, é plotado um mapa (utilizando a API do OSM para Android) na tela e a posição do usuário é centralizada neste. A partir disso, o usuário possui vários comandos de navegação e exploração a sua disposição, apresentados a seguir.

A Figura 4 apresenta o mapa acessível exibido na tela inicial *do software*. O ícone preto no centro do mapa representa a posição do usuário. Quando o indivíduo está em movimento, este ícone se torna uma flecha verde apontando para o sentido do deslocamento. A figura em forma de ângulo que está ligado ao usuário representa para onde o giroscópio do smartphone aponta. Marcadores vermelhos informam a localização dos obstáculos, os amarelos indicam a

localização dos Pontos de Interesse e os azuis representam Dados de Referência (obstáculos obtidos pelo próprio desenvolvedor). Os Dados de Referência são utilizados apenas para fins experimentais, ou seja, não são usados em nenhuma funcionalidade *do software* móvel (assunto abordado na Seção 5).

Figura 4 – Interface Inicial do Aplicativo Móvel



Fonte: Produzido pelo Autor

4.1.3.1 Mensagens Auditivas

Uma vez que a aplicação deve ser acessível para deficientes visuais, todas as informações apresentadas pela aplicação devem ser controladas de tal forma a disponibilizar mensagens satisfatórias para o usuário. Portanto, toda a interface da aplicação é compatível com a ferramenta de acessibilidade do Android, o Talkback. A fim de alcançar esse objetivo, todas as mensagens de áudio da aplicação somente são apresentadas caso nenhuma outra mensagem esteja sendo enviada no momento. Isto faz com que os usuários deficientes visuais não recebam mais de uma mensagem ao mesmo tempo, eliminando a dificuldade da interpretação da informação.

Para que as mensagens auditivas sejam controladas desta forma, foi desenvolvida uma técnica que coloca as mensagens de áudio em uma fila e apresenta as mensagens uma após a outra evitando sobreposição de mensagens.

4.1.4 Os comandos de *Zoom*

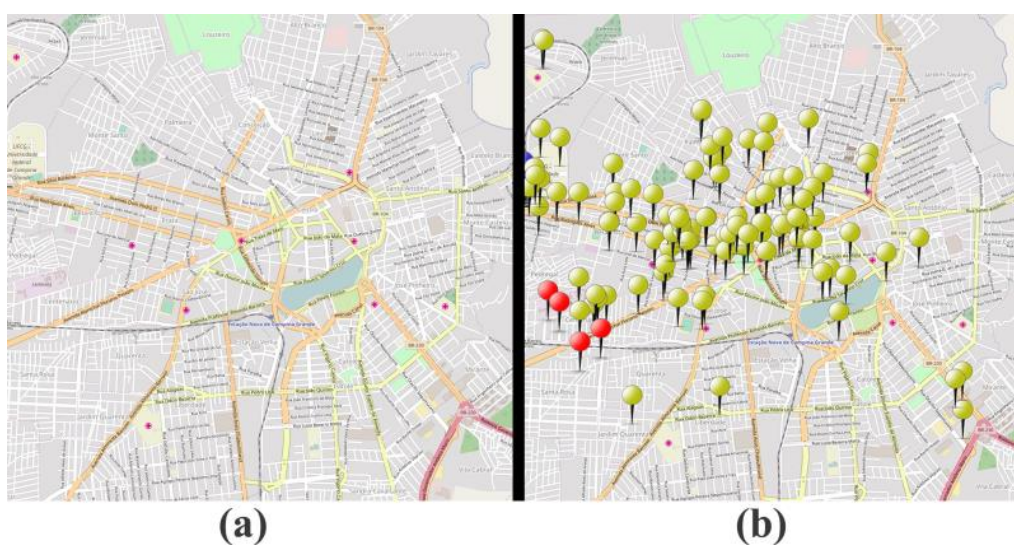
Estes comandos servem para aproximar e afastar o mapa e foram inseridos na aplicação visando atender usuários com visão normal que desejem explorar o mapa para adição de obstáculos de forma mais eficiente.

4.1.5 Atualização de Mapa

O botão de atualização requisita do *Backend* dados atualizados referentes aos obstáculos já processados (assunto abordado na Seção 4.2) e aos POI, plota-os no mapa e armazena os dados na aplicação para serem processados por outros comandos. Este comando é executado automaticamente ao iniciar a aplicação. Porém, caso o usuário deseje checar se houve alguma alteração nos dados exibidos no mapa, basta utilizar este botão.

Na Figura 5, é possível visualizar um exemplo do efeito da funcionalidade descrita. A Figura 5 – Funcionalidade de atualização de mapa-(a), representa o mapa sem nenhum dado plotado e a Figura 5 – Funcionalidade de atualização de mapa(b) representa o mapa após o efeito de atualização. No mapa os ícones em vermelho representam os obstáculos e os em amarelo exibem os POI.

Figura 5 – Funcionalidade de atualização de mapa



Fonte: Produzido pelo Autor

4.1.6 Adição de Obstáculos ou Coleta de Obstáculos

O comando de Adição de Obstáculos é o primeiro passo no momento do usuário registrar algum obstáculo em seu caminho. Após clicar neste botão, o usuário é direcionado para outra tela que apresenta os tipos de obstáculos passíveis de cadastro na plataforma, conforme mostrado na Figura 6 (a). Nesta tela, o usuário pode escolher qual obstáculo quer cadastrar.

Após a escolha do tipo de obstáculo, o sistema captura automaticamente a posição do usuário, uma vez que este possui um erro menor que 20 metros. Erros maiores que este, de acordo com testes realizados em laboratório, podem gerar resultados negativos nos algoritmos de processamento de obstáculos especificados na Seção 4.2.1.2.

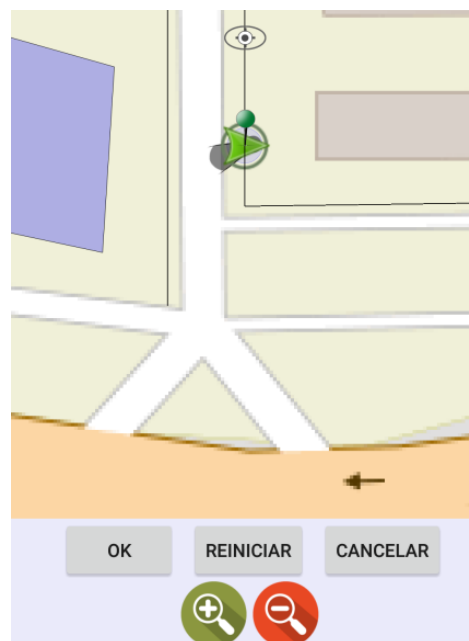
Em seguida, outra janela se abre perguntando qual o nível de perigo do obstáculo capturado, conforme mostrado na Figura 6 (b). Para o usuário, este fator se refere ao nível de perigo que o obstáculo oferece a sua saúde; “Muito Baixo” significa menor perigo possível, enquanto “Muito Alto” significa maior perigo possível. Como a posição geográfica de um obstáculo, capturado por meio do GPS, pode ser imprecisa (como descrito no Capítulo 2), faz-se necessário a criação de formas para mitigar este problema. Uma delas, desenvolvida nesse estudo é a funcionalidade de correção de posição do obstáculo manualmente, caso o usuário não seja deficiente visual. Ou seja, após o usuário (especificamente o não deficiente visual) definir o nível de perigo do obstáculo, o Aplicativo Móvel pergunta se ele deseja corrigir a posição geográfica do obstáculo de forma manual. Assim, se o usuário aceitar, o ícone de localização do obstáculo torna-se móvel e o usuário pode movê-lo para o local no mapa que ele acredita ser mais próximo do obstáculo real (Figura 7). Por fim, a aplicação móvel entra em contato com o *Backend* e cadastra o obstáculo. Outras formas para mitigar o erro de captura da posição via GPS é discutida na Seção 4.2.1.2.

Figura 6 - Telas de Adição de Obstáculos do Aplicativo Móvel



Fonte: Produzido pelo Autor

Figura 7 - Corrigindo Posição de um Obstáculo Manualmente no Aplicativo Móvel

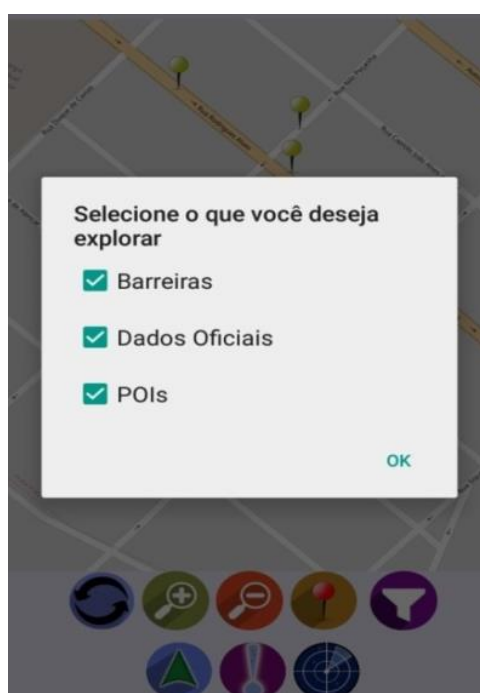


Fonte: Produzido pelo Autor

4.1.7 Filtro

Esta funcionalidade disponibiliza para o usuário uma maneira de selecionar somente o que ele deseja explorar no mapa (obstáculos, POI ou ambos), como apresentado na Figura 8. As informações selecionadas são consideradas nas funcionalidades de Navegação, Exploração Retilínea de Objetos à Frente e Radar de POI. Quando este botão é clicado, é aberta uma janela contendo as opções que o usuário pode escolher para exploração (Figura 8).

Figura 8 - Opções de Filtro presentes no Aplicativo Móvel



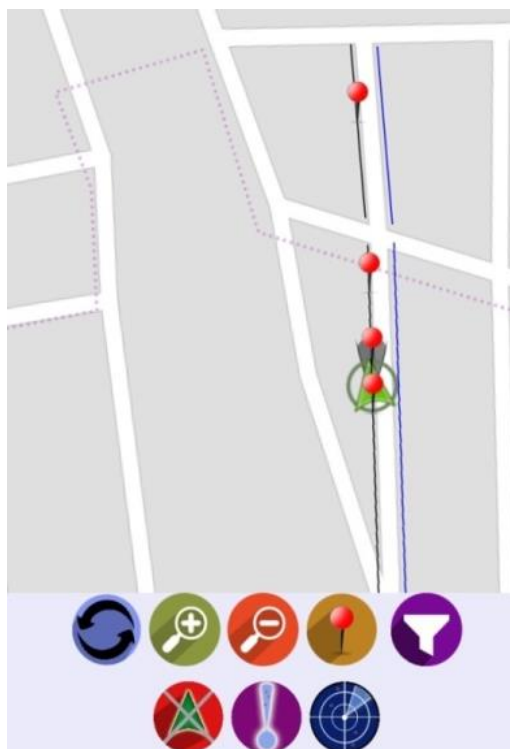
Fonte: Produzido pelo Autor

4.1.8 Navegação

A funcionalidade de Navegação é um importante diferencial deste estudo que não foi contemplado por nenhuma pesquisa relatada no Capítulo 3. Esta funcionalidade, quando ativada, auxilia o usuário em sua locomoção, avisando-o previamente sobre possíveis obstáculos ao seu redor e sobre POI que estão a suas 3h, 6h, 9h e 12h (direita, atrás, esquerda e frente). As mensagens auditivas só param quando o usuário aciona o botão de desativação de

navegação, o qual é exibido quando a opção de navegação é ativada, conforme exibido na Figura 9.

Figura 9 – Funcionalidade de Navegação do Aplicativo Móvel



Fonte: Produzido pelo Autor

4.1.9 Exploração Retilínea de Objetos à Frente

Outra contribuição importante deste estudo, que não foi desenvolvido em nenhuma pesquisa relacionada (Capítulo 3), consiste em um mecanismo para descrever componentes do ambiente, em termos de obstáculos e POI, presentes em uma certa direção, denominada Exploração Retilínea de Objetos à Frente. Esta funcionalidade apresenta para o usuário os objetos que estão em uma direção determinada pelo próprio usuário por meio do giroscópio do smartphone. Ou seja, o usuário aponta o smartphone para certa direção e a plataforma exibe para ele todos os objetos encontrados naquela direção, ordenados pela distância (os mais próximos primeiro). São exibidos no máximo seis objetos por vez. No entanto, caso o usuário deseje continuar verificando os próximos, basta clicar no botão “SIM”; caso contrário, seleciona o botão “NÃO”, ambos localizados no inferior da tela. A Figura 10 ilustra o funcionamento da funcionalidade descrita neste parágrafo.

Figura 10 – Funcionalidade de Exploração Retilínea de Objetos no Aplicativo Móvel



Fonte: Produzido pelo Autor

4.1.10 Radar de POI

Outra contribuição distinta desenvolvida neste estudo consiste em uma técnica para descrever POI que se localizam ao redor do usuário. Este mecanismo foi denominado Radar de POI. Este Radar (como mostrado na Figura 11), diferente da opção de Navegação, quando é ativado, apresenta os Pontos de Interesse encontrados em cada direção (1 hora, 2 horas e assim por diante), tomando como referência o giroscópio do smartphone. Ou seja, quando o botão de radar é clicado, a aplicação, usando o sensor de giroscópio, calcula (dentro de um raio de 50 metros a partir da posição do usuário) todos os Pontos de Interesse e suas respectivas localizações em relação ao usuário. Em seguida, é exibida uma janela que apresenta, para cada uma das 12 direções, o POI mais próximo. Caso o usuário deseje explorar mais POI, basta clicar no botão “SIM” localizado no canto inferior direito da tela. Caso contrário, clica-se no botão “NÃO”.

Figura 11 – Funcionalidade de Radar de POI no Aplicativo Móvel

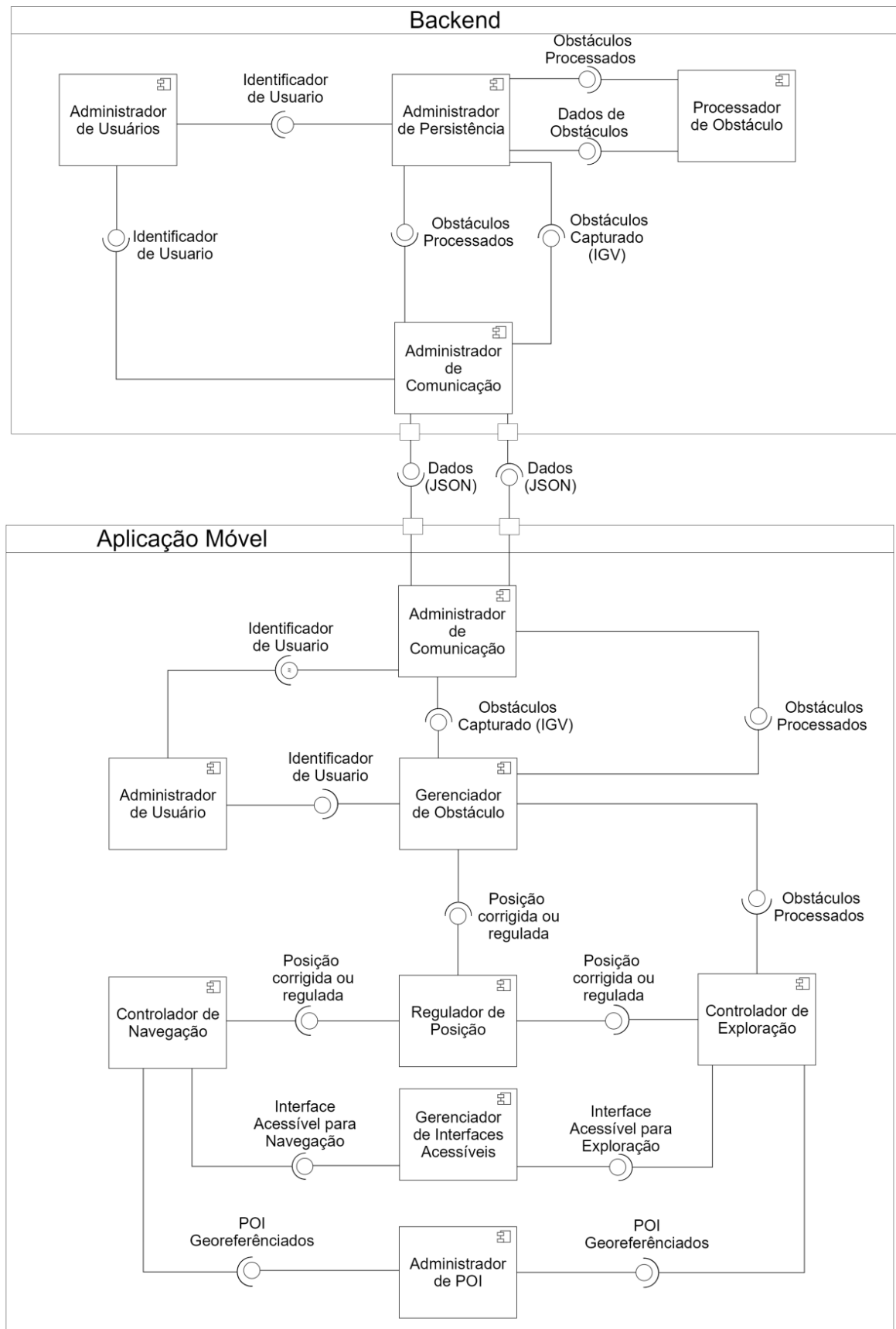


Fonte: Produzido pelo Autor

4.2 ARQUITETURA

Esta seção apresenta as finalidades e conexões dos componentes da plataforma. Estes são divididos em dois grupos: componentes pertencentes ao *software*, que funcionam no *Backend* e componentes que formam a Aplicação Móvel. Estes dois conjuntos são os responsáveis pelo funcionamento correto da plataforma, são apresentados na Figura 12 - Componentes da Plataforma e serão explicados nas seções a seguir.

Figura 12 - Componentes da Plataforma



Fonte: Produzido pelo Autor

4.2.1 Componentes do *Backend*

A seguir serão descritos todos os componentes que fazem parte do *Backend*.

4.2.1.1 Administrador de Usuários

Para o gerenciamento dos usuários da *Backend* foi necessário o desenvolvimento do Componente Administrador de Usuário. Este é o responsável por receber as solicitações e dados do Administrador de Comunicação relacionados a novos usuários da plataforma, decodificar os dados em usuários e responder com um identificador único para cada novo usuário que se integra a plataforma.

Para tanto, o Administrador de Usuário decodifica os dados enviados pelo Administrador de Comunicação e monta um usuário sem identificador. Em seguida, esse componente envia o usuário novo ao Administrador de Persistência que realizará a conexão com o Banco de Dados (BD) para persistência dos dados.

4.2.1.2 Processador de Obstáculos

Os obstáculos coletados pelos usuários precisam ser processados, a fim de evitar duplicações de dados e mitigar os erros de posicionamento geográfico, para estes dados serem utilizados de forma satisfatória nas funcionalidades providas pela plataforma (descritas na Seção 4.1). Assim, foi necessária a criação do componente denominado Processador de Obstáculos; este é o mais complexo de toda a plataforma e representa um dos maiores diferenciais deste estudo em relação ao estado da arte. Ele possui dois objetivos: (I) gerar agrupamentos dos obstáculos, coletados pelos usuários, de acordo com o tipo do obstáculo e a proximidade entre eles; (II) para cada grupo, produzir um Obstáculo Representativo (processado) que tenta se aproximar ao máximo do obstáculo real que os usuários reportaram em termos de nível de perigo e localização. Todo esse processo somente ocorre quando o Administrador do Sistema deseja atualizar os dados.

Para atender ao objetivo I, foi implementado o Algoritmo 1 e o Algoritmo 2. O Algoritmo 1 é o responsável por gerar grupos de obstáculos de um mesmo tipo e enviar estes grupos para o Algoritmo 2. Para tanto, o Algoritmo 1 recebe, como entrada, uma lista com todos os tipos de obstáculos disponíveis na Plataforma (`lista_tipos_obstaculo`) e uma lista com

todos os obstáculos cadastrados pelos usuários (lista_todos_obstaculos). Primeiramente, é criada uma lista (lista_obstaculo_por_tipo) para armazenar os grupos de obstáculos separados por tipo (linha 7). Em seguida, cria-se um laço (laço 1) para iterar por cada tipo de obstáculo dentro da lista_tipos_obstáculo (linha 8) e a lista_obstaculo_por_tipo é esvaziada, isso ocorre pois esta lista está dentro do laço. Posteriormente, cria-se outro laço (laço 2), dentro do anterior, para separar os obstáculos da lista_todos_obstaculos por tipo, ou seja, procura-se na lista_todos_obstaculos os obstáculos que são do tipo selecionado no laço 1 e adiciona-os à lista_obstaculos_por_tipo (linhas 10 - 14). Ao sair do laço 2, verifica-se se a lista_obstaculo_por_tipo não está vazia (linha 15) e, em caso positivo, chama-se o método gera_grupos_por_distancia_geografica passando como parâmetro a lista_obstáculos_pos_tipo (linha 16), este método será o responsável por gerar grupos, de obstáculos de um mesmo tipo, de acordo com uma distância geográfica específica (este método será explicado a seguir). Após o laço 1 iterar por todos os tipos, o método é encerrado.

Algoritmo 1 - Gerando Grupos de Obstáculos de Acordo com seus Tipos

```

1: ENTRADA
2:  lista_tipos_obstaculo //Lista que contém todos os tipos de obstáculos
3:  lista_todos_obstaculos //Lista que contém todos os obstáculos inseridos no BD
4: SAÍDA
5:  //Não é necessário
6: MÉTODO
7:  lista_obstaculo_por_tipo = nova lista<obstáculo>();
8:  para cada tipo existente em lista_tipos_obstaculo faça{
9:    lista_obstaculo_por_tipo.limpa()
10:   para cada obstaculo existente em lista_todos_obstaculo faça{
11:     se(obstaculo.tipo() igual tipo){
12:       lista_obstaculo_por_tipo.adiciona(obstaculo);
13:     }
14:   }
15:   se(lista_obstaculo_por_tipo não é vazia){
16:     gera_grupos_por_distancia_geografica(lista_obstaculo_por_tipo);
17:   }
18: }
```

Fonte: Produzido pelo Autor

O Algoritmo 2 é o responsável por gerar grupos de acordo com a distância entre os obstáculos de um mesmo tipo utilizando o algoritmo *DBScan*. Para tanto, ele recebe como entrada uma lista contendo obstáculos de um mesmo tipo (lista_obstaculos_por_tipo). O início do algoritmo (linhas 6 - 10) trata da instanciação de variáveis de controle, são elas: mod_dist

que é o modelo para cálculo da distância em metros entre obstáculos; r é o raio máximo, em metros, a ser considerado no *DBScan* para agrupamento dos obstáculos, ou seja, refere-se ao valor ϵ (épsilon) do algoritmo; mp é o mínimo de pontos para ser formado um grupo; `lista_grupos` é a lista que armazena os grupos de obstáculos gerados pelo *DBScan*; `id_grupo` é a variável que armazena o id de um grupo a ser inserido no BD. Em seguida, utilizando o algoritmo *DBScan*, gera-se os grupos de obstáculos por distância. Para isto, o *DBScan* recebe como parâmetros as variáveis r , mp e `mod_dist` para gerar os grupos (linha 11). O próximo passo é criar um laço (laço 1), que serve para acessar os grupos na `lista_grupos` e incrementar o `id_grupo` (linha 12-13). Por fim, cria-se outro laço (laço 2) dentro do anterior, que serve para iterar nos obstáculos pertencentes a cada grupo e inseri-los no BD (linhas 14-17).

