

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS — UNISINOS  
UNIDADE ACADÊMICA GRADUAÇÃO  
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

PAULO HENRIQUE GROLI GRÄBIN

**UM MODELO ACESSÍVEL DE SOFTWARE PARA LOCALIZAÇÃO E NAVEGAÇÃO  
DE DEFICIENTES VISUAIS COM BLUETOOTH LOW ENERGY**

São Leopoldo  
2015

Paulo Henrique Grolli Gräbin

**UM MODELO ACESSÍVEL DE SOFTWARE PARA LOCALIZAÇÃO E NAVEGAÇÃO  
DE DEFICIENTES VISUAIS COM BLUETOOTH LOW ENERGY**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
como requisito parcial para a obtenção do  
título de Bacharel em Ciência da Computação  
pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos —  
UNISINOS

Orientador:  
Prof. Dr. Cristiano André da Costa

São Leopoldo  
2015

À meus pais que sempre me incentivaram na busca por conhecimento  
e a lutar pelos meus objetivos.

*Learning is the only thing the mind never exhausts,  
never fears,  
and never regrets.*

— LEONARDO DA VINCI

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente ao meu orientador Cristiano André da Costa, pessoa a quem eu muito admiro, por ter me aceito como orientando, pelas valiosas conversas, seu auxílio incomparável e por sua disponibilidade sempre que necessário.

Aos meus pais, Ivani Grolli Gräbin e Milton Gräbin, que sempre me incentivaram a estudar e a realizar meus sonhos.

A minha namorada Victoria Caroline da Silva, pela compreensão, por ficar sempre do meu lado e por me motivar a superar os desafios.

Por último mas não menos importante, aos meus amigos, os quais não diretamente ajudaram na produção desse trabalho, mas são fundamentais e estiveram do meu lado nos momentos em que necessitava esvaziar a cabeça e entendiam os convites recusados.

Muito obrigado!

## RESUMO

Este trabalho apresenta a modelagem de um sistema de posicionamento em ambientes internos, com recursos de acessibilidade, desenhado com o objetivo de ser usado por pessoas com deficiência visual. O modelo consiste em uma aplicação a ser usada em dispositivos móveis, utilizando beacons transmissores Bluetooth espalhados pelo ambiente para obter a localização do usuário. O sistema objetiva fornecer uma localização confiável e um deslocamento seguro através de instruções de voz, leitura de tela e feedback tátil, para permitir que seus usuários possam se deslocar em ambientes desconhecidos sem a necessidade de auxílio de outras pessoas.

**Palavras-chave:** Acessibilidade Ubíqua. Deficiência Visual. Sistemas de Posicionamento Indoor.

## **ABSTRACT**

This paper presents the modeling of a Indoor Positioning System with accessibility features, designed aiming to be used by visually impaired users. The model consists of an application to be used in mobile devices, making use of Bluetooth beacons deployed in the environment to obtain users location. The system aims to provide a reliable location and a safe and independent navigation using voice guidance, screen reading and haptic feedback in order to allow the users to navigate in unknown environments without need of assistance of other people.

**Keywords:** Ubiquitous Accessibility. Visual Impairment. Indoor Positioning System.

## LISTA DE FIGURAS

|   |  |    |
|---|--|----|
| 1 | Visão geral da arquitetura do Percept . . . . .                          | 24 |
| 2 | Visão geral da arquitetura do Tirésias . . . . .                         | 25 |
| 3 | Visão geral da arquitetura do UCAT . . . . .                             | 27 |
| 4 | Visão geral da arquitetura do modelo . . . . .                           | 28 |
| 5 | Demonstração da disposição dos beacons ao redor de uma zona em obras . . | 30 |
| 6 | Visão geral do modelo . . . . .  | 35 |
| 7 | Diagrama de blocos da arquitetura . . . . .                              | 37 |
| 8 | Passos metodológicos . . . . .   | 40 |

## **LISTA DE TABELAS**

|   |  |    |
|---|--|----|
| 1 | Tabela comparativa entre tecnologias aplicadas em localização . . . . .  | 21 |
| 2 | Tabela comparativa entre os trabalhos relacionados . . . . .             | 32 |
| 3 | Tabela comparativa entre os trabalhos relacionados e o Insight . . . . . | 44 |