Algoritmo 2 - Gerando Grupo de Obstáculos de Tipos Iguais de Acordo com a Distância entre Eles

```

1: ENTRADA
2: lista_obstaculos_por_tipo //Conjunto de obstaculos de um tipo específico
3: SAÍDA
4: //Não é necessário
5: MÉTODO
6: Mod_dist = novo modelo_distancia() //modelo de calculo de distância em metros
7: r = 4; //raio máximo de um ponto a outro para determinar se estes são de um mesmo grupo.
8: mp = 4; //mínimo de pontos para se formar um grupo
9: lista_grupos = nova lista<grupo>() //lista para armazenar grupos de obstáculos calculados de acordo com
   distância em metros entre eles
10: id_grupo = -1; //identificador de grupo
11: lista_grupos = DBSCAN_gera_grupos(r, mp, mod_dist)
12: para cada grupo existente em lista_grupos faça {
13:   id_grupo++;
14:   para cada obstaculo existente em grupo faça{
15:     insere_obstaculo_pertencente_a_grupo_no_BD(id_grupo, obstaculo.tipo(), obstaculo.isFixa(),
16:                                               obstaculo.nivelPerigo(),obstaculo.latidute(), obstaculo.longitude());
17:   }
18: }
```

Fonte: Produzido pelo Autor

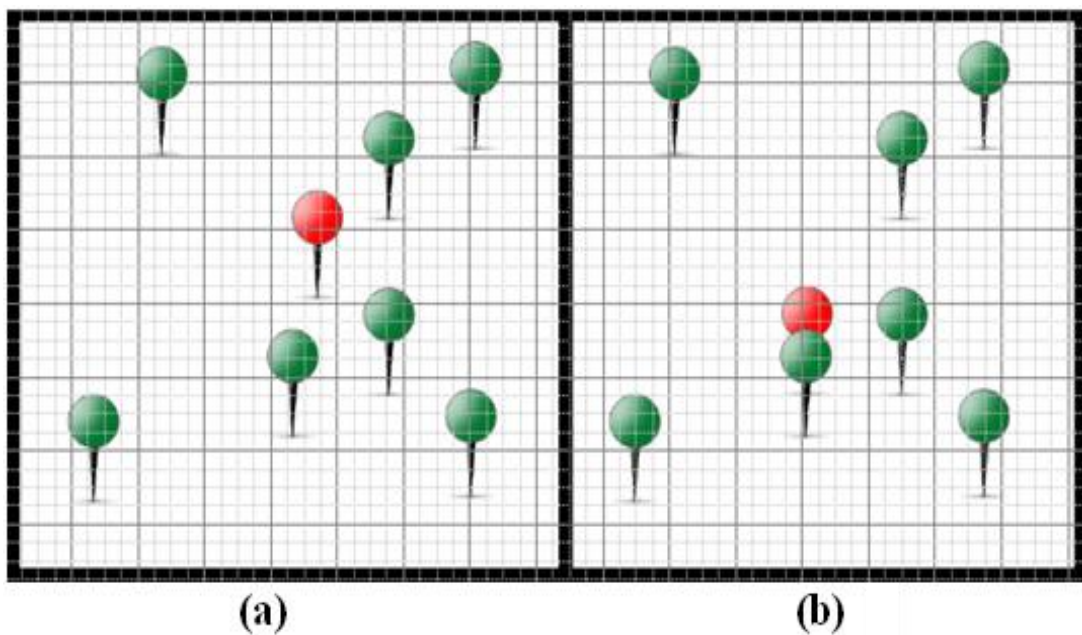
Ou seja, para o objetivo I, a Plataforma agrupa os obstáculos por tipo (`lista_tipos_obstaculos`). Posteriormente, cada grupo de tipos é subdividido (utilizando a biblioteca de agrupamento *DBScan*) em mais grupos que agora possuem obstáculos do mesmo tipo e próximos entre si em termos de localização. Por fim, os obstáculos são inseridos no BD de acordo com seus grupos. Portanto, ao final do processo, têm-se vários grupos (grupos representativos) de obstáculos de um mesmo tipo e com localização geográfica semelhante. Todo o processo descrito anteriormente foi realizado de acordo com o Algoritmo 1 e o Algoritmo 2.

No Algoritmo 2, o valor 4 atribuído á variável “mp”, foi utilizado pois, de acordo com os experimentos de Martin et al (1996), valores superiores a esse não possuem diferença significativa no resultado e também não necessitam de uma computação consideravelmente maior para sua execução. Além disso, no Algoritmo 2 este valor (“mp” = 4) o valor 4 metros atribuído a variável “r” foram utilizados, também, porque são os que melhor geraram Obstáculos representativas em termos de proximidade ao obstáculo real utilizando o banco de dados criado para o experimento. Foram testados vários valores, porém estes foram os mais satisfatórios tratando-se de posição geográfica.

Visando alcançar o objetivo II, para cada grupo representativo criado, gera-se um Obstáculo Representativo do mesmo tipo. Para geração deste obstáculo, foram elaborados métodos para estimar a localização e o nível de perigo que melhor representem o grupo correspondente.

Para estimar o posicionamento geográfico do Obstáculo Representativo de cada grupo, foram avaliadas três técnicas, buscando a que melhor que se aproximava, em termos de localização, dos obstáculos presentes no mundo físico: (a) calcular a média das posições dos obstáculos (centroide); (b) calcular a mediana das posições dos obstáculos. A Figura 13 representa um exemplo do resultado da aplicação das técnicas a e b

Figura 13 - Técnicas para Geração de Obstáculo Representativo



Fonte: Produzido pelo Autor

Estas técnicas foram implementadas utilizando recursos do SGBD PostgreSQL e sua extensão espacial PostGIS. No Capítulo 5 são discutidos os resultados obtidos pela aplicação de cada uma destas técnicas.

A estimação do nível de perigo de cada Obstáculo Representativo é realizada de acordo com o Algoritmo 3 - Gerando Obstáculos Representativos. Este algoritmo recebe como entrada uma lista contendo os grupos de obstáculos gerados pelo Algoritmo 2. Em seguida, é criada uma variável do tipo obstáculo representativo (linha 6), utilizada para armazenar temporariamente valores calculados a partir dos grupos que serão posteriormente persistidos no BD, no laço definido em seguida (linhas 7 a 13). Dentro do laço, o primeiro passo é definir o tipo do obstáculo representativo, que corresponde ao tipo do grupo de obstáculos (linha 8). O passo seguinte é definir a posição do obstáculo representativo de acordo com a Técnica “a” (linha 9) e a Técnica “b” (linha 10). Os métodos `gera_ponto_por_media` (linha 9) e `gera_ponto_por_mediana` (linha 10) calculam a média e a mediana das latitudes e longitudes dos obstáculos pertencentes a um grupo e retornam um ponto com esses dados. Em seguida, na linha 11, define-se o nível de perigo do obstáculo representativo, que corresponde à moda dos valores de nível de perigo de cada obstáculo contido no grupo (o nível de perigo é uma variável de Likert, contendo os seguintes valores: Muito Baixo, Baixo, Médio, Alto e Muito Alto). O valor da moda é calculado no método `calcula_moda`. Por fim, o obstáculo representativo é inserido no BD (linha 12) e o laço recomeça para o próximo grupo da lista.

Algoritmo 3 - Gerando Obstáculos Representativos

```

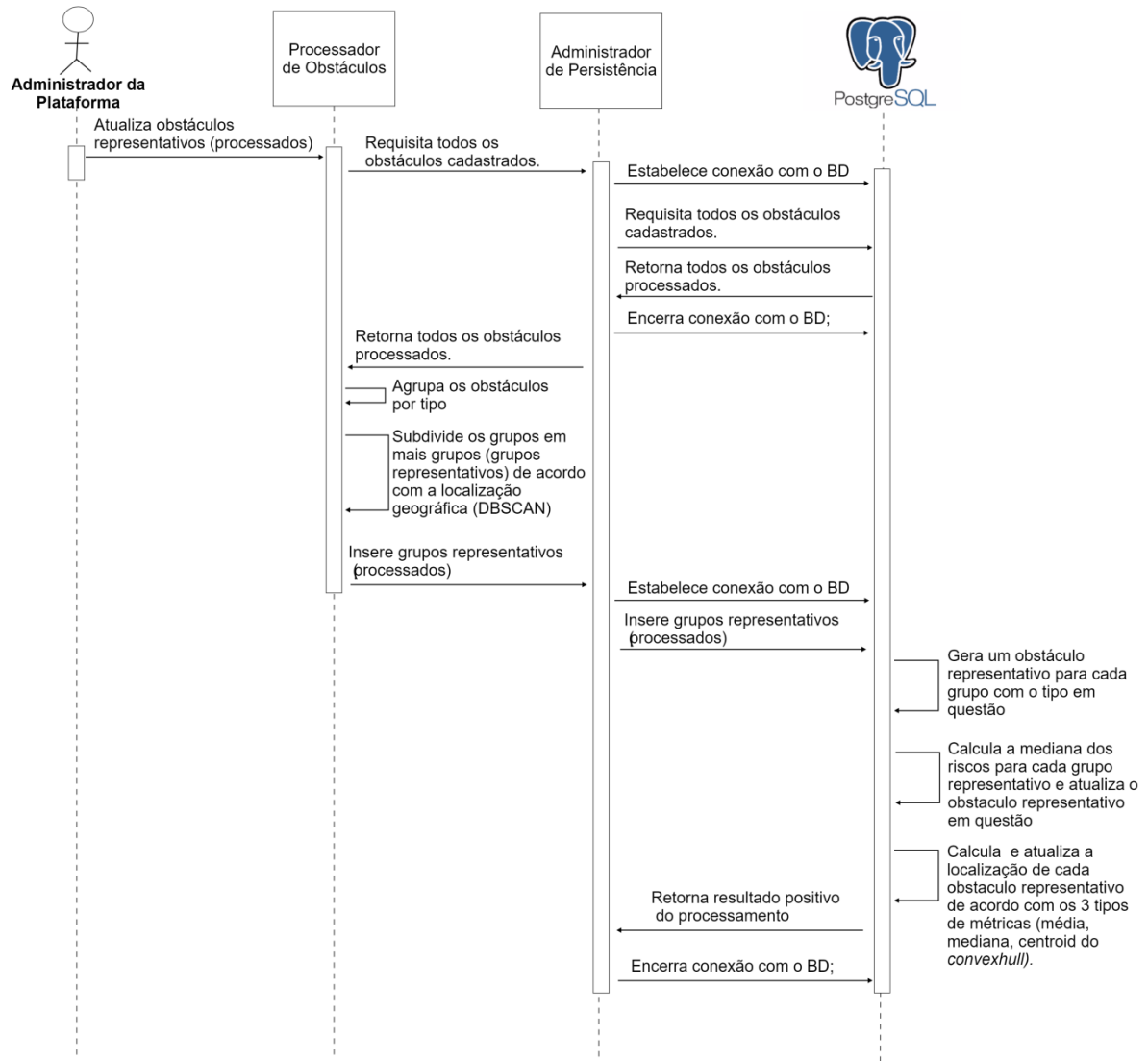
1: ENTRADA
2: lista_grupos //lista contendo obstáculos pertencentes a um mesmo grupo
3: SAÍDA
4: //Não é necessário
5: MÉTODO
6: obstaculo_representativo = novo ObstaculoRepresentativo();
7: para cada grupo existente em lista_grupos faça{
8:   obstaculo_representativa.set_tipo(grupo.get(0).getTipo())
9:   Obstáculo_representativo.set_ponto_gerado_por_media(gera_ponto_por_media(grupo.latitudes(), grupo.longitudes()))
10:  Obstáculo_representativo.set_ponto_gerado_por_mediana(gera_ponto_por_mediana(grupo.latitudes(), grupo.longitudes()))
11:  Obstáculo_representativo.set_nivel_perigo = calcula_moda(grupo.nivel_perigo())
12:  insere_obstaculo_representativo_no_BD (obstaculo_representativo)
13: }
```

Fonte: Produzido pelo Autor

Portanto, o Algoritmo 1, o Algoritmo 2 e o Algoritmo 3 funcionam em conjunto para gerar um obstáculo que representará um grupo de obstáculos pertencentes a um mesmo tipo e

que possuem localização semelhante. Assim, o diagrama de sequência descrito na Figura 14 apresenta como é realizada essa computação.

Figura 14 - Geração de obstáculos representativos (processados)



Fonte: Produzido pelo Autor

4.2.1.3 Administrador de Comunicação

A comunicação entre o *Backend* e a aplicação móvel é essencial para o efetivo funcionamento da plataforma. Portanto, foi necessária a construção de um componente capaz de receber as requisições (recebidas no formato *JSON*) do *software* móvel, decodificá-las e encaminhá-las para o próximo componente responsável. Este, após o processamento necessário

da requisição em questão, envia para o Administrador de Comunicação a resposta. A última responsabilidade deste componente é codificar a resposta e encaminhá-la para a aplicação móvel.

4.2.1.4 Administrador de Persistência

Todos os dados coletados e processados devem persistir na plataforma. Assim, foi criado o Componente Administrador de Persistência que é o responsável pela conexão e manipulação do BD, principalmente relacionado a dados referentes a usuários e obstáculos. Assim, o Administrador de Persistência possui dois objetivos: (1) receber dados relativos a usuários e obstáculos e enviá-los ao BD, que tem o objetivo de armazená-los. (2) recuperar dados sobre usuários e obstáculos e encaminhá-los para o componente que os requisitou.

4.2.2 Componentes da Aplicação Móvel

Nas subseções seguintes serão descritos todos os componentes que fazem parte da Aplicação Móvel.

4.2.2.1 Administrador de Comunicação

A conexão entre a Aplicação Móvel e o *Backend* também deve ser gerenciada na Aplicação Móvel. Portanto, para cumprir este objetivo, foi criado, na Aplicação Móvel, o componente Administrador de Comunicação, que controla o envio e recebimento dos dados para o *Backend*. Como acontece no *Backend*, as informações são lançadas e recebidas no formato *JSON*, portanto, este componente é o responsável por codificá-las e decodificá-las nesse formato. Quando o processo de comunicação é completado, as informações decodificadas são passadas para outro componente que necessita da informação para continuar um processamento em questão.

4.2.2.2 Administrador de Usuário

Os usuários da plataforma também precisam ser gerenciados na Aplicação Móvel. Assim, o Administrador de Usuário é o componente que tem a obrigação de solicitar, armazenar e disponibilizar as informações do usuário na aplicação móvel, como: identificador de usuário

e informações sobre se ele é ou não deficiente visual. Isto é necessário, pois existem botões de *zoom* e uma tela de correção de posição de obstáculos, totalmente visual, na aplicação móvel que são apresentadas somente para usuários que não possuem deficiência visual. Além disso, para o cadastro de um obstáculo na plataforma é necessário o envio do *id* do usuário que a está cadastrando.

4.2.2.3 Gerenciador de Obstáculos

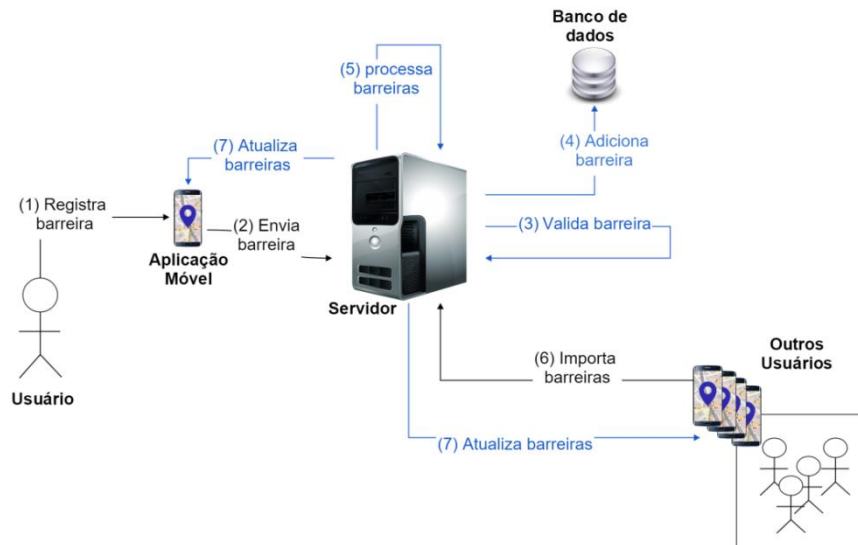
A fim de aplicar a técnica de VGI na coleta de obstáculos, foi desenvolvido o componente de Gerenciador de Obstáculos. Este é responsável pela funcionalidade de identificação de obstáculos utilizando o apoio da sociedade (deficientes visuais ou não). Estes obstáculos podem ser fixos, tais como postes, árvores ou telefones públicos; ou transitórias, tais como buracos nas superfícies de locomoção. Essa funcionalidade provê uma nova forma de evitar possíveis acidentes nas rotas, já que os obstáculos reportados são processados e disponibilizados na plataforma. Portanto, os usuários podem, por meio do aplicativo móvel, identificar os obstáculos e evitá-los ao navegar.

4.2.2.3.1 Detecção de Obstáculos por meio de VGI

A Técnica de VGI é muito importante para esta pesquisa devido ao seu baixo custo e a facilidade de implantação.

Na Figura 15 é possível perceber o fluxo de informações para inclusão e visualização destes obstáculos. Um usuário, por meio da aplicação móvel, registra os obstáculos no *Backend*, que é responsável por validar a requisição e inserir o obstáculo no BD. Posteriormente, o *Backend* processa todos os obstáculos que estão no BD e os disponibiliza para importação ou atualização no dispositivo móvel. Em seguida, outros usuários podem atualizar suas aplicações com todos os obstáculos já processados na plataforma.

Figura 15 - Diagrama de manipulação de obstáculos



Fonte: Produzido pelo Autor

4.2.2.4 Administrador de POI

Para disponibilizar os POI na plataforma foi necessária a criação de um componente que provesse este serviço, chamado de Administrador de POI, que tem o objetivo de armazenar dados sobre POI no dispositivo móvel e disponibilizar a informação para os usuários (tais informações são apresentadas quando o usuário utiliza os botões de Navegação, Exploração Retilínea de Objetos à Frente ou Radar de POI).

Para tanto, esse componente acessa os serviços do *Google Places*, *Foursquare* e *Factual* (utilizando as API dos respectivos serviços) e captura o maior número de POI distintos de uma determinada região. Para determinar a região basta informar um ponto geográfico e o tamanho do raio para obtenção da informação. Os dados obtidos com esse método são filtrados com o objetivo de extrair somente o necessário de cada POI, como: localização, tipo, nome e descrição.

Para esta pesquisa, os valores passados como parâmetro representam, aproximadamente, a extensão geográfica da cidade de Campina Grande-PB.

4.2.2.5 Gerenciador de Interfaces Acessíveis

Visando prover acessibilidade aos deficientes visuais, o módulo móvel possui uma interface acessível (Figura 4) que disponibiliza as informações por meio de efeitos sonoros e

mensagens auditivas. Estes serviços são disponibilizados pelo Gerenciador de Interfaces Acessíveis.

A interface acessível busca proporcionar aos usuários deficientes visuais uma maneira de exploração de ambientes ao redor do usuário de forma eficaz utilizando os comandos que foram explicados anteriormente (Navegação, Exploração Retilínea de Obstáculos e Radar de POI). Ao iniciar a aplicação, o mapa é centralizado na posição georreferenciada (obtida pelo *GPS* do dispositivo) do usuário em questão, a fim de facilitar a navegação e a identificação da posição deste em relação aos outros elementos do mapa. A ferramenta foi totalmente implementada para funcionar compatível com o *Talkback*.

Como o público alvo principal da ferramenta em questão são deficientes visuais, faz-se necessária uma interface diferenciada que satisfaça as necessidades desses. Primeiramente, é essencial que este módulo apresente as informações gráficas e textuais com cores fortes e fontes grandes de forma a destacar botões, ícones, dentre outros itens de maneira eficiente para usuários deficientes visuais não cegos.

A Figura 16 demonstra alguns botões e textos apresentados na tela de adição de obstáculos. Estes gráficos foram construídos para se destacarem em relação à cor de fundo da tela, representar de forma mais simples e eficiente os obstáculos em questão e, conseqüentemente, facilitar sua identificação por deficientes visuais.

Figura 16 - Interfaces acessíveis da aplicação móvel

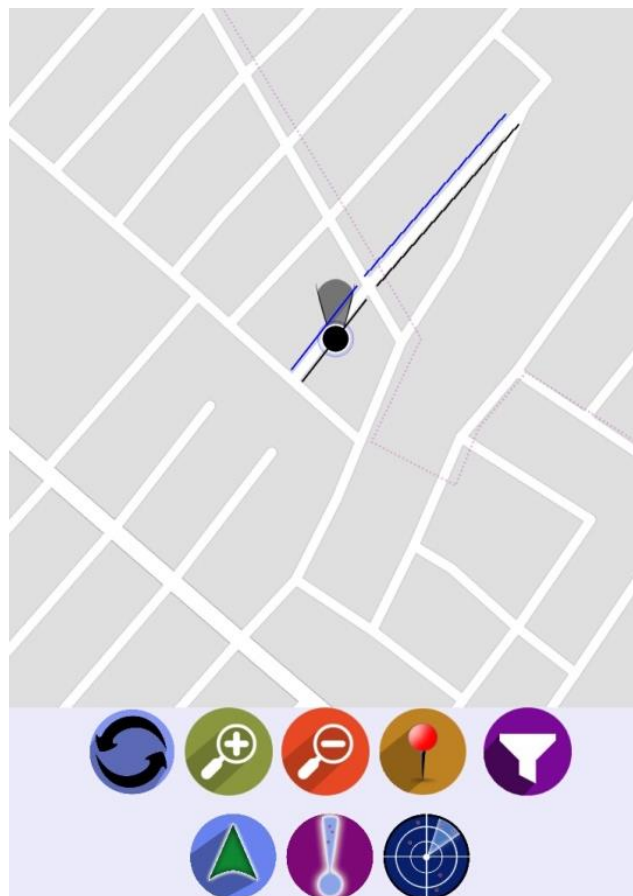


Fonte: Produzido pelo Autor

Além disso, pensando em usuários deficientes visuais, o controlador de interfaces acessíveis foi desenvolvido de forma a aceitar de maneira eficiente a aplicação de acessibilidade dos smartphones Android atuais. Ou seja, quando o software de acessibilidade Talkback está ativado, os botões, textos e as informações visuais *do software* passam a ser transmitidos de maneira auditiva. Por exemplo, quando o usuário deficiente visual seleciona qualquer ícone da tela (seja deslizando da esquerda para direita, posicionando um dedo na tela ou mesmo clicando em cima do que ele deseja), primeiramente, uma mensagem de áudio é executada informando qual ação o aplicativo vai executar; em seguida, o usuário, caso deseje, pode tocar duas vezes em qualquer local da tela (o que representa o comando de ativação da funcionalidade em questão) para ativar.

A Figura 17 apresenta o Mapa Acessível, contendo a posição inicial do usuário centralizada, representada por um ponto preto no centro da tela, e o sentido para onde o *smartphone* está apontando, representado por uma imagem em formato cônico cinza.

Figura 17 - Mapa Acessível e posição do usuário



Fonte: Produzido pelo Autor

4.2.2.6 Regulador de Posição

A imprecisão dos dados coletados por meio do sensor GPS presente em dispositivos móveis durante o processo de navegação pode impactar na qualidade das recomendações passadas ao usuário (como, por exemplo, para alertá-lo sobre a existência de um obstáculo à sua frente). O componente responsável por mitigar este problema é chamado de Regulador de Posição, que contempla um algoritmo básico de Map Matching para rotas de pedestres.

Este algoritmo é utilizado para corrigir a posição do usuário e dos Obstáculos Representativos. Isto foi necessário para diminuir os erros oriundos dos dados coletados pelo GPS e para facilitar a detecção dos obstáculos que estão ao redor do usuário. Ou seja, como o algoritmo de Map Matching coloca a posição do usuário e dos obstáculos no mesmo vetor, a plataforma por meio da funcionalidade de navegação (Seção 4.1.8) consegue, com mais segurança, indicar se um obstáculo está a frente ou atrás do usuário. Sendo assim, o deficiente visual recebe um *feedback* com antecedência, sobre possíveis obstáculos a frente, que ajuda a prevenir acidentes.

Um exemplo disso é o que ocorre com os orelhões: os deficientes visuais mesmo fazendo uso da bengala branca sofrem acidentes ao se aproximarem destes obstáculos, devido a sua maior extensão superior. Com a solução descrita, o usuário receberá um primeiro alerta avisando-o do orelhão com uma antecedência de, aproximadamente, 20 metros, depois outro com aproximadamente 10 metros (valores estabelecidos por meio das entrevistas realizadas com os deficientes visuais), preparando-o para evitar uma possível colisão.

4.2.2.7 Controlador de Navegação

Este componente tem uma grande importância para os deficientes visuais já que é ele que gerencia as mensagens que são enviadas sobre obstáculos e POI durante a locomoção em tempo real do usuário.

Por exemplo: quando o usuário se locomove em um ambiente externo desconhecido, a funcionalidade de navegação é ativada. Imediatamente, este componente entra em ação para detectar POI e obstáculos que podem estar ao seu redor. Portanto, mensagens são enviadas para o usuário informando o que há ao seu redor.

Este componente também avisa ao usuário que existem obstáculos a sua frente a partir do valor do erro da posição geográfica do usuário capturada por meio do GPS, somado mais 20 metros de distância, e continua enviando mensagens sobre esse obstáculo até o usuário passar

por ele ou se distanciar em mais do que a distância estabelecida. O valor de 20 metros foi estabelecido, baseado nas entrevistas com os deficientes visuais, uma vez que, notificações sobre obstáculos a partir dessa distância propiciam uma segurança adequada ao usuário.

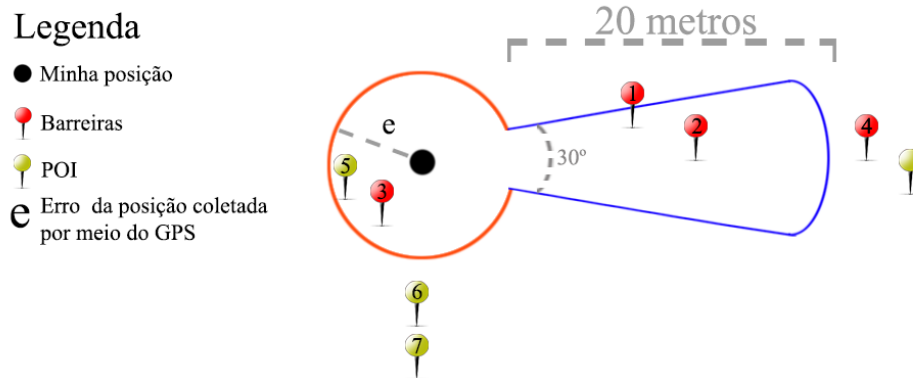
Caso haja mais de um obstáculo no caminho do usuário, o componente adiciona, na mensagem de áudio, o novo obstáculo e sua distância até ele. Para os POI, o usuário recebe notificações de áudio sobre os que estão à sua frente, esquerda, direita e atrás. Caso o usuário deseje explorar melhor o ambiente em termos de POI, ele deve acionar o botão Radar de POI. Neste momento, entra em ação o componente de Controlador de Exploração, explicado na Seção 4.2.2.7.1.

Na Figura 18 a forma geométrica em vermelho e azul determina a área de detecção de obstáculos. O tamanho do círculo em vermelho é definido com base no erro da posição coletada por meio do GPS. A posição dos obstáculos dentro desse círculo é incerta, portanto, as notificações auditivas para estes informa que existem obstáculos ao redor do usuário, informando apenas quantos são e seus respectivos tipos.

O restante da forma geométrica em azul (em forma de triângulo com base arredondada) representa o sentido da locomoção do usuário e busca detectar obstáculos que podem estar à frente do usuário de acordo com um ângulo de 30 graus. Esse valor foi estabelecido, também, baseado no Sistema de Referência de Relógio utilizado, ou seja, considerando uma circunferência com 360 graus e dividindo esse valor por 12 (quantidade de horas de um relógio analógico tradicional), obtém-se o valor de 30 graus. Portanto, os obstáculos detectados na frente do usuário não estão em linha reta e sim de acordo com uma aproximação, buscando também dar mais segurança, devido aos erros de posicionamento dos obstáculos e da posição do usuário capturada via GPS.

Assim, todos os obstáculos que estiverem dentro da borda vermelha e azul serão detectados na navegação. Logo, o usuário será informado sobre os obstáculos 1, 2 e 3 somente. Porém, a borda azul não se aplica aos POI. Para estes, as mensagens são enviadas seguindo outra metodologia. No caso, o usuário será informado no máximo sobre quatro POI (os que estiverem na frente, atrás, à esquerda e à direita do usuário, seguindo o mesmo princípio explicado nos parágrafos anteriores). Na Figura 18, o usuário será informado sobre o POI: 5, 6 e 8, somente.

Figura 18 - Detecção de obstáculos e POI na navegação



Fonte: Produzido pelo Autor

4.2.2.7.1 *Map Matching* para Pedestres

A existência de dados representando as vias exclusivas para pedestres são essenciais para o funcionamento destes tipos de algoritmos de *Map Matching*. Assim, foi realizado um trabalho de georreferenciamento das vias, na área de estudo, para a identificação desses caminhos. Este processo foi feito manualmente, utilizando o OSM, capturando os pontos geográficos referentes a cada caminho, inserindo na aplicação móvel e ajustando para que estes fossem posicionados de maneira satisfatória no mapa.

Após esse processo, um algoritmo *Map Matching* (Algoritmo 4) foi desenvolvido para redefinir a posição geográfica do usuário e, conseqüentemente, a posição dos obstáculos coletados.

O algoritmo de *Map Matching* (Algoritmo 4) funciona da seguinte forma: (1) utiliza-se um método que identifica um segmento mais próximo (seg) de uma posição geográfica passada como parâmetro (posição do usuário). Caso a distância entre o seg e a posição do usuário seja menor que o erro da posição do usuário capturada pelo GPS, continua-se o processamento (passo 2); caso contrário, não executa o *Map Matching* e retorna a mesma posição passada como parâmetro; (2) projeta-se a posição do usuário em seg e retorna esta posição.

O Algoritmo 4 recebe, como entrada, a posição geográfica do usuário e uma lista de segmentos que representam as vias de pedestres presentes naquela área em questão (lista_segmentos). Ao iniciar o método, cria-se a variável p_projetado que será à saída do algoritmo e, inicialmente, armazena-se nesta variável a posição do usuário (linha 7). Em seguida, na linha 8, por meio do método identifica_segmento_mais_proximo (detalhado no Algoritmo 5), recupera-se o segmento mais próximo da posição do usuário e a distância entre

esses, que são então armazenados em variáveis nas linhas 9 e 10. O próximo passo é avaliar se a distância entre a posição do usuário e a variável `seg` é menor que o erro da posição do usuário capturada pelo GPS (linha 11): em caso positivo, a variável `p_projetado` recebe um novo ponto, o ponto projetado em `seg` (linha 12), para isto utiliza-se o método `projeta_ponto_em_segmento` que é desenvolvido baseado em técnicas de álgebra linear. Por fim, o `p_projetado` é retornado (linha 14).

Algoritmo 4 - Map Matching

```

1: ENTRADA
2:   posicao //Posição geográfica do usuário
3:   lista_segmentos //lista que representa todos os caminhos de pedestres
                      //possíveis dentro de uma determinada região
4: SAÍDA
5:   p_projetado // ponto depois do processamento
6: MÉTODO
7:   P_projetado = posicao;
8:   tupla_seg_dist = identifica_segmento_mais_proximo(posicao, lista_segmentos);
9:   seg = tupla_seg_dist.getSeg();
10:  Distancia_seg = tupla_seg_dist.getDist();
11:  Se(Distancia_seg <= posição.getErro()){
12:    p_projetado = projeta_ponto_em_segmento(posicao, seg);
13:  }
14:  retorne p_projetado;

```

Fonte: Produzido pelo Autor

O Algoritmo 5 é o responsável por identificar, dentro de um conjunto de segmentos, o mais próximo de uma posição geográfica passada como parâmetro. Este algoritmo recebe como entrada uma posição geográfica (`posicao`) e uma lista (`lista_segmentos`) contendo todos os caminhos de pedestre de uma determinada região e tem como saída uma tupla (`tupla_seg_dist`) que contém o segmento mais próximo da posição geográfica passada como entrada e a distância mínima entre eles.

Ao iniciar, primeiramente, cria-se uma variável `menor_distancia` que armazena o valor infinito (linha 7), esta será atualizada posteriormente. Em seguida, na linha 8, cria-se a variável `segmento_mais_proximo` com valor nulo, para posterior atualização. Na linha 9, um laço é criado para iterar sobre os seguimentos contidos na `lista_segmentos`. Dentro do laço, calcula-se a distância entre `posicao` e o segmento da vez e armazena-se o valor na variável `distancia` (linha 10). Para este cálculo, utiliza-se o método `calcula_dist_min` que é desenvolvido baseado em técnicas de álgebra linear. Na linha 11, testa-se se o valor da `distancia` é menor que o valor de `menor_distancia`: em caso positivo, as variáveis `menor_distancia` e `segmento_mais_proximo`

são atualizadas para os valores das variáveis `distancia` e `segmento`, respectivamente (linha 12 e 13). Essas atualizações são feitas enquanto houver segmentos na `lista_segmentos`, buscando o segmento mais próximo. Por fim, os valores das variáveis `segmento_mais_proximo` e `menor_distancia` são adicionados à `tupla_seg_dist` e esta é retornada (linha 16).

Algoritmo 5 – Identificando o segmento mais próximo de uma determinada posição

```

1:  ENTRADA
2:  posição // Posicao geográfica
3:  lista_segmentos // lista que representa todos os caminhos de pedestres em uma determinada determinada região
4:  SAÍDA
5:  tupla_seg_dist // tupla contendo o segmento mais próximo da variável posição e o valor da distancia mínima
   // entre eles
6:  MÉTODO
7:  menor_distancia = ∞;
8:  segmento_mais_proximo = nulo;
9:  Para cada segmento existente em lista_segmentos{
10:   distancia = calcula_dist_min(posicao, segmento);
11:   se(distancia <= menor_distancia){
12:     menor_distancia = distancia;
13:     segmento_mais_proximo = segmento;
14:   }
15: }
16: Retorne tupla_seg_dist.put(segmento_mais_proximo, menor_distancia);

```

Fonte: Produzido pelo Autor

4.2.2.8 Controlador de Exploração

O Controlador de Exploração tem o objetivo voltado à exploração de POI e obstáculos a distância. Este gerencia duas funcionalidades bem definidas: a Exploração Retilínea de Objetos à Frente, a qual utiliza o mesmo conceito explicado na Figura 18 e o Radar de POI (ambos explicados em seções anteriores).

4.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo, foi descrita a Plataforma de Auxílio à Mobilidade de Deficientes Visuais desenvolvida com objetivo de auxiliar na locomoção de seus usuários. Foram discutidas as principais entidades que compõem a plataforma e suas relações. Além disso, foram apresentadas as principais funcionalidades da solução proposta, juntamente com seus maiores diferenciais em relação ao estado da arte.

No capítulo a seguir, serão discutidas as experimentações realizadas utilizando a plataforma e a validação desta.

5 AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL

Neste capítulo, são apresentados os experimentos conduzidos com o intuito de validar o estudo descrito nesta dissertação. Enquanto que alguns experimentos foram executados em laboratório, outros necessitaram da colaboração de voluntários atuando em ambientes controlados para validação da Plataforma desenvolvida.

Basicamente, foram realizados cinco experimentos. Os quatro primeiros necessitaram da colaboração de um grupo de voluntários deficientes visuais, matriculados no Instituto dos Cegos de Campina Grande, e de outro grupo de voluntários não deficientes visuais oriundos da mesma cidade. Estes usuários avaliaram a Plataforma, por meio de questionários e entrevistas (discutidos em detalhes na Seção 5.1), após utilizarem as funcionalidades desenvolvidas em um ambiente controlado. O quinto experimento consistiu na análise dos métodos para geração de Obstáculos Representativos e, portanto, não necessitou da participação de voluntários.

O restante deste capítulo está organizado da seguinte forma: a Seção 5.1 descreve a metodologia utilizada nos experimentos; a Seção 5.2 apresenta os critérios para inclusão e exclusão de voluntários nos experimentos; a Seção 5.3 discute os resultados obtidos em cada experimento. Por fim, a Seção 5.4 apresenta as considerações finais deste capítulo.

5.1 METODOLOGIA

Para a execução do estudo, primeiramente houve a necessidade de entender mais profundamente as necessidades que os deficientes visuais enfrentam em relação à locomoção e ao uso de aplicações com este fim. Portanto, o primeiro passo para o desenvolvimento deste estudo foi a realização de três encontros com esses usuários, no Instituto dos Cegos de Campina Grande. Nestes encontros, estavam presentes em torno de 20 deficientes visuais, incluindo professores de locomoção, que forneceram informações imprescindíveis para o estudo, como: os principais obstáculos encontrados nas vias de pedestres; os obstáculos mais perigosos e a necessidade desse grupo de saber detalhes sobre o ambiente ao seu redor. Além disso, houve discussões sobre alguns sistemas de referência para situar o deficiente no ambiente; neste caso, decidiu-se que o Sistema de Referência de Relógio seria uma solução satisfatória.

Como explicado no início deste capítulo, foram executados cinco experimentos, os quatro primeiros com o objetivo de avaliar as funcionalidades desenvolvidas e o quinto

visando analisar os métodos para geração de Obstáculos Representativos, estes foram denominados da seguinte forma: (1) Avaliação da funcionalidade Coleta de Obstáculos no ambiente de estudo; (2) Avaliação da funcionalidade Exploração Retilínea de Objetos à Frente; (3) Avaliação da funcionalidade Radar de POI; (4) Avaliação da Navegação; (5) Avaliação das técnicas para Geração de Obstáculos Representativos.

Para a realização dos quatro primeiros, foram selecionados dois grupos de usuários. O Grupo A: Deficientes Visuais e o Grupo B: Não Deficientes Visuais. Ambos os grupos participaram dos experimentos como voluntários para testar as funcionalidades providas pela plataforma em um ambiente real. O ambiente de estudo escolhido foi a entrada principal da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus I. Esta área foi escolhida devido à variedade de obstáculos encontrados nas vias de pedestres e a menor movimentação de veículos, de forma a minimizar o risco de acidentes envolvendo os deficientes visuais.

Após cada experimento, os usuários do Grupo A respondiam a uma entrevista sobre a funcionalidade testada, enquanto os usuários do Grupo B respondiam a um questionário. Ambos, entrevista e questionário, possuíam as mesmas sentenças, porém algumas sentenças eram específicas para deficientes visuais e outras específicas para não deficientes visuais. Estas sentenças seguiam um modelo de resposta baseado na escala de Likert (Discordo Fortemente, Discordo, Neutro, Concordo e Concordo Fortemente), com exceção da última pergunta que generaliza a satisfação do usuário em relação à funcionalidade. Quando algum voluntário respondia Discordo Fortemente, Discordo ou Neutro, solicitava-se uma explicação do motivo daquela resposta. Isto foi feito com objetivo de extrair informações para melhorar a solução proposta.

O quinto experimento foi realizado em laboratório. Para tanto, os dados dos obstáculos colhidos pelos usuários no Experimento 1 foram tratados e, para cada obstáculo Representativo Gerado pela Técnica “a” e a Técnica “b”, foi identificado um Dado de Referência correspondente. Em seguida, calculou-se a distância entre os Obstáculos Representativos e os Dados de Referência correspondentes. Por fim, foi realizada a análise estatística para avaliar qual das técnicas é a mais eficiente.

Todos os experimentos descritos anteriormente são detalhados na Seção 5.3.

5.2 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO

Para o Grupo A foram selecionados, por conveniência, os indivíduos com deficiência visual, matriculados no Instituto dos Cegos da cidade de Campina Grande, que possuíam idade superior a 18 anos e que concordaram em participar da pesquisa, estando cientes do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, presente no Apêndice D.

Para o Grupo B foram selecionados, por conveniência, os indivíduos da cidade de Campina Grande que possuíam idade superior a 18 anos, que concordaram em participar da pesquisa, tendo lido e assinado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice D).

Foram excluídos os indivíduos que recusaram a responder o questionário ou participar das entrevistas; e os que possuíam múltiplas deficiências, impossibilitando a utilização da ferramenta proposta (como, por exemplo, indivíduos com deficiência visual e auditiva).

5.3 DESENHO EXPERIMENTAL

Os quatro primeiros experimentos descritos nesta seção têm o objetivo de avaliar as funcionalidades desenvolvidas na plataforma para auxiliar deficientes visuais na navegação e identificação dos componentes, em termos de POI e obstáculos, presentes no ambiente ao redor do usuário. Após cada usuário experimentar uma funcionalidade, ele participa de uma entrevista que visa avaliar tal funcionalidade com relação a fatores como: facilidade de interação com a funcionalidade, qualidade das mensagens auditivas, exatidão das informações apresentadas e, de uma forma geral, qualidade da funcionalidade.

Por meio destas entrevistas, pode-se ter indícios de quão bem as funcionalidades estão sendo aceitas pelos grupos. Além disso, os experimentos conduzidos nesta pesquisa visam, também, responder às seguintes questões:

- Q1) É possível estabelecer diferença estatística significativa no grau de satisfação entre o Grupo A e o Grupo B quanto à funcionalidade Coleta de Obstáculos?
- I. Hipótese nula (H_0 - Q1): Não é possível estabelecer diferença no grau de satisfação entre o Grupo A e o Grupo B quanto à funcionalidade Coleta de Obstáculos.
 - II. Hipótese alternativa (H_1 - Q1): É possível estabelecer diferença no grau de satisfação entre o Grupo A e o Grupo B quanto à funcionalidade Coleta de Obstáculos. O Grupo A está mais satisfeito que o Grupo B.

- III. Hipótese alternativa (H2 - Q1): É possível estabelecer diferença no grau de satisfação entre o Grupo A e o Grupo B quanto à funcionalidade Coleta de Obstáculos. O Grupo B está mais satisfeito que o Grupo A.
- Q2) É possível estabelecer diferença estatística significativa no grau de satisfação entre o Grupo A e o Grupo B quanto à funcionalidade Exploração Retilínea de Objetos à Frente?
- I. Hipótese nula (H0 – Q2): Não é possível estabelecer diferença no grau de satisfação entre o Grupo A e o Grupo B quanto à funcionalidade Coleta de Obstáculos.
- II. Hipótese alternativa (H1 – Q2): É possível estabelecer diferença no grau de satisfação entre o Grupo A e o Grupo B quanto à funcionalidade Coleta de Obstáculos. O Grupo A está mais satisfeito que o Grupo B.
- III. Hipótese alternativa (H1 – Q2): É possível estabelecer diferença no grau de satisfação entre o Grupo A e o Grupo B quanto à funcionalidade Coleta de Obstáculos. O Grupo B está mais satisfeito que o Grupo A.
- Q3) É possível estabelecer diferença estatística significativa no grau de satisfação entre o Grupo A e o Grupo B quanto à funcionalidade Radar de POI?
- I. Hipótese nula (H0 – Q3): Não é possível estabelecer diferença estatística significativa no grau de satisfação entre o Grupo A e o Grupo B quanto à funcionalidade Coleta de Obstáculos.
- II. Hipótese alternativa (H1 – Q3): É possível estabelecer diferença estatística significativa no grau de satisfação entre o Grupo A e o Grupo B quanto à funcionalidade Coleta de Obstáculos. O Grupo A está mais satisfeito que o Grupo B.
- III. Hipótese alternativa (H1 – Q3): É possível estabelecer diferença estatística significativa no grau de satisfação entre o Grupo A e o Grupo B quanto à funcionalidade Coleta de Obstáculos. O Grupo B está mais satisfeito que o Grupo A.

- Q4) É possível estabelecer diferença estatística significativa entre as técnicas: (a) calcular a média das posições dos obstáculos e (b) calcular a mediana das posições dos obstáculos para a geração de Obstáculo Representativo?
- I. Hipótese nula ($H_0 - Q_4$): Não é possível estabelecer diferença estatística significativa entre as duas técnicas para Geração de Obstáculo Representativo.
 - II. Hipótese alternativa ($H_1 - Q_4$): É possível estabelecer diferença estatística significativa entre as duas técnicas para Geração de Obstáculo Representativo e a “Técnica a” é mais eficaz do que a “Técnica b”.
 - III. Hipótese alternativa ($H_2 - Q_4$): É possível estabelecer diferença estatística significativa entre as duas técnicas para geração de Obstáculo Representativo e a “Técnica a” é mais eficaz do que a “Técnica b”.

As questões de pesquisa Q1, Q2 e Q3 visam avaliar a satisfação dos usuários com relação às funcionalidades Coleta de Obstáculos, Exploração Retilínea de Objetos à Frente e Radar de POI, respectivamente. A avaliação estatística para estas três primeiras questões de pesquisa (Q1, Q2 e Q3) foi realizada utilizando o teste Exato de Fisher, no programa BioEstat 5.3. Este teste foi escolhido devido ao tamanho pequeno da amostra e porque a variável a ser avaliada é uma variável qualitativa ordinal.

A questão de pesquisa Q4 tem o objetivo de demonstrar qual das técnicas utilizadas para geração de Obstáculo Representativo demonstra se aproximar mais do obstáculo de referência. Assim, para avaliar essa questão foi realizado um teste T, no programa BioEstat 5.3, pois têm-se duas médias e a variável em questão é quantitativa contínua (distância).

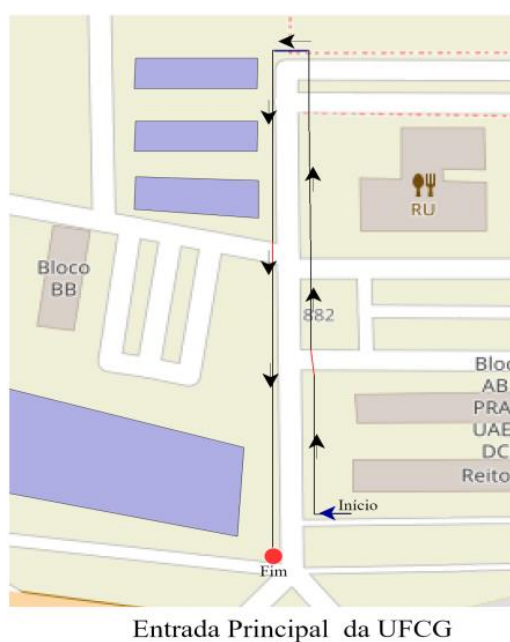
5.3.1 Experimento 1 - Avaliação da Funcionalidade de Coleta de Obstáculos no ambiente de estudo

Para o Experimento 1, participaram 6 voluntários do Grupo A e 15 do Grupo B. O número menor de voluntários do Grupo A ocorreu devido a falta de deficientes visuais na data e hora marcadas e/ou deficientes visuais receosos em sair do Instituto dos Cegos e se dirigirem à UFCG para participar do experimento, embora as questões referentes a locomoção dos indivíduos estivessem previamente solucionadas (foi utilizada a Van do Instituto para isto).

Este experimento foi realizado da seguinte forma: os usuários, fazendo uso da Aplicação Móvel, faziam um percurso utilizando as vias de pedestre do ambiente de estudo coletando vários tipos de obstáculos pelo caminho, quando achavam necessário. Com relação aos

deficientes visuais, foi necessário um maior cuidado no momento do experimento. Portanto, para cada voluntário do Grupo A, havia um acompanhante, com visão normal, para evitar qualquer acidente e auxiliando na travessia das vias de automóveis encontradas pelo caminho. Foi evitado, ao máximo, qualquer tipo de intervenção no experimento, pelos acompanhantes. Isto somente acontecia em poucos momentos para evitar algum acidente, como para atravessar uma via de automóveis. O percurso utilizado no experimento é apresentado na Figura 19.