## **LISTA DE SIGLAS**

|        |  |
|--------|--|
| BLE    | Bluetooth Low Energy   |
| GCM    | Google Cloud Messasing   |
| GPS    | Global Positioning Sy  |
| IBGE   | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística                        |
| IEEE   | Institute of Electrical and Electronics Engineers                      |
| NFC    | Near Field Communication   |
| PDV    | Pessoas com Deficiência Visual   |
| RFID   | Radio Frequency Identification   |
| RLSB   | Royal London Society for Blind People                                  |
| SNPDPD | Secretaria Nacional de Promoção dos Direitos da Pessoa com Deficiência |
| TTS    | Text to Speech   |
| W3C    | World Wide Web Consortium  |

## SUMÁRIO

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO</b>   | <b>10</b> |
| 1.1      | Motivação   | 10        |
| 1.2      | Questão de pesquisa   | 12        |
| 1.3      | Objetivos   | 12        |
| 1.4      | Organização do texto  | 13        |
| <b>2</b> | <b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>  | <b>15</b> |
| 2.1      | Computação Móvel e Ubíqua   | 15        |
| 2.2      | Acessibilidade  | 16        |
| 2.3      | Tecnologias Assistivas  | 17        |
| 2.4      | Tecnologia Bluetooth  | 19        |
| <b>3</b> | <b>TRABALHOS RELACIONADOS</b>   | <b>22</b> |
| 3.1      | PERCEPT: Indoor Navivation for the Blind and Visually Impaired  | 22        |
| 3.2      | Tirésias  | 24        |
| 3.3      | UCAT - Ubiquitous Context Awareness Tools for the Blind   | 26        |
| 3.4      | Development of a Navigation System Using Smartphone and Bluetooth Technologies to Help the Visually Impaired Navigate Work Zones Safely | 28        |
| 3.5      | Comparação entre os trabalhos estudados   | 30        |
| <b>4</b> | <b>MODELO PROPOSTO</b>  | <b>34</b> |
| 4.1      | Visão geral do modelo   | 34        |
| 4.2      | Requisitos  | 36        |
| 4.3      | Arquitetura   | 36        |
| 4.3.1    | Motor de localização  | 38        |
| 4.3.2    | Serviço Bluetooth   | 38        |
| 4.3.3    | Módulo de saída   | 38        |
| 4.3.4    | Serviço Web   | 39        |
| 4.3.5    | Bases de dados  | 39        |
| <b>5</b> | <b>METODOLOGIA</b>  | <b>40</b> |
| 5.1      | Desenvolvimento   | 40        |
| 5.2      | Avaliação   | 41        |
| <b>6</b> | <b>CONCLUSÃO</b>  | <b>43</b> |
| 6.1      | Comparação entre os trabalhos estudados e o modelo proposto   | 43        |
| 6.2      | Trabalhos futuros   | 44        |
|          | <b>REFERÊNCIAS</b>  | <b>45</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

Pessoas com a visão saudável se apoiam enormemente no sentido da visão para localizar-se. Frequentemente a sinalização destinada a orientação em locais como aeroportos, shopping centers e universidades é composta inteiramente por sinais visuais. Por esse mesmo motivo, pessoas com deficiência visual (PDV) tem grande dificuldade quando precisam deslocar-se, necessitando do auxílio de ferramentas como bengalas e cães-guia ou ainda da ajuda de outras pessoas. Ganz et al. (2014) afirma que a visão é o recurso mais importante na percepção do que se passa no entorno de alguém, e a sua perda significa uma severa redução na orientação e mobilidade, especialmente em ambientes desconhecidos e complexos.

O presente trabalho trata de uma alternativa para facilitar as atividades diárias das pessoas com deficiência, especialmente a visual, atuando na forma com que elas se orientam e se deslocam em ambientes internos. Será mostrada como alternativa a modelagem de um sistema que faz uso de conceitos como dispositivos móveis, acessibilidade ubíqua, tecnologias assistivas e localização por Bluetooth Low Energy (BLE).

Como resultado do trabalho, espera-se oferecer um sistema de fácil utilização que proporcione orientação e navegação precisas a seus usuários, de maneira que eles tenham confiança e independência. Vale ainda ressaltar que propósito do trabalho não é substituir ferramentas de auxílio como bengala e cães-guia, e sim ser um complemento a esses recursos.