Figura 19 - Percurso Executado pelos Voluntários no Experimento 1



Fonte: Produzido pelo Autor

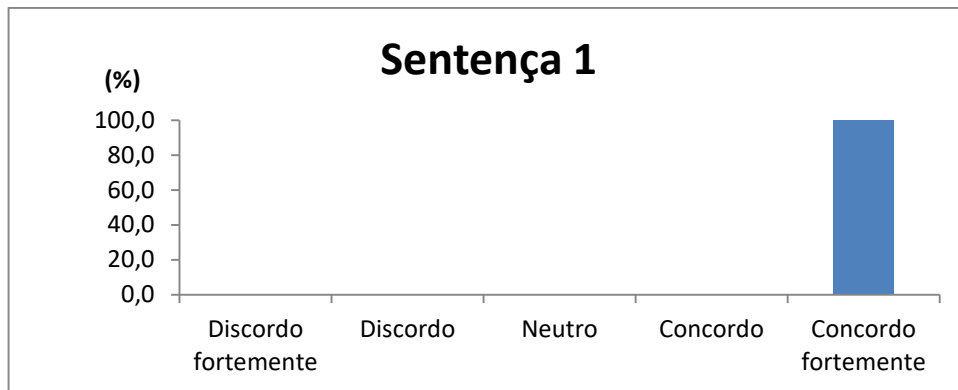
A seguir, na Seção 5.3.1.1 são apresentados os resultados das entrevistas realizadas com o Grupo A e na Seção 5.3.1.2 os resultados dos questionários respondidos pelo Grupo B.

5.3.1.1 Resultados para o Grupo A

As sentenças utilizadas na entrevista realizada para o Experimento 1 constam no Apêndice F. A Figura 20 apresenta as respostas, do Grupo A, para a primeira sentença utilizada na entrevista (O usuário consegue coletar obstáculos de forma rápida?). É possível perceber que 100% dos usuários responderam Concordo Fortemente. Este foi um resultado bastante encorajador e, provavelmente, ocorreu devido ao esforço para tornar o uso desta funcionalidade confortável, devido a uma das questões discutidas nos encontros realizados com o Grupo A, no

começo da pesquisa, que foi a questão da velocidade com que uma funcionalidade completava uma determinada tarefa.

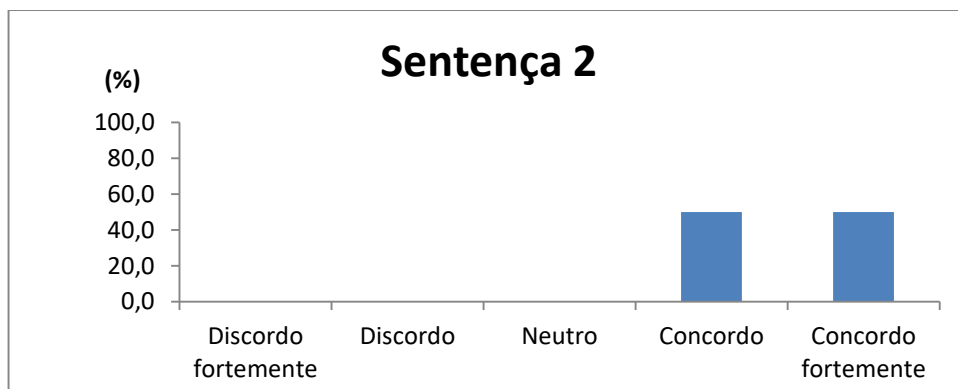
Figura 20 - Respostas do Grupo A para a Sentença 1 do Questionário sobre Adição de Obstáculos



Fonte: Produzido pelo Autor

A Figura 21 apresenta as respostas, do Grupo A, para a segunda sentença utilizada na entrevista (o sistema provê uma forma satisfatória de coletar obstáculos?). Nesta sentença deseja-se extrair do usuário se o passo a passo para a coleta de obstáculos estava satisfatório. Para esta sentença, 50% dos usuários responderam Concordo e 50% responderam Concordo Fortemente. Novamente, nota-se que o resultado foi bastante positivo, dando indícios de que a funcionalidade realmente foi desenvolvida de forma a satisfazer as necessidades desse grupo de usuários.

Figura 21 - Respostas do Grupo A para a Sentença 2 do Questionário sobre Adição de Obstáculos

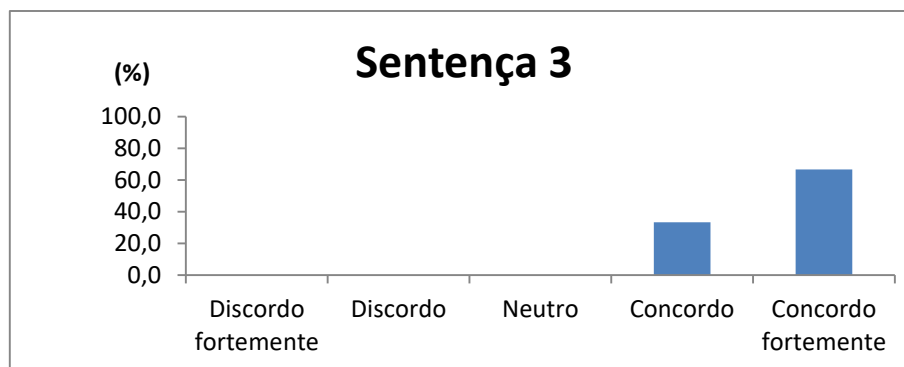


Fonte: Produzido pelo Autor

Na Figura 22 são apresentadas as respostas do Grupo A em relação à terceira sentença utilizada na entrevista (Os tipos de obstáculos oferecidos no sistema são suficientes?). Para esta

sentença 40% dos usuários responderam Concordo e 60% responderam Concordo Fortemente. Outro resultado positivo, provavelmente, derivado também das discussões com os deficientes visuais nos encontros realizados com este grupo no começo da pesquisa.

Figura 22 - Respostas do Grupo A para a Sentença 3 do Questionário sobre Adição de Obstáculos

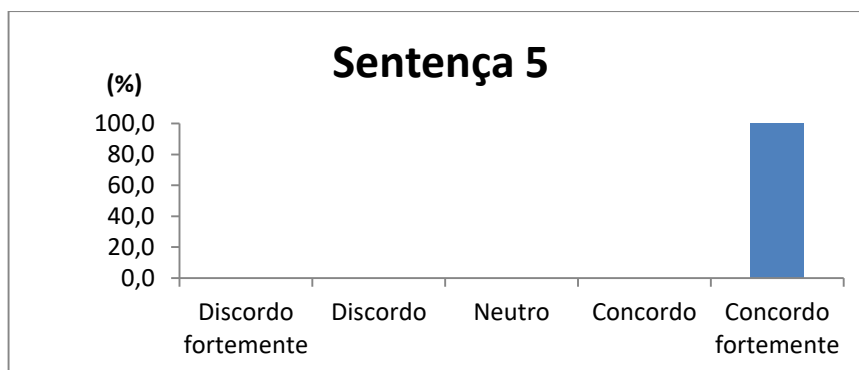


Fonte: Produzido pelo Autor

A Figura 23 apresenta as respostas, do Grupo A, para a quinta sentença (a quarta é exclusiva para não deficientes visuais) utilizada na entrevista (O sistema oferece uma boa qualidade de mensagens auditivas?). Pode-se perceber que 100% dos usuários responderam Concordo Fortemente. Este resultado é bastante satisfatório, uma vez que, toda a informação enviada para os usuários é por meio auditivo. Portanto, é fortalecido ainda mais as indicações da eficácia da funcionalidade para este grupo.

Este resultado foi obtido, provavelmente, porque a questão da interface *do software* com o usuário deficiente visual foi algo extremamente discutido nas primeiras reuniões ocorridas no Instituto dos Cegos e foi delicadamente desenvolvida nesse estudo, visando prover uma interface eficaz.

Figura 23 - Respostas do Grupo A para a Sentença 5 do Questionário sobre Adição de Obstáculos



Fonte: Produzido pelo Autor

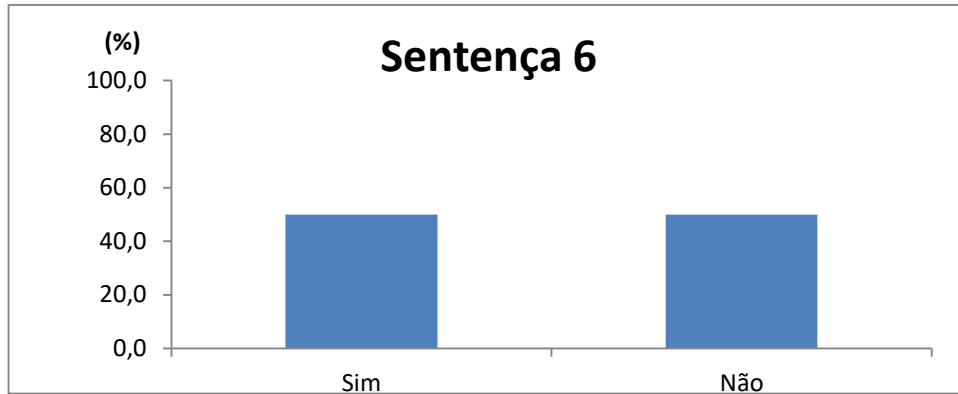
Na Figura 24, observam-se as respostas, do Grupo A, para a sexta sentença utilizada na entrevista (Essa funcionalidade é satisfatória a ponto de você usa-la em seu cotidiano?). Para esta sentença, metade dos usuários respondeu Sim e a outra metade respondeu Não. Os voluntários que responderam Não justificaram que a necessidade de utilização da internet móvel (i.e., 3G ou 4G) pelo aplicativo, geraria custos e isto poderia caracterizar um impedimento. Outra justificativa foi o medo de serem assaltados ao utilizarem a Aplicação Móvel em ambientes abertos.

Porém, pode-se perceber que essa realidade não é vivenciada por toda a parcela da sociedade com deficiência visual. Apesar de, atualmente, para os voluntários que participaram deste experimento, o uso da internet móvel ser um impedimento, isso não caracteriza um impasse para o uso da funcionalidade, uma vez que: já existem muitos municípios no Brasil que promovem iniciativas para implantação de internet Wi-Fi gratuita pela área metropolitana devido ao fenômeno das cidades inteligentes; o custo de internet móvel vem caindo consideravelmente nos últimos anos; versões futuras da plataforma podem fazer *cache* dos mapas e obstáculos, reduzindo o tráfego com 3G/4G, sincronizando os dados quando o usuário estiver conectado a Wi-Fi.

O problema de segurança (roubos e assaltos) relatado, também não caracteriza um impedimento definitivo, pois: assaltos e roubos com frequência são uma realidade do Brasil, porém a plataforma não está voltada somente para este país; mesmo em cidades consideradas perigosas, há alguns locais e horários onde as pessoas conseguem circular com certa segurança; o custo dos dispositivos móveis vem caindo e, com isso, há redução no interesse por roubo; por fim, o uso crescente de tecnologias de rastreamento desses objetos deverão inibir gradativamente este problema. Baseado nisto, percebe-se que os dois fatores relatados,

causadores da insatisfação do usuário, não diminuem o valor da funcionalidade (Coleta de Obstáculos) desenvolvida.

Figura 24 - Respostas do Grupo A para a Sentença 6 do Questionário sobre Adição de Obstáculos

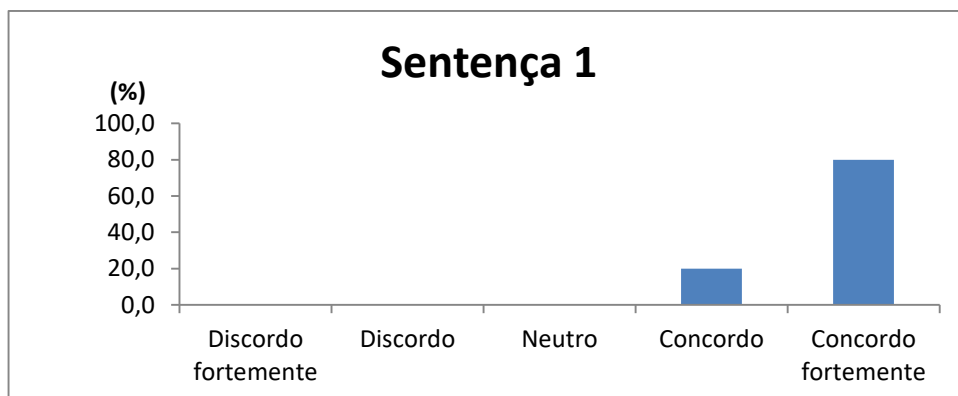


Fonte: Produzido pelo Autor

5.3.1.2 Resultado para o Grupo B

As sentenças utilizadas no questionário aplicado ao Grupo B são as mesmas utilizadas na entrevista para o Experimento 1 e constam no Apêndice F. A Figura 25 - Respostas do Grupo B para a Sentença 125 exibi as repostas, do Grupo B, para a primeira sentença utilizada no questionário (O usuário consegue coletar obstáculos de forma rápida?). Verifica-se que 80% dos usuários responderam Concordo Fortemente e apenas, aproximadamente, 20% responderam Concordo, dando fortes indícios de que a funcionalidade também está satisfazendo usuários não deficientes visuais.

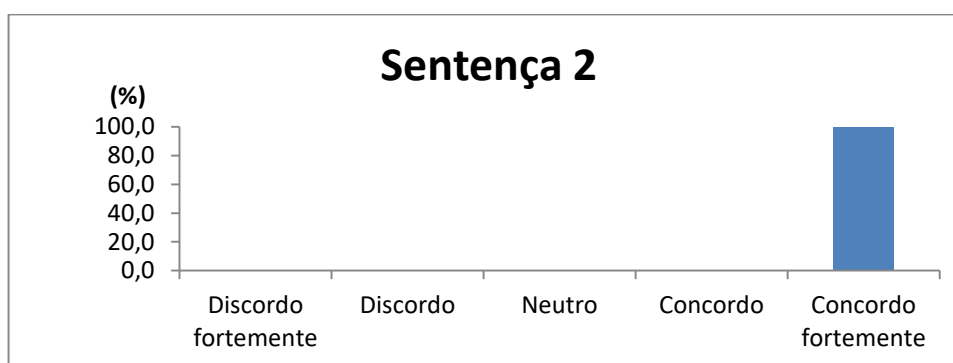
Figura 25 - Respostas do Grupo B para a Sentença 1 do Questionário sobre Adição de Obstáculos



Fonte: Produzido pelo Autor

A Figura 26 apresenta as respostas, do Grupo B, para a segunda sentença utilizada no questionário (O sistema provê uma forma satisfatória de coletar obstáculos?). Para esta sentença todos os usuários responderam Concordo Fortemente. Ou seja, para esta sentença, são apresentados mais motivos para acreditar que esta funcionalidade é eficaz não apenas para o Grupo A, mas também para o Grupo B.

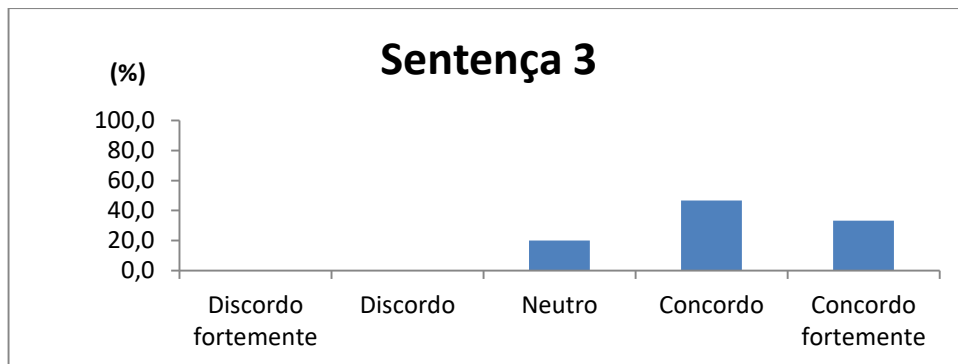
Figura 26 - Respostas do Grupo B para a Sentença 2 do Questionário sobre Adição de Obstáculos



Fonte: Produzido pelo Autor

Na Figura 27 são apresentadas as respostas do Grupo B em relação à terceira sentença utilizada no questionário (Os tipos de obstáculos oferecidas no sistema são suficientes?). Para esta sentença 50% dos usuários responderam Concordo, 30% responderam Concordo Fortemente, e 20% responderam Neutro. Estes últimos justificaram que não tinham o conhecimento necessário para afirmar se os tipos de obstáculos considerados pela plataforma eram suficientes ou não para deficientes visuais. Apesar das respostas de valor Neutro, esta sentença reafirma a eficácia da funcionalidade para o Grupo B, uma vez que, verifica-se, por meio das entrevistas aplicadas ao Grupo A, que os tipos de obstáculos oferecidos na plataforma são suficientes para representar os diferentes obstáculos reais que existem nas áreas de locomoção de pedestres.

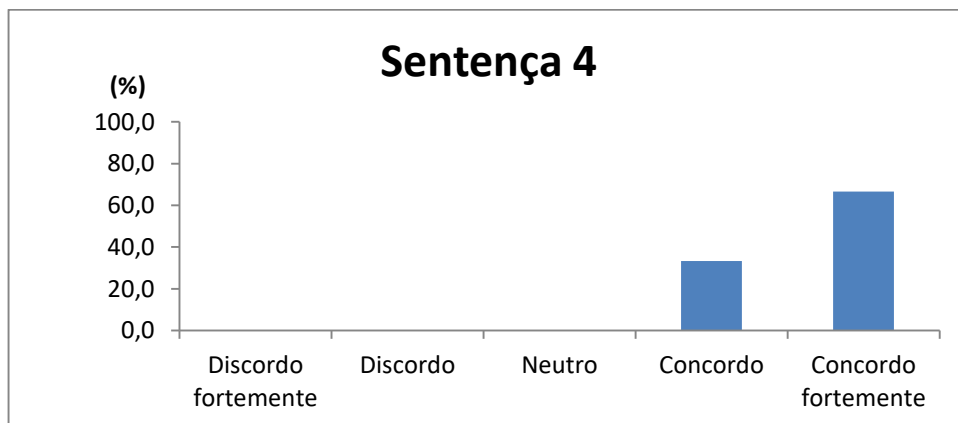
Figura 27 - Respostas do Grupo B para a Sentença 3 do Questionário sobre Adição de Obstáculos



Fonte: Produzido pelo Autor

A Figura 28 apresenta as respostas, do Grupo B, para a quarta sentença utilizada no questionário (Utilizando o sistema é possível coletar a localização dos obstáculos de forma satisfatória?). Pode-se perceber que, dos voluntários, em torno de 70% responderam Concordo Fortemente e 30% responderam Concordo. Mais uma vez, valores extremamente positivos para avaliar esta funcionalidade, demonstrando a satisfação dos usuários.

Figura 28 - Respostas do Grupo B para a Sentença 4 do Questionário sobre Adição de Obstáculos

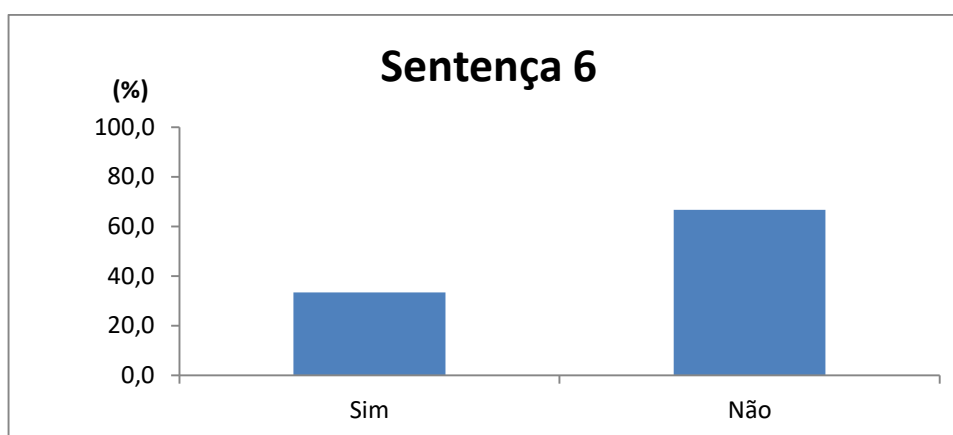


Fonte: Produzido pelo Autor

Na Figura 29, observa-se as respostas, do Grupo B, para a sexta sentença utilizada no questionário (Essa funcionalidade é satisfatória a ponto de você usá-la em seu cotidiano?). Pode-se perceber que, dos voluntários, em torno de 60% responderam não e, em torno de 30% responderam sim. Os usuários que responderam negativamente justificaram que esta funcionalidade (coleta de obstáculos) não tinha nenhuma serventia para eles. Percebe-se, pela primeira vez, nessa sentença que os usuários do Grupo B não usariam essa funcionalidade em seu cotidiano. Porém, todas as respostas para as sentenças anteriores foram bastante positivas.

Portanto, percebe-se que, para esta sentença, o que pode ter acontecido é que os voluntários não usariam essa funcionalidade porque esta não tem utilidade em seu cotidiano. Contudo, para o grupo B, essa funcionalidade não é utilizada para solucionar algum problema do cotidiano dos voluntários desse grupo e sim para dar apoio ao Grupo A, provendo uma maior identificação de obstáculos. Provavelmente os usuários que responderam Não, se tivessem algum parente deficiente visual utilizariam essa funcionalidade em seu dia a dia, entendendo que isto poderia dar apoio à locomoção independente dos deficientes visuais.

Figura 29 - Respostas do Grupo B para a Sentença 6 do Questionário sobre Adição de Obstáculos



Fonte: Produzido pelo Autor

5.3.1.3 Avaliação Estatística sobre Satisfação para a Funcionalidade Coleta de Obstáculos

A fim de avaliar estatisticamente os resultados obtidos nos Experimentos 1, ou seja, avaliar estatisticamente a satisfação da população deficiente visual e não deficiente visual com relação às funcionalidades Coleta de Obstáculos, foi aplicado o teste Exato de Fisher, utilizando as respostas referentes à última sentença do questionário/entrevista utilizado para esta funcionalidade. Esta sentença foi escolhida para isto, pois resume a satisfação dos voluntários para esta funcionalidade.

Portanto, foi gerada a Tabela 1 que sumariza a quantidade de respostas Sim e Não para cada grupo. A frequência de respostas Sim representa a quantidade de usuários satisfeitos e a frequência de respostas Não demonstra a quantidade de usuários insatisfeitos.

Tabela 1 - Frequência de Respostas para Satisfação dos Voluntários para a funcionalidade Coleta de Obstáculos

	Grupo A	Grupo B
Sim	3	5
Não	3	10

Fonte: Produzido pelo Autor

O teste aplicado mostrou que, para os dados apresentados na Tabela 1, não existe associação entre as variáveis, pois o valor de P (probabilidade de significância) obtido foi maior que 0,05. Ou seja, não se pode concluir que houve diferença significativa em relação ao grau de satisfação entre o Grupo A e o Grupo B em se tratando da funcionalidade Coleta e Obstáculos. Portanto, para a questão de pesquisa Q1, se aceita a hipótese nula ($H_0 - Q1$).

As questões que, provavelmente, influenciaram no resultado deste teste foram os problemas levantados pelos voluntários deficientes visuais relacionados aos custos com a internet móvel e ao medo de roubos e assaltos nos ambientes abertos; voluntários não deficientes visuais com relação a não serventia da funcionalidade para eles. Porém, como discutido anteriormente, esses fatores não fazem parte da realidade de todos os usuários. Considerando também os resultados positivos relativos às outras sentenças que fizeram parte das entrevistas e questionários com os voluntários, temos fortes indícios de que a funcionalidade em questão pode sim ser satisfatória para os usuários deficientes visuais e não deficientes visuais.