### 1.1 Motivação

De acordo com o levantado por IBGE (2010), no último Censo Demográfico, realizado em 2010, o Brasil possuía 45,6 milhões de pessoas que afirmaram ser portadoras de deficiência. Desse total, 35,7 milhões, ou 78,2%, são pessoas com deficiência visual (PDV). Ou seja, aproximadamente 18% da população brasileira é afetada.

A mesma pesquisa leva em consideração as diferentes intensidades da deficiência visual, aplicando os seguintes critérios (IBGE, 2010):

Foi pesquisado se a pessoa tinha dificuldade permanente de enxergar (avaliada com o uso de óculos ou lentes de contato, no caso de a pessoa utilizá-los), aplicando os seguintes critérios:

- Não consegue de modo algum - para a pessoa que declarou ser permanentemente incapaz de enxergar;
- Grande dificuldade - para a pessoa que declarou ter grande dificuldade permanente de enxergar, ainda que usando óculos ou lentes de contato;
- Alguma dificuldade - para a pessoa que declarou ter alguma dificuldade permanente de enxergar, ainda que usando óculos ou lentes de contato; ou
- Nenhuma dificuldade - para a pessoa que declarou não ter qualquer dificuldade permanente de enxergar, ainda que precisando usar óculos ou lentes de contato.

Tendo diversas possíveis causas e atingindo pessoas em qualquer idade, a deficiência visual impõe severas dificuldades em todos os aspectos da vida dos que são afetados por ela. Educação, trabalho e vida social são exemplos, apenas para citar alguns. É difícil para uma pessoa com a visão perfeita colocar-se no lugar de uma pessoa que não enxerga. Quinones et al. (2011) afirma que mobilidade e deslocamento são atividades naturais para aqueles que enxergam sem dificuldades, podendo ir e vir com relativa facilidade, já que pistas e sinais irão apontar a direção certa caso se percam, se vejam em situações desconfortáveis ou se algum obstáculo apareça. Mostrando o outro lado, em Bohonos et al. (2007), um modelo que objetiva auxiliar PDV a cruzar ruas e avenidas, são citadas algumas situações usuais que são impraticáveis para PDV, como, por exemplo, ler as linhas de ônibus que passam por uma determinada parada ou ainda ler o destino de um ônibus se aproximando. Conforme Rodriguez-Sanchez et al. (2014a), PDV não possuem a totalidade da informação de que necessitam para contornar obstáculos. O mesmo se aplica a direção seguida e a distancia remanescente até o destino, informações essenciais para um deslocamento em qualquer ambiente. Não poder ver a sinalização na rua ou semáforos em um cruzamento torna perigoso para PDV transitarem desacompanhados, necessitando ter a companhia de amigos ou familiares durante todo o trajeto. Em Ganz et al. (2014), os autores afirmam que, mesmo com auxílio de um cão guia ou bengala, ainda é um desafio enorme para os PDV deslocar-se em tais ambientes sem ajuda de uma pessoa com visão plena. Existem estabelecimentos, como, por exemplo, o metrô de Porto Alegre, que colocam uma parte de seus funcionários à disposição dos deficientes para guiá-los durante seu trajeto. Porém, seu número é limitado, o que faz com que os usuários precisem esperar até um funcionário estar disponível.

Em 2014, a Royal London Society for Blind People (RLSB), organização sem fins lucrativos que busca criar uma diferença que melhore a vida das futuras gerações de PDV, divulgou um manifesto com o resultado de pesquisas sobre perda de visão e também para chamar atenção aos desafios enfrentados diariamente, que impedem os PDV de usufruir da totalidade dos seus direitos fundamentais. (Royal London Society for Blind People, 2014). Desafios esses que não são restritos às divisas do Reino Unido, onde a organização se encontra. De acordo com o documento, perda de visão é uma experiência tão traumática que pode ser comparada à perda de um ente querido, visto que dificilmente eles recebem o apoio emocional necessário. Não conseguir ver causa isolamento social, o que prejudica enormemente o futuro do indivíduo. Ainda é dito que empresas ou organizações, como lojas, bancos e agentes de viagem, não compreendem as necessidades e habilidades dos PDV, impedindo-os de levar uma vida comum e impossibilitando-os de realizar as atividades que gostariam. O trabalho ainda destaca que, frequentemente, as pessoas não sabem oferecer assistência básica como guiá-los em espaços públicos como estações de trem. Dentre as áreas citadas como problemáticas, é possível destacar a mobilidade urbana, a educação superior e acessibilidade na tecnologia. A publicação trás ainda motivação que levou a sua publicação, informando que 25% das pessoas com perda de visão estão insatisfeitas com sua vida. (Royal London Society for Blind People, 2014).