5.3.2 Experimento 2 - Avaliação da funcionalidade Exploração Retilínea de Objetos à Frente

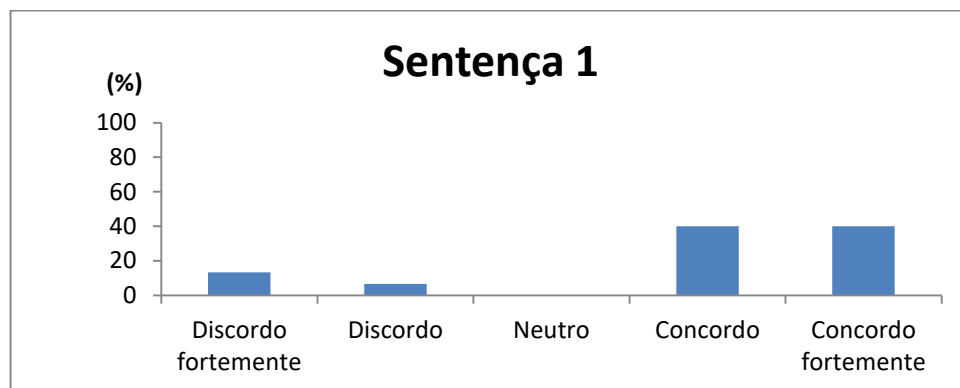
Para o Experimento 2, participaram 15 voluntários do Grupo A e 15 do Grupo B. Para o Grupo A, este experimento foi realizado no Instituto dos Cegos de Campina Grande e para o grupo B, foi realizado na própria UFCG. O experimento foi realizado da seguinte forma: os usuários apontavam o dispositivo móvel para uma direção qualquer e acionavam a funcionalidade Exploração Retilínea de Objetos à Frente. Em seguida, os voluntários julgavam se a descrição e localização dos objetos descritos eram satisfatórias.

A seguir, na Seção 5.3.2.1, são apresentados os resultados das entrevistas realizadas com o Grupo A e, na Seção 5.3.2.2, os resultados dos questionários respondidos pelo Grupo B.

5.3.2.1 Resultados para o Grupo A

As sentenças utilizadas na entrevista, realizadas para o Experimento 2, constam no Apêndice G. A Figura 30 apresenta as respostas, do Grupo A. Para a primeira sentença utilizada na entrevista (O usuário conhece de forma satisfatória a região de Campina Grande em relação a Pontos de Interesse?) a maior parte dos usuários respondeu Concordo e Concordo Fortemente. Os demais que responderam Discordo Fortemente e Discordo, alegaram que só conheciam o percurso que faziam de casa para o trabalho ou de casa para o Instituto dos Cegos. Esta sentença demonstra a dificuldade que alguns voluntários do Grupo A possuem em conhecer áreas que não fazem parte do seu cotidiano, reforçando ainda mais a necessidade de aplicações que ajudem na descrição dos ambientes de uma cidade para pessoas com deficiência visual.

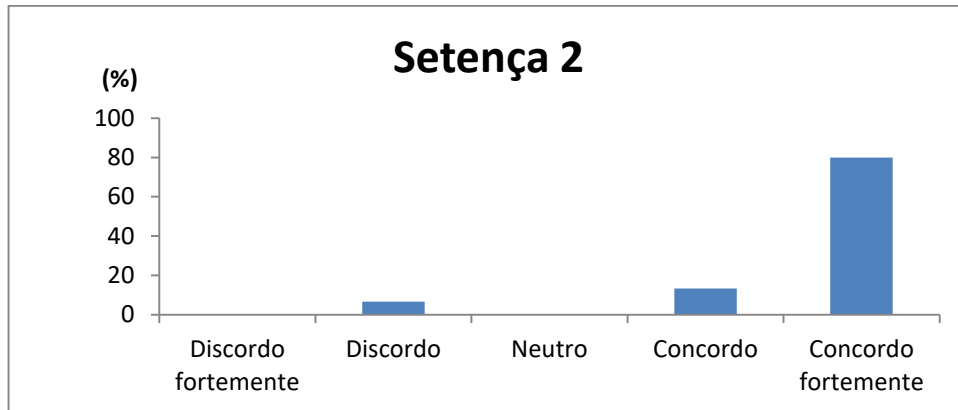
Figura 30 - Respostas do Grupo A para a Sentença 1 do Questionário sobre Exploração Retilínea de Objetos à Frente



Fonte: Produzido pelo Autor

A Figura 31 apresenta as respostas, do Grupo A, para a segunda sentença utilizada no questionário (O usuário consegue utilizar essa funcionalidade de forma satisfatória?); a maioria dos usuários respondeu Concordo Fortemente e Concordo. Apenas uma pequena parcela, em torno de 5%, respondeu Discordo. Portanto, percebe-se que os resultados continuam incentivadores. A pequena porcentagem dos usuários que responderam Discordo, relataram que possuíam algum tipo de dificuldade com o uso do smartphone. Portanto, nota-se que isso não é um ponto crítico, uma vez que, esses usuários ao utilizarem o smartphone em seu cotidiano superarão essa dificuldade, tornando o uso da funcionalidade satisfatória.

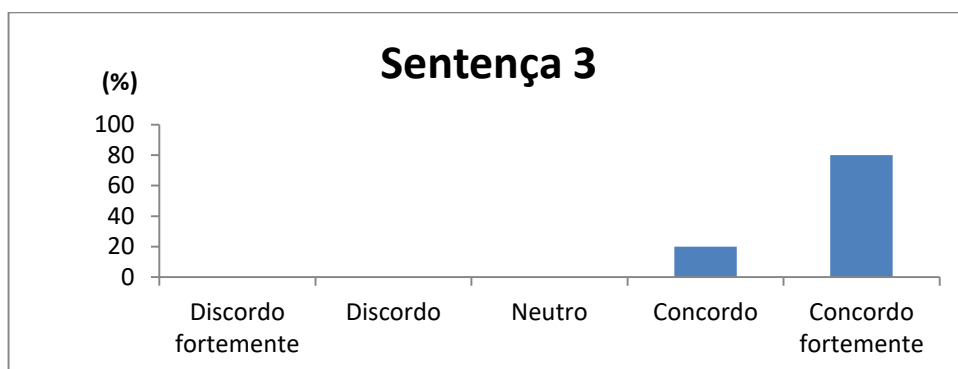
Figura 31 - Respostas do Grupo A para a Sentença 2 do Questionário sobre Exploração Retilínea de Objetos à Frente



Fonte: Produzido pelo Autor

Na Figura 32 são apresentadas as respostas do Grupo A em relação à terceira sentença utilizada no questionário (Os Pontos de Interesse informados na aplicação são de boa qualidade: possuem posição de acordo com o sistema de referência adotado, nomes e descrição satisfatórios?). Para esta sentença, todos os usuários responderam Concordo e Concordo Fortemente. Este resultado é bastante estimulante, demonstrando a eficácia da funcionalidade desenvolvida, uma vez que esta apresenta um conjunto de POI e obstáculos presentes nas áreas em torno da direção em que o smartphone é apontado.

Figura 32 - Respostas do Grupo A para a Sentença 3 do Questionário sobre Exploração Retilínea de Objetos à Frente

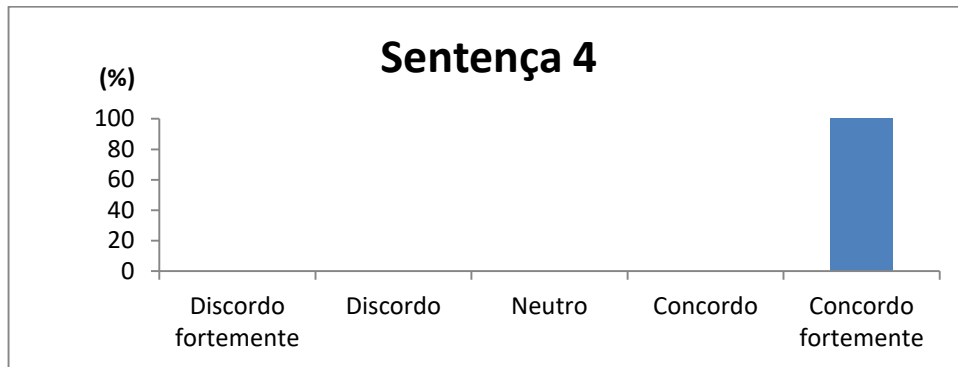


Fonte: Produzido pelo Autor

A Figura 33 apresenta as respostas, do Grupo A, para a quarta sentença utilizada no questionário (O sistema oferece uma boa qualidade de mensagens auditivas para esta funcionalidade?). Pode-se perceber que 100% dos voluntários responderam Concordo

Fortemente. Um resultado muito motivador que, provavelmente, foi obtido pelo mesmo motivo descrito na que contém esta mesma sentença.

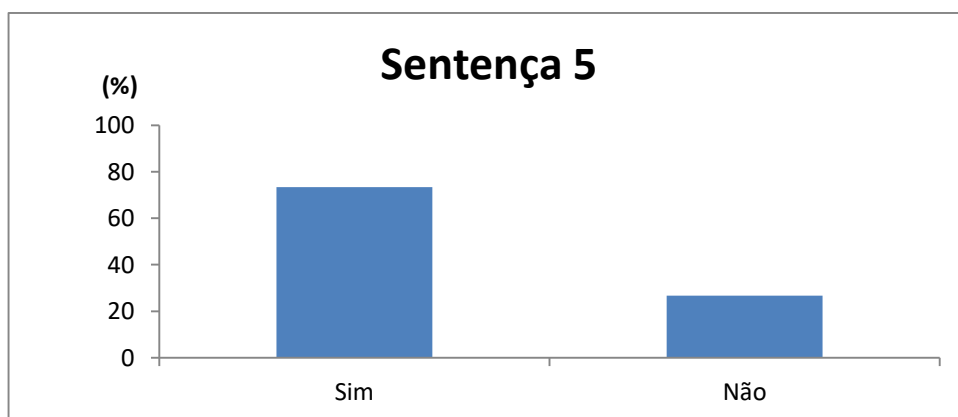
Figura 33 - Respostas do Grupo A para a Sentença 4 do Questionário sobre Exploração Retilínea de Objetos à Frente



Fonte: Produzido pelo Autor

A Figura 34 apresenta as respostas, do Grupo A, para a quinta sentença utilizada no questionário (Essa funcionalidade é satisfatória a ponto de você usa-la em seu cotidiano?). Pode-se perceber que, dos voluntários, em torno de 75% responderam Sim e apenas 25% responderam Não. Os que responderam Não alegaram que o custo para utilização da internet, 3G ou 4G, bem como a criminalidade em ambientes abertos inviabilizaria o uso da funcionalidade. Porém, como discutido na Seção 5.3.1.1, estes fatores não desvalorizam, fortemente, a funcionalidade em questão.

Figura 34 - Respostas do Grupo A para a Sentença 5 do Questionário sobre Exploração Retilínea de Objetos à Frente

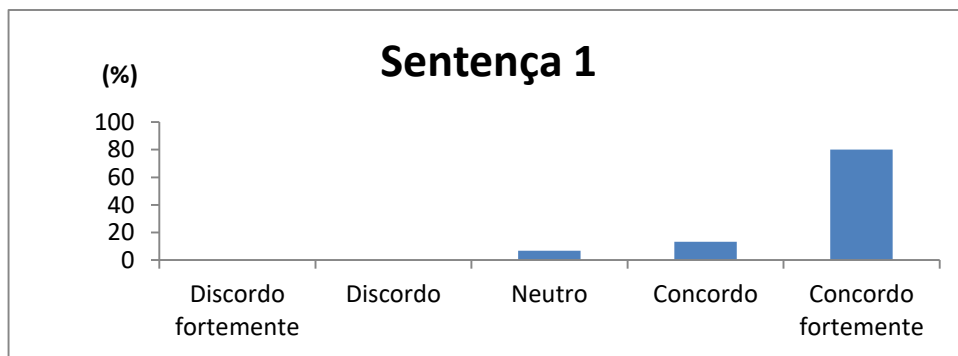


Fonte: Produzido pelo Autor

5.3.2.2 Resultados para o Grupo B

As sentenças utilizadas na entrevista realizada para o Experimento 2 constam no Apêndice G. Na Figura 35, observa-se as respostas, do Grupo B, para a primeira sentença utilizada no questionário (O usuário conhece de forma satisfatória a região de Campina Grande em relação a Pontos de Interesse?). A maior parte dos usuários respondeu Concordo e Concordo Fortemente. Apenas uma pequena parte dos voluntários tinha alguma dificuldade em reconhecer certas áreas da cidade e responderam Neutro.

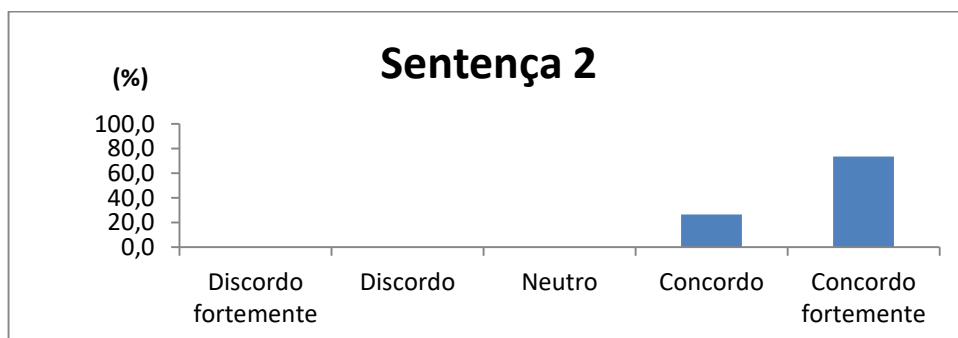
Figura 35 - Respostas do Grupo B para a Sentença 1 do Questionário sobre Exploração Retilínea de Objetos à Frente



Fonte: Produzido pelo Autor

A Figura 36 expõe as respostas, do Grupo B, para a segunda sentença utilizada no questionário (O usuário consegue utilizar essa funcionalidade de forma satisfatória?); a maioria dos usuários respondeu Concordo Fortemente e Concordo, demonstrando, também, que esta funcionalidade pode satisfazer, não só ao Grupo A, mas também ao Grupo B.

Figura 36 - Respostas do Grupo B para a Sentença 2 do Questionário sobre Exploração Retilínea de Objetos à Frente

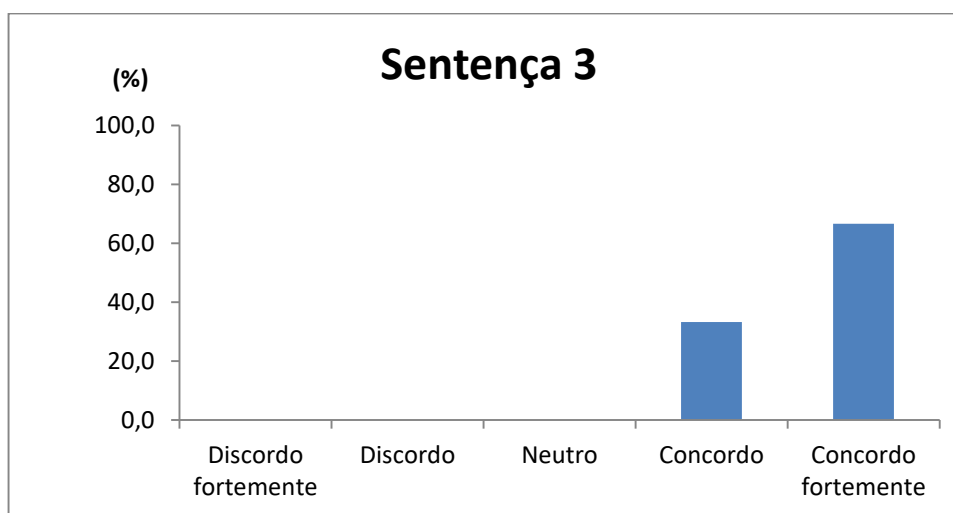


Fonte: Produzido pelo Autor

Na Figura 37 são ilustradas as respostas do Grupo B em relação à terceira sentença utilizada no questionário (Os Pontos de Interesse Informados na aplicação são de boa qualidade: possuem posição, de acordo com o sistema de referência adotado, nomes e descrição satisfatórios?). Para esta sentença, a maioria dos voluntários respondeu Concordo Fortemente e Concordo.

As respostas para esta sentença mostram mais resultados incentivadores, apresentando mais indícios de que a funcionalidade desenvolvida realmente representa os POI de forma satisfatória tanto para o Grupo A quanto para Grupo B, uma vez que este grupo é composto por voluntários de visão normal (provavelmente estes possuem uma melhor percepção da posição geográfica dos POI) e, em sua maioria, forneceram respostas positivas.

Figura 37 - Respostas do Grupo B para a Sentença 3 do Questionário sobre Exploração Retilínea de Objetos à Frente



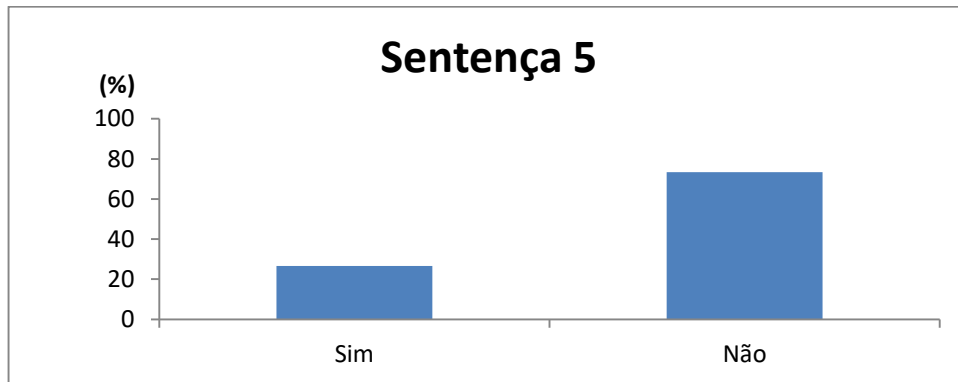
Fonte: Produzido pelo Autor

A Figura 38 expõe as respostas, do Grupo B, para a quinta sentença (a quarta sentença é exclusiva para deficientes visuais) utilizada no questionário (Essa funcionalidade é satisfatória a ponto de você usá-la em seu cotidiano?). Pode-se perceber que, dos voluntários, em torno de 25% responderam Sim, enquanto que aproximadamente 75% responderam Não.

Os usuários que responderam Não justificaram que esta funcionalidade não tinha muita utilidade para eles. Essa maior porcentagem negativa pode ter ocorrido porque os usuários já conheciam bem a região de Campina Grande, onde foi realizado o experimento, portanto não havia necessidade da utilização de uma funcionalidade que descreve os POI ao redor de uma determinada direção fornecida pelo usuário. Porém, se considerarmos que o usuário desconhece

a cidade onde vai utilizar a funcionalidade, é bem provável que o cenário seja outro e esta funcionalidade passe a ter um valor muito maior.

Figura 38 - Respostas do Grupo para a Sentença 5 do Questionário sobre Exploração Retilínea de Objetos à Frente



Fonte: Produzido pelo Autor

5.3.2.3 Avaliação Estatística sobre Satisfação para a Funcionalidade Exploração Retilínea de Objetos à Frente

Assim como no Experimento 1, para avaliar estatisticamente a satisfação da população deficiente visual e não deficiente visual com relação à funcionalidade Exploração Retilínea de Objetos à Frente, foi aplicado o teste Exato de Fisher, utilizando as respostas referentes à última sentença do questionário/entrevista utilizado para esta funcionalidade.

A Tabela 2 apresenta a quantidade de respostas Sim e Não para cada grupo. A frequência de respostas Sim representa a quantidade de usuários satisfeitos e a frequência de respostas Não demonstra a quantidade de usuários insatisfeitos.

Tabela 2 - Frequência de Respostas para Satisfação dos Voluntários para a funcionalidade Exploração Retilínea de Objetos à Frente

	Grupo A	Grupo B
Sim	11	4
Não	4	11

Fonte: Produzido pelo Autor

O teste aplicado mostrou que, para os dados apresentados na

Tabela 2, existe associação entre as variáveis, pois o valor de p obtido foi menor que 0,05. Logo, pode-se concluir que houve diferença significativa em relação ao grau de satisfação entre o Grupo A e o Grupo B e os usuários do Grupo A estão mais satisfeitos que o Grupo B com relação à funcionalidade Exploração Retilínea de Objetos à Frente. Logo, para a questão de pesquisa Q2, rejeita-se a hipótese nula ($H_0 - Q_2$) e é aceita a hipótese alternativa $H_1 - Q_2$.

Confirmam-se, portanto, os indícios de que a funcionalidade em questão realmente provê uma forma satisfatória de descrever os POI e obstáculos em torno de uma direção. Porém, sobre a satisfação dos usuários não deficientes visuais com relação a esta funcionalidade, pode-se observar que o resultado obtido, pode ter sido influenciado pelo fato já discutido na Seção 5.3.2.2; os voluntários que avaliaram a funcionalidade conhecem bem a região de Campina Grande, onde foi realizado o experimento, portanto não houve tanto interesse deles na utilização de uma solução para descrever POI de regiões que são conhecidas. Porém, se considerarmos que o usuário desconhece a região onde vai utilizar a funcionalidade, é bem provável que o cenário seja outro e esta funcionalidade realmente possa prover informações importantes sobre POI, ou mesmo, obstáculos.

5.3.3 Experimento 3 - Avaliação da Funcionalidade Radar de POI

Para o Experimento 3, participaram 15 voluntários do Grupo A e 15 do Grupo B, os mesmos do Experimento 2. Para o Grupo A, este experimento foi realizado no Instituto dos Cegos de Campina Grande e, para o grupo B, este foi conduzido na própria UFCG. O experimento foi realizado da seguinte forma: os usuários apontavam o dispositivo móvel para uma direção qualquer e acionavam a funcionalidade Radar de POI. Em seguida, os voluntários deveriam avaliar se a descrição e localização dos objetos descritos eram satisfatórias.

Como a funcionalidade Radar de POI possui uma semelhança com a funcionalidade Exploração Retilínea de Objetos à Frente as respostas dos voluntários foram bem parecidas em relação à avaliação destas funcionalidades

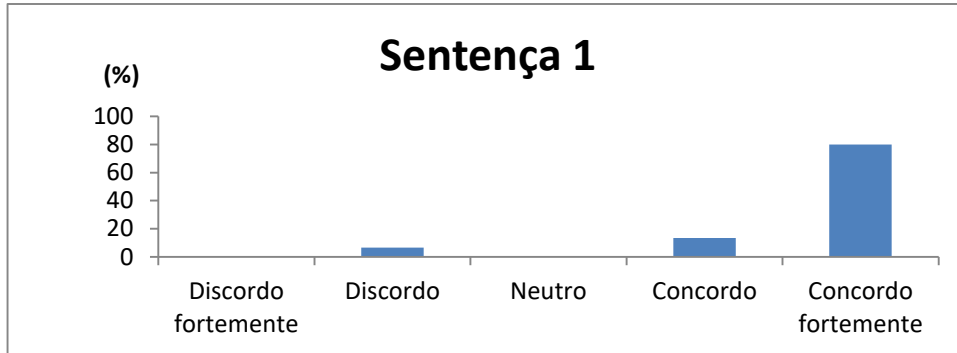
A seguir, na Seção 5.3.3.1 são apresentados os resultados das entrevistas realizadas com o Grupo A e na Seção 5.3.3.2 os resultados dos questionários respondidos pelo Grupo B.

5.3.3.1 Resultados para o Grupo A

As sentenças utilizadas na entrevista realizada para o Experimento 3 constam no Apêndice H. Na Figura 39, observa-se as respostas, do Grupo A, para a primeira sentença

utilizada no questionário (O usuário consegue utilizar essa funcionalidade de forma satisfatória?); a maioria dos usuários respondeu Concordo Fortemente e Concordo. Apenas uma pequena parcela, em torno de 10%, respondeu Discordo.