Em relação à mobilidade, Royal London Society for Blind People (2014) cita que existe uma

variedade de aplicativos para smartphone que auxiliam pessoas a se localizar e deslocar, porém, poucos deles são acessíveis. É afirmado também que, se essas tecnologias fossem projetadas com todas as pessoas em mente, mais PDV poderiam transitar com segurança, reduzindo a dependência de outras pessoas.

Indo ao encontro das iniciativas das RLSB e atuando na área de mobilidade, o modelo proposto visa auxiliar portadores de deficiência visual a se localizar e deslocar em ambientes internos, como, por exemplo, o campus de uma universidade, buscando facilitar o acesso à educação e à vida social disponível nos campi. Usando dispositivos móveis, o sistema irá informar ao usuário sua localização atual e recomendar caminhos que o levem ao seu destino, levando em consideração os obstáculos em sua rota.

Tendo a premissa de funcionar a partir do smartphone do usuário, o sistema será projetado para ter usabilidade intuitiva e ser uma parte quase invisível do cotidiano do usuário, aplicando o conceito de computação ubíqua introduzido em Weiser (1991), afim de se adaptar as necessidades dos PDV.

## **1.2 Questão de pesquisa**

Tendo identificado e contextualizado o problema, foi definida a seguinte questão de pesquisa a ser trabalhada neste trabalho:

Como a Computação Ubíqua pode contribuir no desenvolvimento de um modelo de sistema que seja uma alternativa ao problema de localização e deslocamento em ambientes internos enfrentado por deficientes visuais, promovendo acessibilidade e permitindo o transito com confiança e independência?

A questão de pesquisa atua como o norteador do trabalho. Após tela definido, é buscada a criação de um modelo de sistema que contemple todos os aspectos da questão. Em outras palavras, após proposta a questão, o trabalho irá responde-la através do modelo proposto.

Neste trabalho serão usados conceitos como sensibilidade ao contexto, computação móvel e uso de sensores. Conceitos esses que surgem após a definição a definição de computação ubíqua. Através da aplicação desses conceitos, o objetivo do trabalho é conceber um modelo de software acessível, no sentido de ser mais uma ferramenta assistiva, capaz de auxiliar seus usuários em momentos em que eles precisam saber sua localização e deslocar-se em ambientes internos, como, por exemplo, o campus de uma universidade. O modelo empregará métodos alternativos para comunicar-se com o usuário, não se limitando ao texto puro, mas usando também voz e vibração.

## **1.3 Objetivos**

Tendo identificado a questão de pesquisa, foram definidos alguns objetivos para esse trabalho, apresentados nas seções subsequentes.

O objetivo principal deste trabalho é especificar, desenvolver e validar um modelo de sistema para localização e orientação de PDV em ambientes internos através de dispositivos móveis, aplicando fundamentos de acessibilidade e conceitos de computação ubíqua, para permitir que seus usuários se localizem e se desloquem em ambientes desconhecidos sem necessidade do auxílio de outras pessoas.

O sistema não deve exigir uso de hardware dedicado por parte dos usuários, devendo, porém, ser leve, discreto e de fácil uso.

Para atingir o objetivo geral deste trabalho, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Compreender as limitações impostas pela deficiência visual - estudar essa deficiência buscando entender a maneira com que ela altera a vida de seus portadores e como ela afeta suas capacidades, bem como entender as necessidades que surgem a partir dela, para que os PDV possam ter uma vida mais próxima da levada pelas pessoas sem deficiência visual.
- Compreender computação móvel e ubíqua - analisar quais características da computação móvel e ubíqua são desejáveis em um modelo que será usado por PDV, de forma que o modelo se integre com o cotidiano de seus usuários da maneira mais natural e intuitiva possível.
- Compreender sistemas de localização e navegação - analisar trabalhos e soluções existentes nessa área, buscando entender quais características deles podem ser aproveitadas em um sistema para PDV, bem como novas características que devem ser incorporadas para que as necessidades dos PDV sejam atendidas.
- Desenvolver um protótipo da solução - modelar e codificar uma parte do modelo proposto, criando um protótipo que utilize o conhecimento adquirido para promover um sistema que auxilie PDV e possibilite a avaliação do modelo.
- Avaliar o sistema desenvolvido - testar o sistema com PDV e avaliar, fazendo uso de questionário, a eficácia e eficiência do sistema. O resultado ajudará identificar a aceitação, pontos fortes e possíveis melhorias do sistema, bem como elencar trabalhos futuros relacionados ao tema. (TODO: avaliação com usuários ou com estudo de caso por cenários?)

#### **1.4 Organização do texto**

O presente trabalho está dividido em seis capítulos. O segundo capítulo apresenta os principais conceitos utilizados para o embasamento deste trabalho, descrevendo computação móvel e ubíqua, tecnologias assistivas, sistemas de localização e dando um panorama geral sobre a

deficiência visual. O terceiro capítulo apresenta os trabalhos relacionados feitos nesta área, cobrindo seus aspectos mais relevantes para esse trabalho, e traça um comparativo entre eles. No quarto capítulo, é feito um detalhamento do modelo proposto neste trabalho, dando ênfase na arquitetura do sistema, seus principais requisitos e componentes que formam este modelo. O quinto capítulo descreve a metodologia de pesquisa aplicada no trabalho, materiais utilizados e como será realizado o desenvolvimento do protótipo. O sexto e último capítulo conclui o trabalho e apresenta as considerações finais, uma comparação com os trabalhos relacionados e sugestões de trabalhos futuros.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo apresenta a base teórica sobre a qual está construído este trabalho. Inicialmente é apresentada uma visão geral sobre computação ubíqua, computação móvel e acessibilidade. Em seguida os conceitos são mesclados e então é introduzido o conceito de acessibilidade ubíqua e tecnologias assistivas. Finalmente, é introduzida a tecnologia Bluetooth, seu modo de funcionamento e aplicações práticas.

### 2.1 Computação Móvel e Ubíqua

Tecnologias tão avançadas que deixam de ser um fim em si mesmas e passam a ser um meio para que as pessoas realizem seus afazeres. Tão conectados, tão presentes na nossa rotina e concebidas para naturalmente se integrarem em nossas vidas que deixam de ser notadas e se colocam no plano de fundo da nossa percepção. É assim que Weiser (1991) começa introduzindo o conceito de computação ubíqua. O autor também a conceitua como "uma nova maneira de pensar a respeito de computadores no mundo". (WEISER, 1991).

Weiser previu um mundo onde computadores deixariam de possuir apenas o tamanho de um notebook que é usado em cima de uma mesa. Um mundo onde computadores seriam pequenos o suficiente para serem embutidos em botões de uma camisa e também grandes o suficiente para ocuparem os ambientes em que convivemos, estudamos ou trabalhamos. Esses computadores conversariam entre si de maneira contínua e transparente, de modo que eles e todos os usuários estariam permanentemente conectados entre si, permitindo que serviços estejam acessíveis em todos os lugares e em todos os momentos. Tal definição vai ao encontro do conceito estabelecido por Satyanarayanan (2001) para computação móvel como sendo: “Informação na ponta dos dedos em qualquer lugar e em qualquer tempo”.

A computação ubíqua, em outras palavras, consiste em trazer e integrar a computação ao mundo real. Conforme Ballance e Lee (2008), é um conceito diametralmente oposto a ideia de realidade virtual. O autor ainda afirma que a computação ubíqua oferece potencial para diminuir ou ainda eliminar as intervenções humanas necessárias em qualquer sistema computacional.

Essa área de pesquisa ainda traz consigo conceitos fundamentais para uma devida compreensão do termo. Dispositivos criados por diferentes fabricantes, para diferentes finalidades, contando com diferentes softwares e hardwares, conectados entre si através da internet se comunicando através padrões garantem a heterogeneidade da rede. A integração com o mundo real possibilita a inserção de computadores e sensores em diversos artigos comuns do dia-a-dia, gerando informações sobre costumes e preferências dos usuários que permitem toda uma nova geração de serviços inteligentes e cuidadosamente personalizados. Computação na nuvem, sistemas distribuídos, computação móvel e internet são termos que andam de mãos dadas e servem como base para garantir que os conceitos anteriormente apresentados estejam sempre disponíveis e ao alcance dos dedos em segundos em qualquer lugar do mundo.



Uma das características mais interessantes da computação pervasiva é a sensibilidade ao contexto, através da qual informações relevantes tais como localização, preferência, histórico, horário, entre outras, servem para que os softwares desenvolvidos possam adaptar-se às necessidades e reagir às mudanças no ambiente em que o usuário se encontra instantaneamente e transparentemente.