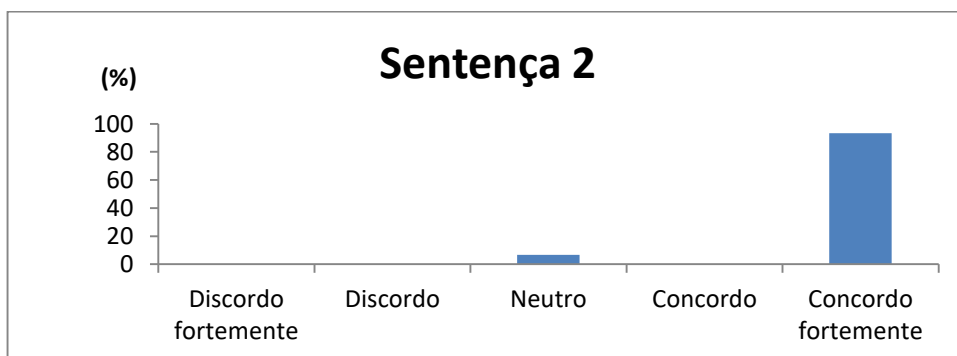
Figura 39 - Respostas do Grupo A para a Sentença 1 do Questionário sobre Radar de POI



Fonte: Produzido pelo Autor

Na Figura 40 - Respostas do Grupo A para a Sentença 2 do Questionário sobre Radar de POI, são exibidas as respostas do Grupo A em relação à segunda sentença utilizada no questionário (Os Pontos de Interesse Informados na aplicação são de boa qualidade: possuem posição, de acordo com o sistema de referência adotado, nomes e descrição satisfatórios?). Para esta sentença, a maioria dos voluntários respondeu Concordo Fortemente. Apenas uma pequena parte, em torno de 5%, respondeu Neutro. Esta parcela de usuários respondeu que não possuíam tanta familiaridade com o relógio analógico e assim sentiu dificuldade na interpretação da localização dos POI. Para esta funcionalidade, foi obtido um resultado extremamente incentivador, mostrando que esta solução pode ser eficiente para descrição do ambiente ao redor do usuário em termos de POI.

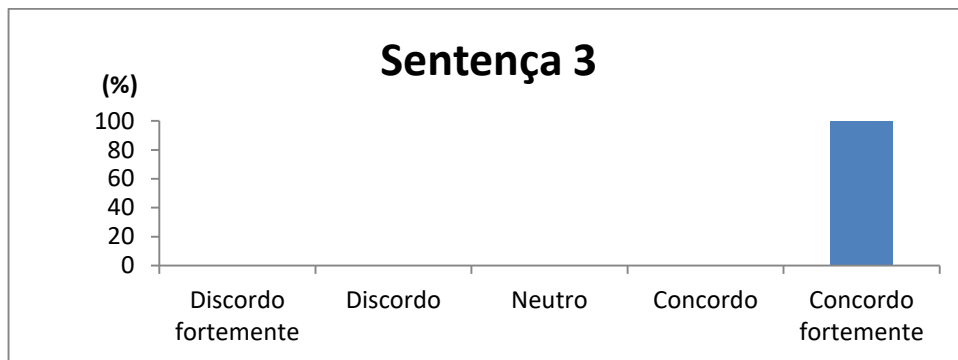
Figura 40 - Respostas do Grupo A para a Sentença 2 do Questionário sobre Radar de POI



Fonte: Produzido pelo Autor

A Figura 41 expõe as respostas, do Grupo A, para a terceira sentença utilizada no questionário (O sistema oferece uma boa qualidade de mensagens auditivas para esta funcionalidade?). Pode-se perceber que 100% dos voluntários responderam Concordo Fortemente. Um resultado muito motivador que, provavelmente, foi obtido pelo mesmo motivo descrito na Seção 5.3.1.1 que contém esta mesma sentença.

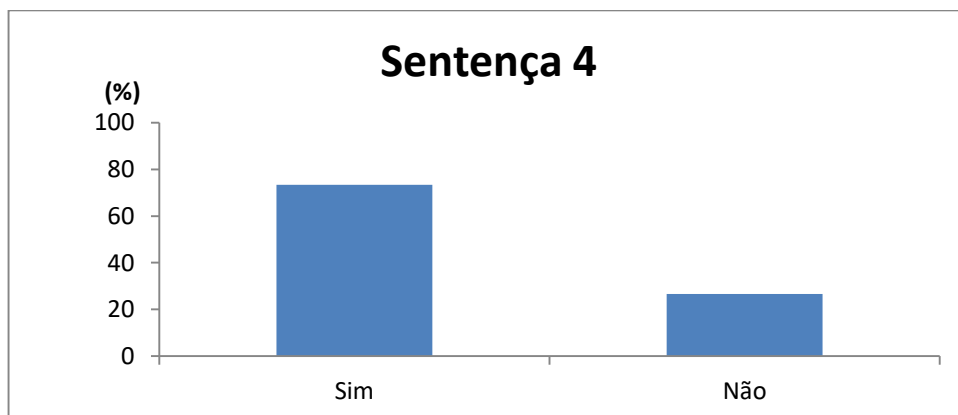
Figura 41 - Respostas do Grupo A para a Sentença 3 do Questionário sobre Radar de POI



Fonte: Produzido pelo Autor

Na Figura 42, são ilustradas as respostas, do Grupo A, para a quarta sentença utilizada no questionário (Essa funcionalidade é satisfatória a ponto de você usá-la em seu cotidiano?). Pode-se perceber que, dos voluntários, em torno de 75% responderam Sim e apenas aproximadamente 25% responderam Não. Os que responderam Não alegaram os mesmos problemas de custo com a internet móvel e de roubos e assaltos. Porém, como discutido na Seção 5.3.1.1, estes fatores não desvalorizam, fortemente, a funcionalidade em questão.

Figura 42 - Respostas do Grupo A para a Sentença 4 do Questionário sobre Radar de POI

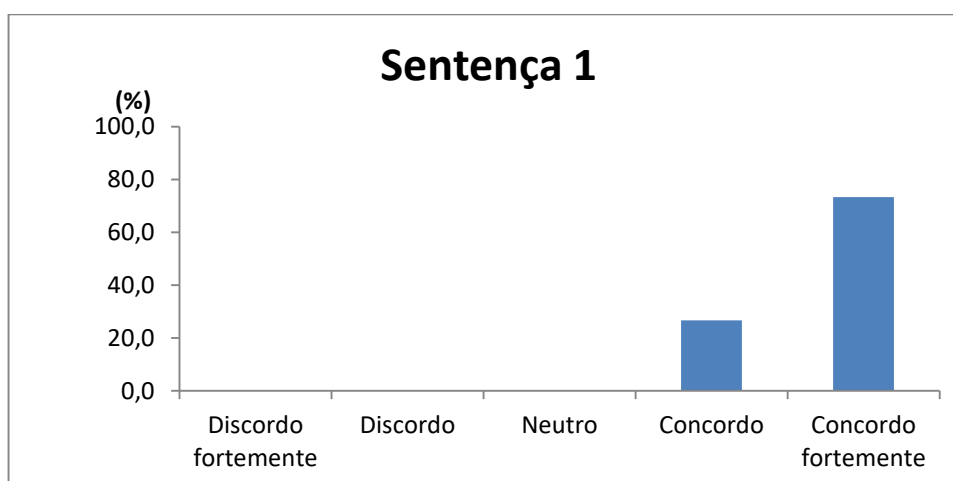


Fonte: Produzido pelo Autor

5.3.3.2 Resultados para o Grupo B

As sentenças utilizadas na entrevista realizada para o Experimento 3 constam no Apêndice H. A Figura 43 exibi as respostas, do Grupo B, para a primeira sentença utilizada no questionário (O usuário consegue utilizar essa funcionalidade de forma satisfatória?), a maioria dos usuários respondeu Concordo Fortemente e Concordo. Os resultados obtidos foram bastante positivos, mostrando que a usabilidade da funcionalidade pode agradar também os usuários não deficientes visuais.

Figura 43 - Respostas do Grupo B para a Sentença 1 do Questionário sobre Radar de POI

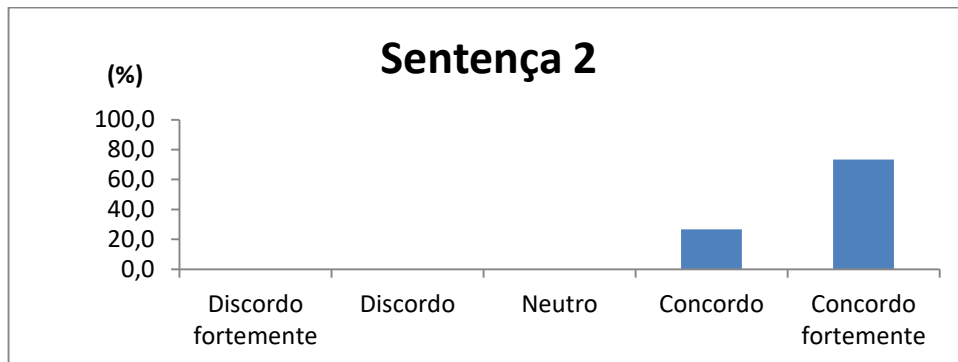


Fonte: Produzido pelo Autor

Na Figura 44, são exibidas as respostas do Grupo B em relação à segunda sentença utilizada no questionário (Os Pontos de Interesse Informados na aplicação são de boa qualidade: possuem posição, de acordo com o sistema de referência adotado, nomes e descrição satisfatórios?). Para esta sentença, a maioria dos voluntários respondeu Concordo Fortemente e Concordo.

Observa-se que para esta funcionalidade, o resultado é extremamente motivador com relação à eficácia da funcionalidade para descrever os POI ao redor do usuário. Os voluntários com visão normal, nesta sentença, também confirmam que a posição do POI informado esta coerente com a realidade.

Figura 44 - Respostas do Grupo B para a Sentença 2 do Questionário sobre Radar de POI

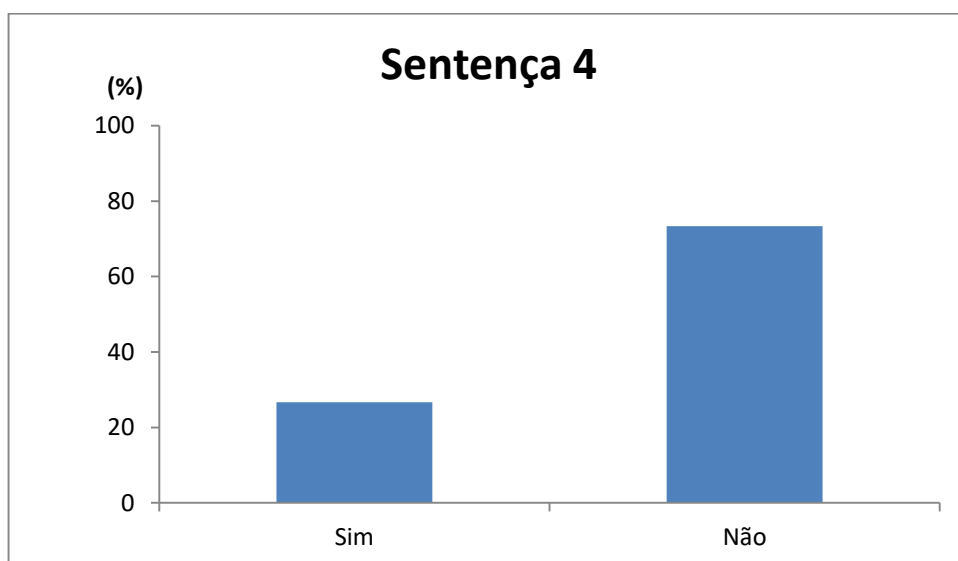


Fonte: Produzido pelo Autor

A Figura 45 expõe as respostas, do Grupo B, para a quarta sentença (a terceira sentença é exclusiva para deficientes visuais) utilizada no questionário (Essa funcionalidade é satisfatória a ponto de você usa-la em seu cotidiano?). Pode-se perceber que, dos voluntários, em torno de 25% responderam Sim e, em torno de 75% responderam Não.

Os voluntários que responderam Não justificaram que esta funcionalidade não tinha muita utilidade para eles. Porém, isto não prejudica a eficácia da funcionalidade, uma vez que este resultado pode ser justificado, de acordo com o que foi discutido no Experimento 2, na Seção 5.3.2.2, na Sentença 5.

Figura 45 - Respostas do Grupo B para a Sentença 4 do Questionário sobre Radar de POI



Fonte: Produzido pelo Autor

5.3.3.3 Avaliação Estatística sobre Satisfação para a Funcionalidade Radar de POI

Assim como nos Experimentos 1 e 2, para avaliar estatisticamente a satisfação da população deficiente visual e não deficiente visual com relação à funcionalidade Exploração Radar de POI, foi aplicado o teste Exato de Fisher, utilizando as respostas referentes à última sentença do questionário/entrevista utilizado para esta funcionalidade.

A Tabela 3 - Frequência de Respostas para Satisfação dos apresenta a quantidade de respostas Sim e Não para cada grupo. A frequência de respostas Sim representa a quantidade de usuários satisfeitos e a frequência de respostas Não demonstra a quantidade de usuários insatisfeitos.

Tabela 3 - Frequência de Respostas para Satisfação dos Voluntários para a funcionalidade Radar de POI

	Grupo A	Grupo B
Sim	11	4
Não	4	11

Fonte: Produzido pelo Autor

O teste aplicado mostrou que, para os dados apresentados na Tabela 3 - Frequência de Respostas para Satisfação dos , existe associação entre as variáveis, pois o valor de P obtido foi menor que 0,05. Logo, pode-se concluir que houve diferença significativa em relação ao grau de satisfação entre o Grupo A e o Grupo B e os usuários do Grupo A estão mais satisfeitos que o Grupo B com relação à funcionalidade Radar de POI. Logo, para a questão de pesquisa Q3, rejeita-se a hipótese nula ($H_0 - Q3$) e é aceita a hipótese alternativa $H_1 - Q3$.

Confirmam-se, portanto, os indícios de que a funcionalidade em questão realmente provê uma forma satisfatória de descrever os POI ao redor do usuário. Porém, sobre a satisfação dos usuários não deficientes visuais com relação a esta funcionalidade, pode-se observar o mesmo fato discutido na Seção 5.3.1.3.

5.3.4 Experimento 4 - Avaliação da Navegação

Este foi o único experimento em que não houve necessidade da participação do Grupo B, pois a Funcionalidade de Navegação é voltada, exclusivamente, para deficientes visuais. Logo, para este experimento (Experimento 4), participaram 4 voluntários do Grupo A. O

pequeno número de voluntários do Grupo A ocorreu pelo mesmo motivo apresentado no Experimento 1. Muitos dos deficientes visuais faltaram na data e hora marcada ou ficaram receosos em sair do Instituto dos Cegos e se dirigirem à UFCG para participar do experimento.

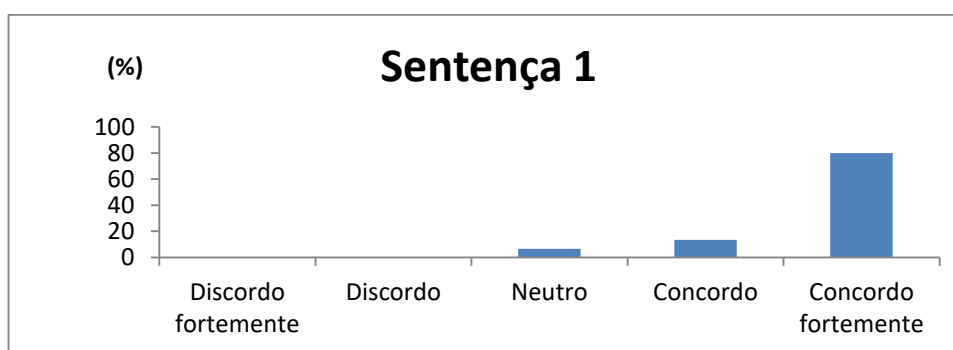
Este experimento foi realizado da seguinte forma: os usuários, fazendo uso da Aplicação Móvel, fizeram um percurso utilizando as vias de pedestre do ambiente de estudo sendo informados dos obstáculos em seu caminho por meio da funcionalidade de Navegação. Para cada voluntário do Grupo A, havia um acompanhante, com visão normal, para minimizar os riscos de acidente e auxiliá-los na travessia das vias de automóveis presentes no percurso. O percurso utilizado neste experimento é o mesmo do Experimento 1 e é apresentado na Figura 19.

5.3.4.1 Resultados para o Grupo A

As sentenças utilizadas na entrevista realizada para o Experimento 4 constam no Apêndice I. Na Figura 46, são ilustradas as respostas, do Grupo A, para a primeira sentença utilizada na entrevista (O intervalo entre as notificações é satisfatório?). A maioria dos voluntários respondeu Concordo Fortemente, uma pequena parcela respondeu Concordo e outra pequena parcela respondeu Neutro.

A parcela dos usuários que respondeu Neutro relatou que o intervalo entre as notificações poderia ser algo configurável. Esta resposta é coerente devido ao fato de que cada usuário deficiente visual possui uma percepção auditiva diferente, portanto, tornar o intervalo entre as notificações configurável pelo próprio usuário é algo positivo e pode agregar mais valor a esta funcionalidade. Verifica-se, também, que este resultado é bastante motivador, uma vez que a maioria dos usuários relatou estar satisfeito com relação a esta sentença.

Figura 46 - Respostas do Grupo A para a Sentença 1 do Questionário sobre Navegação

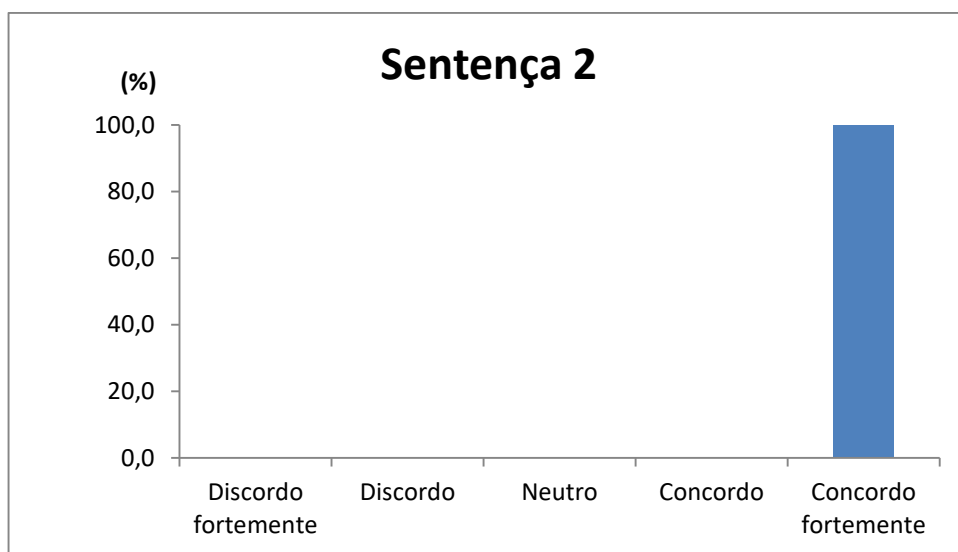


Fonte: Produzido pelo Autor

A Figura 47 exibe as respostas, do Grupo A, para a segunda sentença utilizada na entrevista (A funcionalidade oferece uma interface satisfatória?). Para esta sentença, todos os voluntários responderam Concordo Fortemente.

O resultado obtido é extremamente encorajador e pode ser justificado, também, pelo que foi discutido no Experimento 1, para esta mesma sentença, que mostra que este resultado foi obtido, provavelmente, pela atenção que foi dada à questão da interface de usuário nesse estudo.

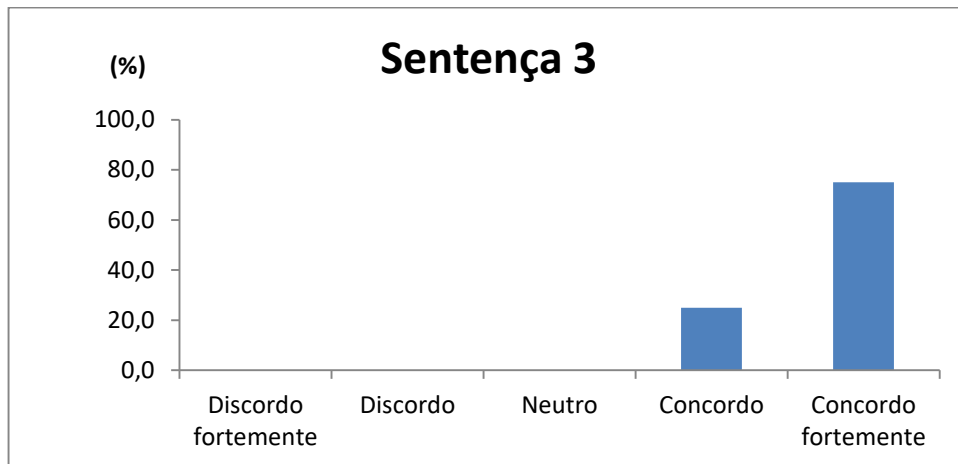
Figura 47 - Respostas do Grupo A para a Sentença 2 do Questionário sobre Navegação



Fonte: Produzido pelo Autor

Na Figura 48 são ilustradas as respostas do Grupo A em relação à terceira sentença utilizada na entrevista (No momento da navegação, é possível identificar os obstáculos e os POI que estão sendo reportados pelo sistema?). Para esta sentença, 75% dos usuários responderam Concordo Fortemente e 25% responderam Concordo. Logo, diante deste resultado, são fortes os indícios de que a funcionalidade de Navegação realmente pode ser utilizada pelos deficientes visuais, ajudando-os a identificar obstáculos e, portanto, evitar acidentes.

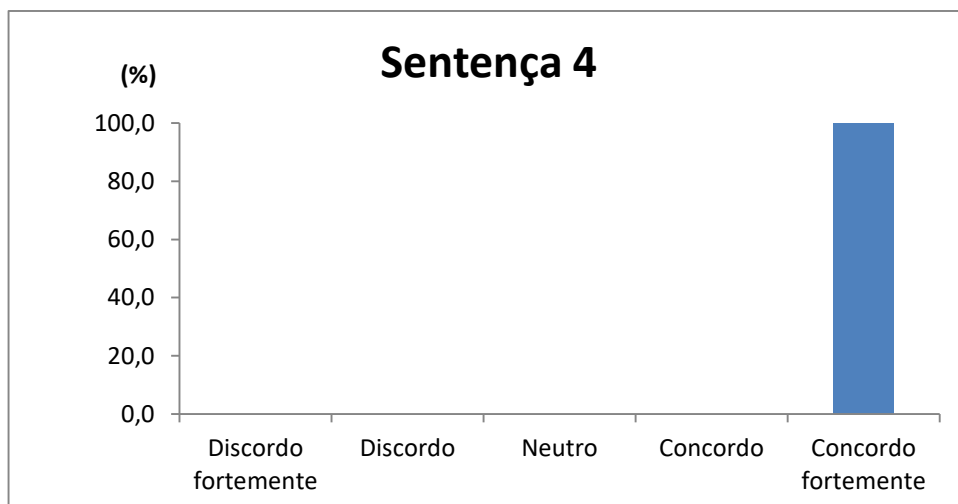
Figura 48 - Respostas do Grupo A para a Sentença 3 do Questionário sobre Navegação



Fonte: Produzido pelo Autor

A Figura 49 expõe as respostas, do Grupo A, para a quarta sentença utilizada na entrevista (O sistema oferece uma boa qualidade de mensagens auditivas?). Para esta sentença, todos os voluntários responderam Concordo Fortemente. Observa-se, assim como foi discutido no Experimento 1 (Seção 5.3.1.1, na Sentença 5), que a interface com o usuário realmente pode ser satisfatória para os deficientes visuais.