## 2.2 Acessibilidade

Acessibilidade representa o direito de acessar informações, eliminação de barreiras arquitetônicas, de disponibilização de comunicação, de acesso físico, de equipamentos e programas adequados, de conteúdo e apresentação da informação em formatos alternativos, não se restringindo somente a internet. (ACESSIBILIDADE BRASIL, 2011). Remover barreiras que possam impedir o aproveitamento total de espaços públicos e privados, da informação e do conhecimento disponíveis e de oportunidades de qualquer natureza, a fim de melhorar a qualidade de vida de pessoas com algum tipo de deficiência.

No Brasil existe legislação específica para assegurar os direitos individuais de todos os cidadãos. Como exemplo podem ser citadas a lei 5.296/2004, conhecida como lei da acessibilidade, e as leis 10.048/00 e 10.098/00. Juntas estabelecem normas e critérios básicos para a promoção da acessibilidade, descrevendo normas de construção de espaços públicos, edifícios de uso público e privado, bem como regulamentando como deve se dar a acessibilidade nos sistemas públicos de comunicação e sinalização normas para promoção da acessibilidade. Também podem ser citados os Decretos 3.298/99 e 5.296/04, que fornecem normas e critérios que definem o que é deficiência, bem como o que é necessário para que alguém seja considerado pessoa portadora de deficiência física. No aspecto físico, a legislação brasileira é eficaz direitos dos PDV.

Entretanto, a vida digital foge da alçada da jurisdição de qualquer país. Em busca de tornar a internet um lugar mais acessível para todas as pessoas entram em cena organizações como o Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) e o World Wide Web Consortium (W3C), que publicam orientações e diretrizes numa tentativa de garantir acessibilidade universal da web. Nenhuma empresa ou desenvolvedor é formalmente obrigado a aplicar essas diretrizes em seus sites e produtos, todavia, o fazem numa tentativa de atrair mais clientes ou visitantes. As recomendações não são direcionadas para uma tecnologia específica, podendo ser utilizadas em qualquer aplicação, linguagem ou navegador de internet. (W3C, 2008). Segundo Rodriguez-Sanchez et al. (2014b) um aspecto que deve ser considerado é que a aplicação seja acessível para um grande número de pessoas independentemente das necessidades dos usuários, devendo-se usar diversos canais sensoriais (visual, auditivo e tátil) para passar as informações. Porém, é importante ressaltar que a acessibilidade da web não é baseada apenas na acessibilidade do conteúdo disponibilizado, e sim nos diversos agentes e componentes, como navegadores, usuários, desenvolvedores e ferramentas de desenvolvimento, trabalhando juntos para oferecer uma

melhor experiência ao usuário.

De acordo com Vanderheiden (2008), no início dos anos 90 apenas computadores fabricados pela Apple contavam com recursos de acessibilidade, enquanto nos demais softwares de terceiros eram a alternativa para aqueles que necessitavam. Graças aos esforços combinados da indústria e da academia, hoje todos os maiores sistemas operacionais possuem recursos de acessibilidade, como leitores de tela e lente de aumento, nativos entre suas funcionalidades. Pensados e concebidos diretamente na construção do sistema operacional, esses recursos são capazes de oferecer uma integração mais profunda com o sistema e uma experiência muito melhor ao usuário se comparados com softwares produzidos por outras empresas.

Em consonância com a afirmação de Weiser (1991), Vanderheiden (2008) diz que, com a computação substituindo o paradigma de computação pessoal para computação ubíqua, é necessário pensar em novas formas de acessibilidade:

Algum dia computadores serão como as lâmpadas de hoje. Houve uma época em que tínhamos que carregar lâmpadas conosco a qualquer lugar que fossemos. As pessoas carregavam consigo lanternas ou velas pelos quartos ou a qualquer lugar onde quisessem ir. Não havia expectativa de que luz seria fornecida a menos que cada um trouxesse a sua. Hoje em dia, ninguém mais carrega lâmpadas. As pessoas esperam que, exceto quando acampando ou viajando pela floresta, diversas de fontes de luz sejam oferecidos nos lugares onde elas entram. No futuro podemos esperar uma situação semelhante em relação a computação. Onde quer que se vá, a computação estará através de diversos tipos de interfaces. Talvez tenhamos que levar conosco tipos específicos de interfaces se assim desejarmos, mas seremos capazes de usa-las juntamente com os recursos dos ambientes em que estaremos. (VANDERHEIDEN, 2008)

Assim emergem os conceitos de acessibilidade ubíqua e interfaces de usuário plugáveis, como talvez a forma mais efetiva de acessibilidade. Esses conceitos são descritos por Tavares (2011) como a capacidade de invocar recursos assistivos especiais diretamente da internet para serem usados em qualquer tela próxima.

Tavares (2011) define a acessibilidade ubíqua, também chamada de u-accessibility, como a união entre as normas e padrões para acessibilidade; tecnologias e interfaces que atendem as necessidades dos usuários; e computação ubíqua, através de dispositivos móveis, sensores e da comunicação entre eles.

### **2.3 Tecnologias Assistivas**

Não há um conceito universalmente estabelecido e aceito de tecnologias assistivas. Diversas entidades e países buscam estabelecer sua própria definição. O Brasil apresenta seu conceito em (Brasil. SNPDPD, 2009), descrevendo-o como se segue:

Tecnologia Assistiva é uma área do conhecimento, de característica interdisciplinar, que engloba produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivam promover a funcionalidade, relacionada à atividade e participação, de pessoas com deficiência, incapacidades ou mobilidade reduzida, visando sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social

PUPO, MELO e FERRÉS (2006) afirma que existem tecnologias assistivas para auxiliar no acesso as informações, na comunicação, durante a locomoção e em atividades comuns no dia-a-dia como estudo, trabalho e lazer, citando como exemplos cadeiras de rodas, bengalas, próteses, lupas e aparelhos auditivos. Conforme Dias (2015), tecnologias assistivas desempenham um papel chave na independência e segurança de pessoas com deficiência. Para os PDV, tecnologias assistivas bem planejadas e bem implementadas podem fazer significativa diferença na educação, aceitação social e produtividade. (DIAS, 2015).

Conforme Stewart et al. (2008), é preferencia dos usuários, tanto PDV como aqueles com visão saudável, carregar consigo dispositivos que caibam em um bolso, deixando as mãos livres. O autor ainda afirma que PDV consideram essencial ainda que os aparelhos sejam imperceptíveis durante seu uso, de forma a evitar estereótipos tipicamente associados ao uso de tecnologias assistivas.

Diversos autores destacam as vantagens do uso de smartphones como dispositivos capaz de oferecer acessibilidade em diversas formas aos usuários. Segundo Ganz et al. (2014), smartphones, item básico possuído por grande parte da população, tem se mostrado uma ferramenta capaz de beneficiar enormemente os PDV em sua vida diaria, através de aplicações como leitores de cédulas de dinheiro, reconhecimento de cores e objetos, navegação na web, leitura de emails e ligações telefônicas. O trabalho ainda afirma que o uso de smartphones é possível devido à presença de recursos de acessibilidade oferecidos pelos principais sistemas operacionais disponíveis. Entre esses recursos, podemos destacar a leitura de telas e os alertas vibratórios, essenciais para aqueles que não enxergam as telas sensíveis ao toque que equipam a grande maioria dos smartphones disponíveis atualmente. Ao invés de apenas ler o texto sendo exibido, essa funcionalidade também informa sobre os tipos de cada componente, possibilitando ao usuário saber como interagir com cada um.

De acordo com Brady et al. (2013), os maiores sistemas operacionais para dispositivos móveis disponíveis incluem por padrão a funcionalidade de leitura de tela, de maneira a permitir seu uso por usuários PDV. Aparelhos com tela sensível ao toque eram tidos como inacessíveis a usuários cegos, porém interfaces multitoque bem desenhadas aproveitam bem o tamanho da tela e são preferidos pelos deficientes visuais.

Mau et al. (2008) afirma que a utilização de um dispositivo de uso geral possui uma clara vantagem sobre um aparelho específico que os usuários teriam que carregar e aprender a usar. Os autores ainda definem o telefone celular como “a peça de tecnologia mais valiosa para os cegos”. (MAU et al., 2008).