Figura 49 - Respostas do Grupo A para a Sentença 4 do Questionário sobre Navegação



Fonte: Produzido pelo Autor

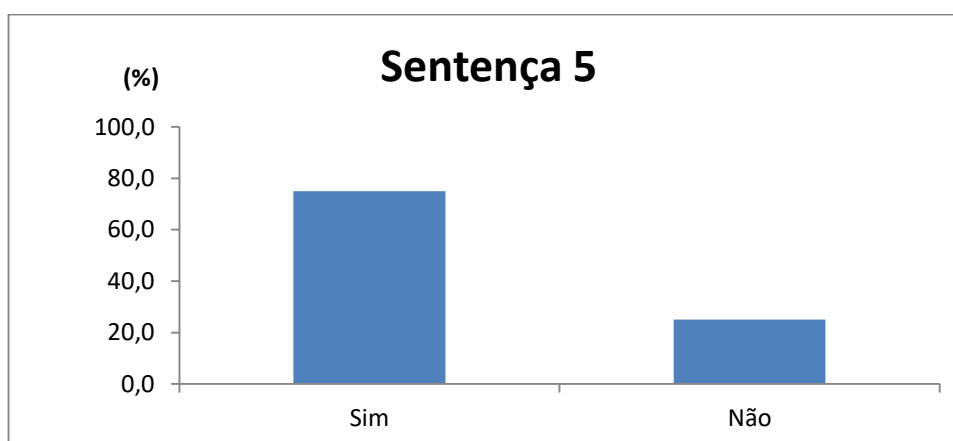
A Figura 50 ilustra as respostas, do Grupo A, para a quinta sentença utilizada na entrevista (Essa funcionalidade é satisfatória a ponto de você usa-la em seu cotidiano?). Para esta sentença, a maior parte dos voluntários respondeu Sim. Apenas um dos voluntários

respondeu Não. Este apontou o gasto com a internet para usar a funcionalidade e o medo de assaltos em ambientes abertos como fatores inviabilizadores, o que não desvaloriza a funcionalidade como já foi discutido no Experimento 1 (Seção 5.3.1.1, na Sentença 6).

Além disso, pode-se observar que a maioria dos voluntários respondeu SIM, mostrando que estes deixaram de lado as questões de custos com internet e perigo de assaltos e roubos e passaram a valorizar mais a funcionalidade. Isto ocorreu, provavelmente, porque os usuários com deficiência visual possuem uma forte necessidade de soluções de navegação, que possua uma interface acessível, evitando obstáculos.

Portanto, percebe-se que os resultados obtidos são muito motivadores e dão indícios de que esta funcionalidade realmente pode resolver alguns problemas de navegação para os deficientes visuais.

Figura 50 - Respostas do Grupo A para a Sentença 6 do Questionário sobre Navegação

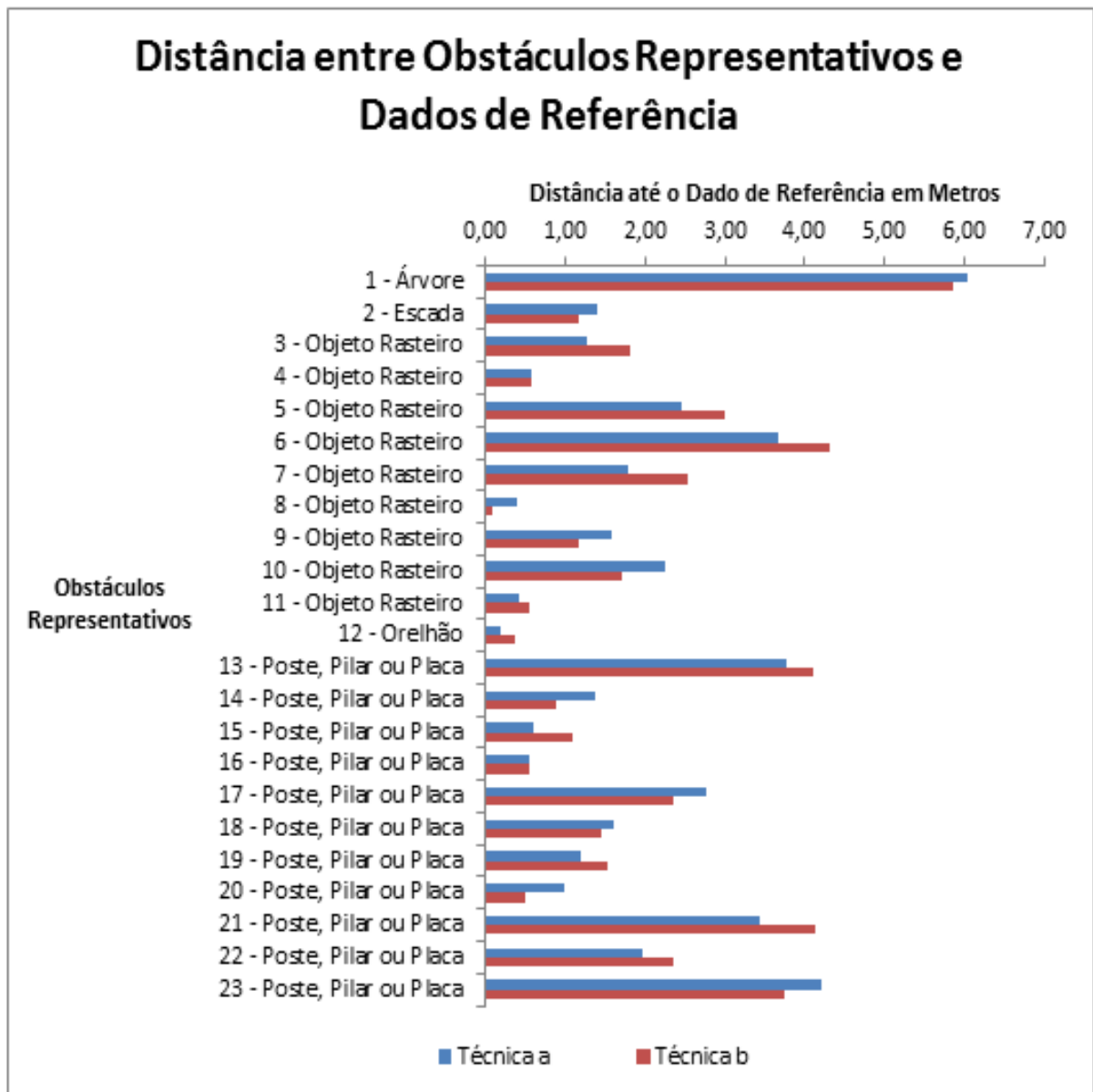


Fonte: Produzido pelo Autor

5.3.4.2 Experimento 5 - Resultados para Comparação entre a Técnica “a” e a Técnica “b” para Geração de Obstáculo Representativo.

A fim de responder à questão de pesquisa Q4, ou seja, avaliar quais das técnicas de geração de Obstáculo Representativo foi mais satisfatória, primeiramente foi selecionado, para cada Obstáculo Representativo, o Dado de Referência correspondente. Em seguida, foi medida a distância do obstáculo gerado pela técnica “a” até o dado de referência e do obstáculo gerado pela técnica “b” até o dado de referência. Isto foi feito manualmente por meio da semelhança da posição geográfica e do tipo do obstáculo em questão. A Figura 51 exibiu os Obstáculos Representativos coletados, seus respectivos tipos e a distância deles, utilizando a técnica a e a técnica b, em relação aos seus respectivos Dados de Referência.

Figura 51 - Comparação entre as Técnicas "a" e "b" para Geração de Obstáculos

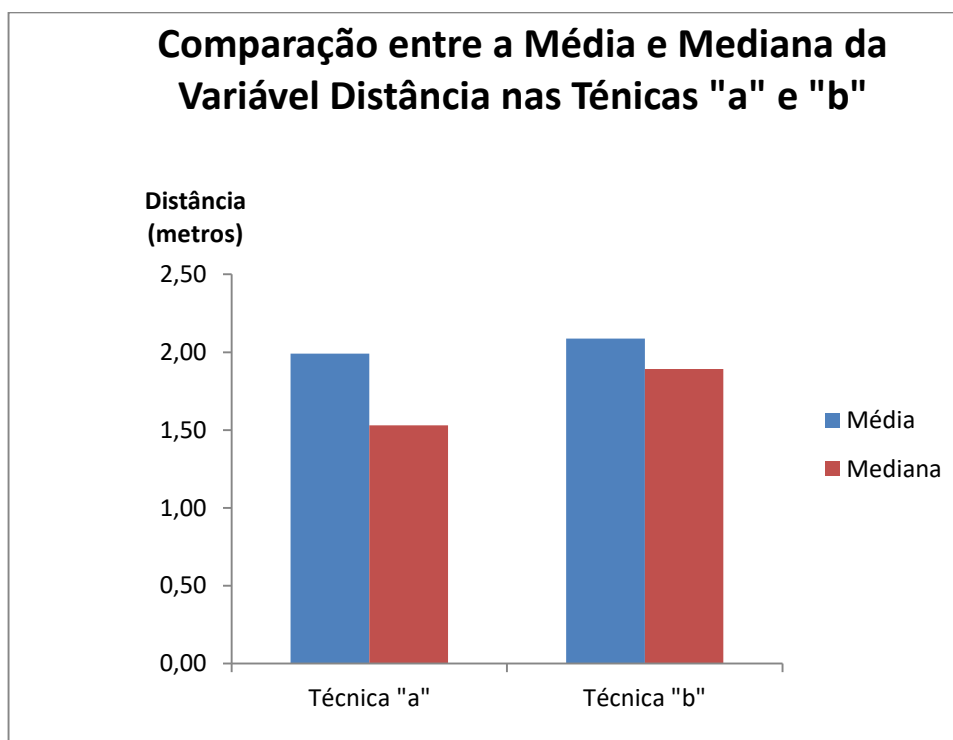


Fonte: Produzido pelo Autor

Para avaliar quais das técnicas foram mais satisfatórias foi utilizado o teste T, uma vez a variável em questão é quantitativa (distância) e deseja-se verificar se há diferença significativa entre as médias das distâncias das duas técnicas utilizadas. O resultado do teste executado apresenta um valor de $p > 0,05$. Ou seja, não há diferença estatística significativa entre a média da técnica "a" e a média da técnica "b". Portanto, pode-se afirmar que nenhuma das técnicas é mais satisfatória que a outra. Assim, não se pode rejeitar a hipótese nula H_0-Q_4 .

Apesar de não haver diferença entre as técnicas desenvolvidas, percebe-se que a média da variável distância (Figura 52), em ambas as técnicas, possui um valor em torno de dois metros, demonstrando que o erro de posicionamento é baixo, portanto, animador e fortalecendo mais os indícios sobre a eficácia das técnicas desenvolvidas.

Figura 52 - Média e Mediana da Variável Distância nas Técnicas "a" e "b"



Fonte: Produzida pelo Autor

5.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste Capítulo foi apresentada a metodologia utilizada na pesquisa, o Desenho Experimental e as Avaliações Estatísticas para cada questão de pesquisa apresentada.

Os resultados obtidos demonstram indícios satisfatórios de que a Plataforma desenvolvida atende as necessidades dos usuários deficientes visuais. Porém, para pessoas com visão normal: a funcionalidade Coleta de Obstáculo não se mostrou tão útil, pois essa funcionalidade não é utilizada para solucionar nenhum problema do cotidiano desses voluntários e sim para prover uma maior identificação de obstáculos que será de grande importância para os deficientes visuais; sobre as outras duas funcionalidades (Exploração Retilínea de Objetos à Frente e Radar de POI), estas também não se mostram tão úteis;

provavelmente, quando os usuários conhecem bem a região em que estão utilizando as funcionalidades.

Com relação às técnicas para geração de Obstáculos Representativos, o teste estatístico realizado mostrou que não há diferença entre os dois para representar os obstáculos. Entretanto, observa-se que a média da variável distância, em ambas as técnicas, possui um valor baixo, em torno de dois metros, demonstrando que ambas as técnicas dão indícios de serem alternativas úteis para geração de Obstáculos Representativos que tentam simular a posição de obstáculos reais nas áreas de locomoção de pedestre.

A funcionalidade de navegação, apesar de não ter sido utilizado nenhum teste estatístico para avaliá-la, mostrou-se extremamente satisfatória para a amostra utilizada (voluntários deficientes visuais) e no ambiente de teste. Portanto, esta pode ser uma solução para navegação, evitando obstáculo, dos usuários deficientes visuais.

No próximo capítulo, serão apresentadas as considerações finais deste estudo e as direções para pesquisas futuras.

6 CONCLUSÃO

Neste capítulo, são apresentadas as principais conclusões do estudo desenvolvido neste mestrado, juntamente com as contribuições advindas desta pesquisa. Por fim, são discutidos os apontamentos para os estudos futuros.

Esta pesquisa teve como objetivo desenvolver e avaliar uma plataforma para auxílio na mobilidade de deficientes visuais por meio da identificação de obstáculos presentes em áreas de locomoção de pedestres. Outro objetivo foi o desenvolvimento e avaliação de funcionalidades capazes de ajudar os usuários na identificação dos POI que possam estar ao seu redor ou presentes em certa direção.

Os resultados desta pesquisa são encorajadores e dão indícios de que as funcionalidades desenvolvidas são satisfatórias para resolver os problemas levantados no Capítulo 1. Apesar dos voluntários relatarem impasses como o custo com o uso da internet e o medo de assaltos ao usar os dispositivos em ambientes abertos, pôde-se perceber que ambas as questões não são determinantes para impedir o uso *do software* em todas as situações e, adicionalmente, há expectativa de que esses problemas possam ser mitigados ao longo do tempo. De fato, para muitas pessoas, o custo da internet 3G ou 4G não é um impedimento para sua utilização, dado que o valor para utilização da internet móvel tem se tornado cada vez menor ao longo dos anos. Além disso, atualmente, com o fenômeno das cidades inteligentes, algumas cidades do Brasil já possuem internet gratuita em todo o seu território (por exemplo, São João da Barra no estado do Rio de Janeiro) e já existem iniciativas para implantação de internet gratuita em muitas outras áreas metropolitanas. Com relação aos perigos relacionados a assaltos e roubos, percebe-se que essa realidade não é vivenciada em vários outros países do mundo.

Além disso, sobre a utilização das técnicas para agrupamentos de obstáculos, apesar dos testes estatísticos mostrarem que não há diferença significativa entre ambos, pôde-se perceber que a distância média entre os Obstáculos Representativos, gerados por ambas as técnicas, e os Dados de Referência foi baixa, em torno de 2 metros. Ou seja, isto pode representar indicativos de que a utilização destas técnicas para representar obstáculos reais, presentes nas áreas de locomoção de pedestres, pode ser adequada e de muita utilidade.

O restante deste capítulo está organizado da seguinte forma: a Seção 6.1 discute as principais contribuições geradas pela pesquisa em questão; a Seção 6.2 apresenta as direções para as pesquisas futuras que podem ser realizadas para complementar este estudo.

6.1 CONTRIBUIÇÕES

A plataforma apresentada nesta pesquisa busca atender demandas ainda não supridas com relação a funcionalidades para navegação, reconhecimento de obstáculos em áreas de locomoção de pedestres e identificação de POI para deficientes visuais. Isto é discutido no Capítulo 3, que apresenta o estado da arte desta área de pesquisa e mostra que muitos dos estudos não apresentam soluções satisfatórias para o problema descrito.

Como principais contribuições desta pesquisa, pode-se citar:

- I. **Desenvolvimento de uma funcionalidade inovadora para coleta de obstáculos, baseada em VGI, com suporte a atualização manual da posição destes.** Desconsiderando os problemas já discutidos (i.e., custo da internet móvel e questões relacionadas à segurança), esta se mostrou bastante satisfatória para a amostra, afirmação baseada nas respostas aos questionários, que foram bastante positivas, avaliando desde a interface com usuário até as mensagens de saída.
- II. **Desenvolvimento de uma funcionalidade para descrição de POI localizados ao redor do usuário ou presentes em uma determinada direção,** os quais ajudam os usuários a se localizar no ambiente apresentando os POI de uma determinada região. Apesar dos usuários destacarem os mesmos problemas discutidos anteriormente, pôde-se verificar, por meio das entrevistas, que estas funcionalidades se mostraram bastante úteis e satisfatórias para os deficientes visuais, contemplando uma interface fácil, simples e objetiva e mensagens auditivas de boa qualidade. Foi possível identificar também que a maioria dos usuários não sentiu dificuldade em utilizar as funcionalidades, ou seja, demonstrando que estas foram bem aceitas por esse público.
- III. **Desenvolvimento de um algoritmo para navegação de deficientes visuais considerando obstáculos presentes em áreas de locomoção de pedestres;** assim como as funcionalidades anteriores, esta foi muito bem aceita de acordo com as entrevistas, desconsiderando os fatores custo da internet móvel e perigos de assaltos. Além disso, de acordo com o que foi discutido no Capítulo 3, esta funcionalidade é uma importante inovação na área de locomoção de deficientes visuais.
- IV. **Desenvolvimento de um algoritmo que, por meio do processamento de um grupo de pontos geográficos, busca fornecer uma posição precisa de um objeto real.** Esta é uma importante contribuição, pois apresenta um método para identificação de

obstáculos, utilizando as informações reportadas pelos próprios usuários no sistema, ou seja, não há necessidade de sensores ou outros equipamentos para isto. Por meio dos dados coletados, têm-se indícios de que estas técnicas geram Obstáculos Representativos que representam obstáculos reais nas áreas de pedestres com baixo erro de posicionamento geográfico.

6.2 PESQUISAS FUTURAS

Esta pesquisa desenvolveu uma Plataforma que auxilia na mobilidade de deficientes visuais. Porém, nota-se que, mesmo com as soluções oferecidas, algumas lacunas podem ser exploradas em estudos futuros. Portanto, visando ampliar as contribuições científicas apresentadas e melhorar as soluções no âmbito da navegação para deficientes visuais, podem-se destacar as seguintes pesquisas futuras:

- I. Obstáculos extensos podem ser perigosos para usuários deficientes visuais, uma vez que oferecem uma superfície maior de colisão com o indivíduo. Portanto, a identificação e apresentação dessa categoria na navegação dos usuários garante maior confiabilidade à Plataforma. Logo, buscar algoritmos para identificação de obstáculos extensos, como canteiros ou pequenos lagos artificiais é uma importante contribuição a ser adicionada à solução proposta.
- II. Oferecer para o usuário a possibilidade de gerar rotas para um determinado destino, e avaliar a dificuldade de transitar por determinados caminhos, com base na quantidade de obstáculos e na dificuldade de cada um deles;
- III. O Mapeamento de vias de pedestres para serem utilizadas em algoritmos de Map Matching é algo de grande importância. Isto pode ser feito também utilizando a técnica de VGI. Voluntários não deficientes visuais podem participar desta tarefa mapeando os caminhos para pedestres de uma cidade;
- IV. Utilizar VGI para detectar, nas vias de pedestres, objetos como faixas de pedestres ou pisos táteis;
- V. Adição de fotos para facilitar a classificação de obstáculos que se enquadram na categoria “Outros” por colaboradores não deficientes visuais;
- VI. Faz-se necessários também tratamentos para obstáculos que podem ser transitórios no ambiente. Uma maneira de fazer é por meio do *feedback* do usuário, ou seja, uma vez

que o usuário passa por um obstáculo, a plataforma “pergunta” a ele se aquele obstáculo foi encontrado.

- VII. Incorporar sensores como o Bluetooth Beacon, por exemplo, para identificação de obstáculos em tempo real. Os dispositivos Bluetooth Beacons podem ser instalados próximos a áreas ou obstáculos perigosos presentes nas vias de pedestre e, assim, se comunicarem com a plataforma em tempo real, informando a existência de estes.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SIEBRA, CLAUIRTON, et al. Toward accessibility with usability: understanding the requirements of impaired users in the mobile context. In: Proceedings of the 11th International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication. 17., 2017, Japan. *Anais...* Japan: ACM, 2017. p. 1-6.

HASHEMI, MAHDI, and HASSAN A. KARIMI. A weight-based map-matching algorithm for vehicle navigation in complex urban networks. *Journal of Intelligent Transportation Systems*, Library Services City University London, p. 573-590, 2016.

NIKOLIĆ, MARKO, and JADRANKA JOVIĆ. Implementation of generic algorithm in map-matching model. *Journal Expert Systems with Applications*, Elsevier, p. 283-292, 2017.

BRADY, ERIN, and JEFFREY P. BIGHAM. How companies engage customers around accessibility on social media. In: Proceedings of the 16th international ACM SIGACCESS conference on Computers & accessibility, 2014, USA. *Anais...* USA: ACM, 2014 p. 51-58.

MARTINO, LUCA, et al. Cooperative parallel particle filters for online model selection and applications to urban mobility. *Journal Digital Signal Processing*, Elsevier, p: 172-185, 2017. *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, Scielo Brasil, UNICAMP, p.142-154, 2016.

DO CAROMO BEZERRA, MARIA, MARINA MADSEN, and MARCO DE MELLO. Mobility on Modern Urbanism: A Study of Brasilia's Plano Piloto. *Journal Procedia Environmental Sciences*, Elsevier, p. 294-305, 2017.

NISHIKAWA, HIDEHIKO, et al. The value of marketing crowdsourced new products as such: Evidence from two randomized field experiments. *Journal of Marketing Research*, American Marketing Association, 2017.

MAO, KE, et al. A survey of the use of crowdsourcing in software engineering. *Journal of Systems and Software*, Elsevier, p : 57-84, 2017.

ALI, AHMED LOAI, et al. Rule-guided human classification of Volunteered Geographic Information. *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, Elsevier, p: 3-15, 2017.

SENARATNE, HANSI, et al. A review of volunteered geographic information quality assessment methods. *International Journal of Geographical Information Science*, Taylor & Francis, p. 139-167, 2017.

MAHABIR, RON, et al. Authoritative and volunteered geographical information in a developing country: A comparative case study of road datasets in Nairobi, Kenya. *International Journal of Geo-Information*, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, p. 24, 2017.

COHEN, PHILIP R., and SHARON OVIATT. Multimodal speech and pen interfaces. In: *The Handbook of Multimodal-Multisensor Interfaces in Association for Computing Machinery and Morgan & Claypool*, 1, 2017, USA. *Anais...* USA, *The Handbook of Multimodal-Multisensor Interfaces*, 2017, p.403-447.

KOPP, STEFAN, and KIRSTEN BERGMANN. Using cognitive models to understand multimodal processes: The case for speech and gesture production. *The Handbook of Multimodal-Multisensor Interfaces in Association for Computing Machinery and Morgan & Claypool*, 1, 2017, USA. *Anais...* USA, *The Handbook of Multimodal-Multisensor Interfaces*, 2017, p.403-447.

KHARADE, RUJUTA, et al. GPS Assisted Location Based Service for Smart City with Cloud Integration. *Journal Provider*, p. 64-67, 2017.

HASHEMI, MAHDI. Reusability of the Output of Map-Matching Algorithms Across Space and Time Through Machine Learning. *Journal IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, IEEE, p. 1-10, 2017).

GRUSSENMEYER, William and FOLMER, Eelke. Accessible Touchscreen Technology for People with Visual Impairments: A Survey. **ACM Transactions on Accessible Computing (TACCESS)**, v. 9, n. 2, p. 6, 2017.

Revista de Política Social y Servicios Sociales. Instituto de Política social y SocialMurcia, 2017, p. 97-107.

GOTTSCHALG-DUQUE, CLAUDIO, and CLAUDIO GOTTSCHALG DUQUE. Relevância da geoinformação no processo multimodal de comunicação cartográfica. In: XVI ENANCIB – Informação, Memória e Patrimônio: do documento às redes, 16, 2015, João Pessoa – PB. *Anais...* João Pessoa – PB: ENANCIB, 26 a 30 de outubro, 2017, p. 1-7.

JAYAKODY, J. A. D. C.; MURRAY, I.; HERRMANN, J. An algorithm for labeling topological maps to represent point of interest for vision impaired navigation. In: INDOOR POSITIONING AND INDOOR NAVIGATION (IPIN), 2015 INTERNATIONAL CONFERENCE ON, 1, 2015, Banff (AB).

RICE, REBECCA M. Validating VGI Data Quality in Local Crowdsourced Accessibility Mapping Applications: a George Mason University Case Study. Summer Semester 2015. f. 110. Tese. George Mason University. Department of Geographic and Cartographic Science. 2014.

SENARATNE, HANSI, et al. A review of volunteered geographic information quality assessment methods. *International Journal of Geographical Information Science*, Taylor & Francis, p. 139-167, 2017.

ANTONIOU, V.; SKOPELITI, A. Measures and Indicators of Vgi Quality: AN Overview. In: ISPRS GEOSPATIAL WEEK 2015, 1, 2015, France. *Anais...* France: ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, setembro/outubro de 2015, p. 345-351.

ANTONIOU, V.; SKOPELITI, A. Measures and Indicators of Vgi Quality: AN Overview. In: ISPRS GEOSPATIAL WEEK 2015, 1, 2015, France. *Anais...* France: ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, setembro/outubro de 2015, p. 345-351.

BRASIL. *Saberes e Práticas da Inclusão: Estratégias para a Educação de Alunos com Necessidades Educacionais Especiais*. Brasília: SEESP, 2003.

BROCK, A.; TRUILLET, P.; ORIOLA, B.; PICARD, D.; JOUFFRAIS, C. Design and user satisfaction of interactive maps for visually impaired people. In: International Conference on Computers for Handicapped Persons - Computers Helping People with Special Needs, 7383, 2012, Berlin. *Anais...* Berlin: ICCHP, julho de 2012, p. 544-551.

CALLE-JIMÉNEZ, T.; LUJÁN-MORA, S. Using Crowdsourcing to Improve Accessibility of Geographic Maps on Mobile Devices. In: ACHI 2015 - The eighth international conference on advances in computer-human interactions, 1, 2015, Portugal. *Anais...* Portugal: IARIA, fevereiro de 2015, p. 150-154.

COUGHLAN, J. M.; SHEN, H. Crosswatch: a system for providing guidance to visually impaired travelers at traffic intersections. *Journal of assistive technologies*, Emerald Group Publishing Limited, p. 131-142, 2013.

CSAPÓ, Á.; WERSÉNYI, G.; NAGY, H.; STOCKMAN, T. A survey of assistive technologies and applications for blind users on mobile platforms: A review and foundation for research. *Journal on Multimodal User Interfaces*, Springer, p.275-286, 2015.

FAVRETTO, D. O.; CARVALHO, E. C. D.; CANINI, S. R. M. D. S. Intervenções realizadas pelo enfermeiro para melhorar a comunicação com deficientes visuais. *Northeast Network Nursing Journal*, Rev. Rene, p. 68-73, 2008.

FONTE, C. C.; BASTIN, L.; FOODY, G.; KELLENBERGER, T.; KERLE, N.; MOONEY, P.; OLTEANU-RAIMOND, A.M.; SEE, L. VGI quality control. In: ISPRS Geospatial week 2015, 1, 2015, France. *Anais...* France: ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, setembro/outubro de 2015, p. 317-324.

JAYAKODY, J. A. D. C.; MURRAY, I.; HERRMANN, J. An algorithm for labeling topological maps to represent point of interest for vision impaired navigation. In: INDOOR POSITIONING AND INDOOR NAVIGATION (IPIN), INTERNATIONAL CONFERENCE ON, 1, 2015, Banff. *Anais...* Banff: IEEE, outubro de 2015, p. 1-8.

KAKLANIS, N.; VOTIS, K.; TZOVARAS, D. A mobile interactive maps application for a visually impaired audience. In: Proceedings of the 10th International Cross-Disciplinary Conference on Web Accessibility, 23, 2013, Brasil. *Anais...* Brasil: ACM, maio de 2013, p. 1-23.

KAKLANIS, N.; VOTIS, K.; TZOVARAS, D. Open Touch/Sound Maps: A system to convey street data through haptic and auditory feedback. *Journal Computers & Geosciences*, Elsevier, p. 59-67, 2013.

KAKLANIS, N., VOTIS, K., TZOVARAS, D. Touching openstreetmap data in mobile context for the visually impaired. In: Proceedings of the 3rd Workshop on Mobile Accessibility-ACM Sigchi Conference on Human Factors in Computing Systems, 3, 2013, France. *Anais...* France: ACM, abril de 2013, p. 68-74.

KOUKOURIKOS, P.; PAPADOPOULOS, K. Development of Cognitive Maps by Individuals with Blindness Using a Multisensory Application. *Journal Procedia Computer Science*, Elsevier, p. 213-222, 2015.

LIAO, C. F. Development of a Navigation System Using Smartphone and Bluetooth Technologies to Help the Visually Impaired Navigate Work Zones Safely. *Minnesota Department of Transportation, Research Services & Library*, Minnesota, v. 2014-12, n. 2013027, p. 1-86, 2014.

LIAO, C. F.; RAKAUSKAS, M.; RAYANKULA, A. Development of Mobile Accessible Pedestrian Signals (MAPS) for blind pedestrians at signalized intersections. *Minnesota Center for Transportation Studies*, Minnesota, v. 11-11, n. 2010052, p. 1-135, 2011.

PAISIOS, N. Mobile accessibility tools for the visually impaired. 2012. f. 133. Tese (Doutorado em Filosofia) - Department Of Computer Science Courant Institute Of Mathematical Sciences, New York. 2012.

MARTINEZ-SALA, A. S.; LOSILLA, F.; SÁNCHEZ-AARNOUTSE, J. C.; GARCÍA-HARO, J. Design, Implementation and Evaluation of an Indoor Navigation System for Visually Impaired People. *Journal Sensors*, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, p. 32168-32187, 2015.

QIN, H.; ABURIZAIZA, A. O.; RICE, R. M.; PAEZ, F.; RICE, M. T. Obstacle Characterization in a Geocrowdsourced Accessibility System. *Journal ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, ISPRS Geospatial Week 2015, p. 179-185, 2015.

QIN, H., RICE, R. M., FUHRMANN, S., RICE, M. T., CURTIN, K. M., & ONG, E. Geocrowdsourcing and accessibility for dynamic environments. *GeoJournal*, Springer, p. 699-716, 2016.

RICE, M.; T.; JACOBSON, R., D.; CALDWELL, D., R.; MCDERMOTT, S., D.; PAEZ, F., I.; ABURIZAIZA, A., O.; CURTIN, K., M.; STEFANIDISA, A.; QIN, H. Crowdsourcing techniques for augmenting traditional accessibility maps with transitory obstacle information. *Journal Cartography and Geographic Information Science*, Taylor & Francis, p. 210-219, 2013.

RICE, Matthew T. et al. **Crowdsourcing to support navigation for the disabled: A report on the motivations, design, creation and assessment of a Testbed environment for accessibility**. GEORGE MASON UNIV FAIRFAX VA, 2013.

RICE, Matthew T. et al. **Quality assessment and accessibility applications of crowdsourced geospatial data: A report on the development and extension of the George Mason University Geocrowdsourcing Testbed**. GEORGE MASON UNIV FAIRFAX VA, 2014.

SANTOS, J. P.; FOREST, J. D.; DUTRA, G. A.; ALMEIDA, M. Uma avaliação da bengala eletrônica (tecnologia assistiva), para a melhoria de mobilidade dos deficientes visuais. In: Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 6, 2012, Brasil. *Anais...* Brasil: AEDB, 2009, p. 1-13.

SCHMITZ, B.; BECKER, S.; BLESSING, A.; GROSSMANN, M. Acquisition and presentation of diverse spatial context data for blind navigation. In: Mobile Data Management, 1, 2011, Sweden. *Anais...* Sweden: IEEE, 2011, p. 276-284.

SENETTE, C.; BUZZI, M. C.; BUZZI, M.; LEPORINI, B.; MARTUSCIELLO, L. Enriching graphic maps to enable multimodal interaction by blind people. In: International Conference on Universal Access in Human-Computer Interaction, 8009, 2013, Berlin. *Anais...* Berlin: Springer, 2013, p. 576-583.

TANIA C., J.; SERGIO, L., M. Using Crowdsourcing to Improve Accessibility of Geographic Maps on Mobile Devices. In: The eighth international conference on advances in computer-human interactions (ACHI 2015), 1, 2015, Portugal. *Anais...* Portugal: IARIA, 2015, p. 150-154.

ZENG, L.; WEBER, G. A pilot study of collaborative accessibility: how blind people find an entrance. In: 17th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services, 17, 2015, Nova York. *Anais...* Nova York: ACM, 2015, p. 347-356.

ESTER, Martin et al. A density-based algorithm for discovering clusters in large spatial databases with noise. In: Kdd. 1996. p. 226-231.

8 APÊNDICES

APÊNDICE A



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
 Unidade Acadêmica de Sistemas e Computação
 Av. Aprígio Veloso, 882, Bloco CN – Bodocongó, Caixa Postal 10.106
 CEP 58.109-970 - Campina Grande – PB


CARTA DE ANUÊNCIA

Ilma. Presidente do Instituto dos Cegos de Campina Grande,
 Adenise Queiroz

Vimos, por meio desta, solicitar a Vossa Senhoria a autorização para que os pesquisadores da Unidade Acadêmica de Sistemas e Computação do projeto de pesquisa intitulado “Auxílio a Mobilidade de Deficientes Visuais por meio de Sensores Humanos” possam desenvolver suas atividades de pesquisa utilizando os integrantes do Instituto dos Cegos de Campina Grande durante o período de 21 de novembro de 2016 à 31 de julho de 2017.

Desde já, os responsáveis pela execução do referido projeto de pesquisa agradecem seu apoio e compreensão.

Campina Grande, 30/11/2016


 Igor Gomes de Meneses Cruz
 Pesquisador Responsável
 (83) 99655-4665

() Concordamos com a solicitação () Não concordamos com a solicitação

INSTITUTO DE EDUCAÇÃO E ASSIST. AOS CEGOS DO NORDESTE
ADENISE QUEIROZ
 Adenise Queiroz
 Presidente do Instituto dos Cegos de Campina Grande

INSTITUTO DE EDUCAÇÃO E ASSISTÊNCIA
 AOS CEGOS DO NORDESTE
 P1 Stella Maria de Araújo Pereira
 Stella Maria de Araújo Pereira
 SECRETÁRIA

APÊNDICE B



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
UNIDADE ACADÊMICA DE SISTEMAS E COMPUTAÇÃO



Av. Aprígio Veloso, 882, Bloco CN – Bodocongó, Caixa Postal 10.106
CEP 58.109-970 - Campina Grande – PB

TERMO DE ANUÊNCIA INSTITUCIONAL

Eu, Carlos Eduardo Santos Pires, coordenador Administrativo da Unidade Acadêmica de Sistemas e Computação do curso de Ciência da Computação da UFCG, autorizo o desenvolvimento da pesquisa intitulada: “AUXILIANDO A MOBILIDADE DE DEFICIENTES VISUAIS POR MEIO DE SENSORES HUMANOS” utilizando os integrantes do Instituto dos Cegos de Campina Grande durante o período de 21 de novembro de 2016 à 31 de julho de 2017, tendo como pesquisador responsável o aluno Igor Gomes de Meneses Cruz.

Campina Grande, 20 / 12 / 2016

Carlos Eduardo Santos Pires

Carlos Eduardo Santos Pires
Coordenador Administrativo da Unidade
Acadêmica de Sistemas e Computação

APÊNDICE C



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE

UNIDADE ACADÊMICA DE SISTEMAS E COMPUTAÇÃO

Av. Aprígio Veloso, 882, Bloco CN – Bodocongó, Caixa Postal 10.106
CEP 58.109-970 - Campina Grande – PB

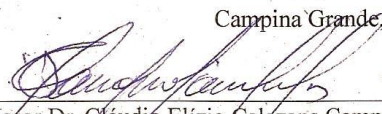


Termo de Compromisso de divulgação dos resultados

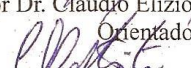
Por este termo de responsabilidade, nós, abaixo – assinados, respectivamente, orientadores e pesquisador responsável da pesquisa intitulada “AUXÍLIO À MOBILIDADE DE DEFICIENTES VISUAIS POR MEIO DE SENSORES HUMANOS” assumimos o compromisso de:

- Preservar a privacidade dos participantes da pesquisa cujos dados serão coletados;
- Assegurar que as informações serão utilizadas única e exclusivamente para a execução do projeto em questão;
- Assegurar que os benefícios resultantes do projeto retornem aos participantes da pesquisa, seja em termos de retorno social, acesso aos procedimentos, produtos ou agentes da pesquisa;
- Assegurar que as informações somente serão divulgadas de forma anônima, não sendo usadas iniciais ou quaisquer outras indicações que possam identificar o sujeito da pesquisa;
- Assegurar que os resultados da pesquisa serão encaminhados para a publicação, com os devidos créditos aos autores.

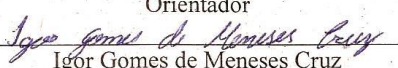
Campina Grande, 22/12/2016



Professor Dr. Cláudio Elizio Calazans Campelo
Orientador



Professor Dr. Cláudio de Souza Baptista
Orientador



Igor Gomes de Meneses Cruz
Pesquisador Responsável

APÊNDICE D



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE

UNIDADE ACADÊMICA DE SISTEMAS E COMPUTAÇÃO

Av. Aprígio Veloso, 882, Bloco CN – Bodocongó, Caixa Postal 10.106
CEP 58.109-970 - Campina Grande – PB

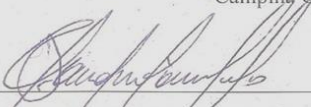


Termo de Compromisso dos Pesquisadores

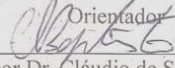
Por este termo de responsabilidade, nós, abaixo – assinados, respectivamente, orientadores e pesquisador responsável da pesquisa intitulada “AUXÍLIO À MOBILIDADE DE DEFICIENTES VISUAIS POR MEIO DE SENSORES HUMANOS” assumimos cumprir fielmente as diretrizes regulamentadoras emanadas da Resolução nº 466, de 12 de Dezembro de 2012 do Conselho Nacional de Saúde/ MS e suas Complementares, homologada nos termos do Decreto de Delegação de Competência de 12 de novembro de 1991, visando assegurar os direitos e deveres que dizem respeito à comunidade científica, ao (s) sujeito (s) da pesquisa e ao Estado.

Reafirmamos, outros sim, nossa responsabilidade indelegável e intransferível, mantendo em arquivo todas as informações inerentes a presente pesquisa, respeitando a confidencialidade e sigilo das fichas correspondentes a cada sujeito incluído na pesquisa, por um período de 5 (cinco) anos após o término desta. Apresentaremos sempre que solicitado pelo CEP/ HUAC. (Comitê de Ética em Pesquisas/ Hospital Universitário Alcides Carneiro), ou CONEP (Comissão Nacional de Ética em Pesquisa) ou, ainda, as Curadorias envolvidas no presente estudo, relatório sobre o andamento da pesquisa, comunicando ainda ao CEP/ HUAC, qualquer eventual modificação proposta no supracitado projeto.

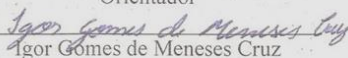
Campina Grande, 22/12/2016



Professor Dr. Cláudio Elízio Calazans Campelo
Orientador



Professor Dr. Cláudio de Souza Baptista
Orientador



Igor Gomes de Meneses Cruz
Pesquisador Responsável

APÊNDICE E

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO-TCLE

Pelo presente Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, eu _____, em pleno exercício dos meus direitos me disponho a participar da Pesquisa “AUXILIANDO A MOBILIDADE DE DEFICIENTES VISUAIS POR MEIO DE SENSORES HUMANOS”.

Declaro ser esclarecido e estar de acordo com os seguintes pontos:

A pesquisa “AUXILIANDO A MOBILIDADE DE DEFICIENTES VISUAIS POR MEIO DE SENSORES HUMANOS” busca avaliar e desenvolver uma solução para navegação móvel, em ambientes externos, acessível a pessoas com deficiência visual, fazendo uso de sensores humanos.

A pesquisa objetiva:

1. Criar uma aplicação móvel capaz de exibir um mapa acessível, que por meio do tato e saída vibratória/sonora, o usuário poderá identificar, ao seu redor, nome de ruas, edifícios e Pontos de Interesse;
 2. Informar para o usuário (utilizando áudio, ou seja, notificações por voz), no momento da locomoção, os locais por onde ele está passando (nome de uma rua, praça, dentre outros), ajudando a situar o deficiente em que região ele se encontra;
 3. Avaliar a efetividade da ferramenta por meio de testes de software, questionários e entrevistas respondidos por um grupo de deficientes visuais;
 4. Analisar os resultados, também considerando os dados obtidos em questionários.
- Ao participante só caberá utilizar a ferramenta em um ambiente de estudo (entrada principal da Universidade Federal de Campina Grande) e responder um questionário sobre a situação experimentada, sendo garantido o sigilo dos resultados obtidos nesta pesquisa, assegurando assim a sua privacidade em manter tais resultados em caráter confidencial.
 - Ao pesquisador caberá o desenvolvimento da pesquisa de forma confidencial, revelando os resultados aos participantes, se assim o desejarem.
 - O participante poderá se recusar a participar, ou retirar seu consentimento a qualquer momento da realização da pesquisa, não havendo qualquer penalização ou prejuízo para o mesmo.
 - Quanto aos benefícios da pesquisa, a partir dos seus resultados, pretende-se: Desenvolver uma plataforma com objetivo de auxiliar a navegação de deficientes visuais em ambientes externos.
 - Não haverá qualquer despesa ou ônus financeiro aos participantes voluntários deste projeto científico e não haverá qualquer procedimento que possa incorrer danos financeiros ao voluntário

e, portanto, não haveria necessidade de indenização por parte da equipe científica e/ou da instituição responsável.

- Qualquer dúvida ou solicitação de esclarecimentos, o participante poderá contatar a equipe pelo telefone (xx) xxxxx-xxxx com o mestrando Igor Gomes de Meneses Cruz.

Ao final da pesquisa, se for do interesse do participante, o mesmo terá livre acesso ao conteúdo da mesma, podendo discutir os dados, com o pesquisador; vale salientar que este documento será impresso em duas vias e uma delas ficará em posse do participante.

Desta forma, uma vez tendo lido e entendido tais esclarecimentos e, por estar de pleno acordo com o teor do mesmo, dato e assino este termo de consentimento livre e esclarecido.

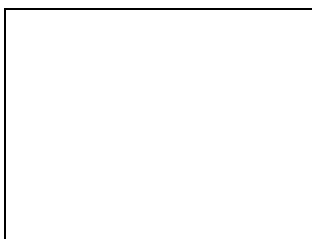
Assinatura do Participante ou Responsável

Igor Gomes de Meneses Cruz

Assinatura do Pesquisador Responsável

Igor Gomes de Meneses Cruz - aluno de Pós Graduação em Ciência da Computação da UFCG, Campus de Campina Grande. Fone: (xx) xxxxx-xxxx, e-mail: xxxxxxxxx@copin.ufcg.edu.br

Endereço Profissional: R. Aprígio Veloso, 882 - Bodocongó, Campina Grande - PB, 58429-900, bloco CN (Departamento de Sistemas e Computação). Fone: (xx) xxxx-xxxx



Assinatura Dactiloscópica do Participante da Pesquisa

Campina Grande, ____/____/____

APÊNDICE F



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
UNIDADE ACADÊMICA DE SISTEMAS E COMPUTAÇÃO



Auxiliando a Mobilidade de Deficientes Visuais por meio de Sensores Humanos

Questionário sobre Adição de Obstáculos

ID do usuário: _____

1. O usuário consegue coletar barreiras de forma rápida.
 - Discordo fortemente
 - Discordo
 - Neutro
 - Concordo
 - Concordo fortemente

2. O sistema provê uma forma satisfatória de coletar barreiras.
 - Discordo fortemente
 - Discordo
 - Neutro
 - Concordo fortemente
 - Concordo

3. Os tipos de barreiras oferecidas no sistema são suficientes.
 - Discordo fortemente
 - Discordo
 - Neutro
 - Concordo
 - Concordo fortemente

4. (Exclusivo para não deficientes visuais) Utilizando o sistema é possível coletar a localização das barreiras de forma satisfatória.
- Discordo fortemente
 - Discordo
 - Neutro
 - Concordo
 - Concordo fortemente
5. (Exclusivo para deficientes visuais) O sistema oferece uma boa qualidade de mensagens auditivas.
- Discordo fortemente
 - Discordo
 - Neutro
 - Concordo
 - Concordo fortemente
6. Essa funcionalidade é satisfatória a ponto de você usa-la em seu cotidiano?
- Sim
 - Não

APÊNDICE G



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
UNIDADE ACADÊMICA DE SISTEMAS E COMPUTAÇÃO



Auxiliando a Mobilidade de Deficientes Visuais por meio de Sensores Humanos

Questionário Sobre Exploração Retilínea de Objetos à Frente

ID do usuário: _____

1. O usuário conhece de forma satisfatória a região de Campina Grande em relação a Pontos de Interesse.
 - Discordo fortemente
 - Discordo
 - Neutro
 - Concordo
 - Concordo fortemente

2. O usuário consegue utilizar essa funcionalidade de forma satisfatória.
 - Discordo fortemente
 - Discordo
 - Neutro
 - Concordo
 - Concordo fortemente

3. Os Pontos de Interesse Informados na aplicação são de boa qualidade: possuem posição, de acordo com o sistema de referência adotado, nomes e descrição satisfatórios.
 - Discordo fortemente
 - Discordo
 - Neutro
 - Concordo
 - Concordo fortemente

4. (Exclusivo para deficientes visuais) O sistema oferece uma boa qualidade de mensagens auditivas para esta funcionalidade.
- Discordo fortemente
 - Discordo
 - Neutro
 - Concordo
 - Concordo fortemente
5. Essa funcionalidade é satisfatória a ponto de você usa-la em seu cotidiano?
- Sim
 - Não

APÊNDICE H



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
UNIDADE ACADÊMICA DE SISTEMAS E COMPUTAÇÃO



Auxiliando a Mobilidade de Deficientes Visuais por meio de Sensores Humanos

Questionário Sobre Radar de Pontos de Interesse

ID do usuário: _____

1. O usuário consegue utilizar essa funcionalidade de forma satisfatória.
 - Discordo fortemente
 - Discordo
 - Neutro
 - Concordo
 - Concordo fortemente

2. Os Pontos de Interesse Informados na aplicação são de boa qualidade: possuem posição (de acordo com o sistema de referência adotado), nomes e descrição satisfatórios.
 - Discordo fortemente
 - Discordo
 - Neutro
 - Concordo
 - Concordo fortemente

3. (Exclusivo para deficientes visuais) O sistema oferece uma boa qualidade de mensagens auditivas para esta funcionalidade.
 - Discordo fortemente
 - Discordo
 - Neutro
 - Concordo
 - Concordo fortemente

4. Essa funcionalidade é satisfatória a ponto de você usa-la em seu cotidiano?
 - Sim
 - Não

APÊNDICE I



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
UNIDADE ACADÊMICA DE SISTEMAS E COMPUTAÇÃO



Auxiliando a Mobilidade de Deficientes Visuais por meio de Sensores Humanos

Questionário sobre Navegação

ID do usuário: _____

1. O intervalo entre as notificações são satisfatórios.
 - Discordo fortemente
 - Discordo
 - Neutro
 - Concordo
 - Concordo fortemente

2. A funcionalidade oferece uma interface satisfatória
 - Discordo fortemente
 - Discordo
 - Neutro
 - Concordo
 - Concordo fortemente

3. No momento da navegação, é possível identificar as barreiras e os POI que estão sendo reportados pelo sistema.
 - Discordo fortemente
 - Discordo
 - Neutro
 - Concordo
 - Concordo fortemente

4. (Exclusivo para deficientes visuais) O sistema oferece uma boa qualidade de mensagens auditivas.
- Discordo fortemente
 - Discordo
 - Neutro
 - Concordo
 - Concordo fortemente
5. O sistema provê uma forma satisfatória de navegação.
- Discordo fortemente
 - Discordo
 - Neutro
 - Concordo
 - Concordo fortemente
6. Essa funcionalidade é satisfatória a ponto de você usa-la em seu cotidiano?
- Sim
 - Não