Segundo o estudo realizado por Quinones et al. (2011), PDV possuem o desejo de carregar consigo a menor quantidade possível de equipamento. É necessário criar tecnologias que não sejam um fardo a ser carregado, mas que ofereçam a quantidade apropriada de informações ao usuário. Uma maneira citada pelo autor é a incorporação de tecnologias de navegação em aparelhos que deficientes visuais carreguem consigo normalmente, assim reduzindo o número de objetos que devem ser cuidados. Smartphones se encaixam perfeitamente nessas necessidades, revelando-se como dispositivo perfeito para ser usado no desenvolvimento de novas tecnologias que visam promover acessibilidade.

Em Narasimhan, Gandhi e Rossi (2009) são sugeridos alguns princípios que devem ser seguidos no desenvolvimento de ferramentas assistivas para PDV:

- A ferramenta deve possibilitar a independência nas atividades diárias, não exigindo a assistência e/ou acompanhamento de outras pessoas, com deficiência visual ou não.
- Evitar adicionar melhoramentos nas bengalas, visto que aumentar o peso ou novas funcionalidades podem influenciar negativamente no uso diário
- Usuários devem ter a opção de usar ou não usar as funcionalidades disponíveis. Seu uso não pode ser forçado para não dificultar seu dia-a-dia.
- Manter custos baixos é promover a adoção de produtos pra PDV, já que produtos específicos para esse publico tendem a ser mais caros.

## **2.4 Tecnologia Bluetooth**

Bluetooth é uma tecnologia de comunicação sem fios de curto alcance, lançada comercialmente em 1990, quando teve sua primeira especificação formal divulgada. Desde então diversas modificações foram feitas e a tecnologia passou por diversos aprimoramentos, estando atualmente na versão 4.x, também conhecida como Bluetooth Smart ou Bluetooth Low Energy, lançada em 2010.

O Bluetooth foi criado e atualmente é mantido por um conjunto de empresas conhecido como Bluetooth Special Interest Group (SIG). Inicialmente formado por Ericsson, Intel, Nokia, Toshiba e IBM, o SIG é hoje composto por mais de 20.000 empresas, incluindo Apple, Microsoft, Motorola e Lenovo.

A tecnologia possui duas formas distintas de atuação, apesar de compartilharem entre si alguns pontos em comum. O primeiro e mais antigo modo, disponível desde a primeira especificação, é chamado Basic Rate (BR). O segundo foi introduzido somente na versão 4.0 e é chamado Low Energy (LE) e é o modo que será utilizado pelo modelo proposto neste trabalho.

De acordo com Townsend et al. (2014), o LE foi criado para permitir produtos que requeiram baixíssimo consumo de energia e baixo custo, quando comparados ao outro modo. Assim sendo, esse modo foi pensado para aplicações que exigem pouca troca de informações. Um

exemplo de produto viável com a chegada do modo LE são os beacons Bluetooth, que consistem em dispositivos do tamanho de uma moeda comum, compostos por um processador, uma bateria e um transmissor, que transmitem informações sobre si em intervalos regulares. Como o sinal dos beacons tem seu alcance limitado a alguns poucos metros, foi introduzido o conceito de microlocalização, tornando possível o desenvolvimento de aplicações novas aplicações e serviços onde antes não era possível, tais como lojas e pontos de venda, grandes shows ou eventos, estádios esportivos, localização em ambientes internos, etc. A microlocalização é definida por Zafari, Papapanagiotou e Christidis (2015) como a obtenção da localização uma entidade com grau de precisão na ordem dos centímetros.

A imensa maioria dos telefones celulares hoje fazem uso nativo da tecnologia, não exigindo qualquer tipo de equipamento adicional, e, ao contrário da versão anterior, a partir da versão 4 a tecnologia Bluetooth não exige o pareamento de dispositivos para que eles possam se localizar e comunicar.

De acordo com Ballance e Lee (2008), a combinação computação ubíqua e Bluetooth tem potencial para fomentar soluções que simples e baratas que outrora não seriam possíveis.

Taylor et al. (2012) revelam que diversas tecnologias foram utilizadas anteriormente em modelos de sistema para localização e navegação para PDV, tanto em ambientes internos como externos. Sonares, Radio Frequency Identification (RFID), Near Field Communication (NFC), Bluetooth e Global Positioning System (GPS) são algumas dessas tecnologias. Os autores ainda apontam que apesar de todas elas oferecerem vantagens em suas propostas, todas também possuem pontos fracos:

- GPS é normalmente usado para localização em ambientes externos, mas se mostra ineficiente devido à própria natureza das ondas de rádio usadas na tecnologia, quando obstáculos são localizados ao redor do usuário. De acordo com Montague (2010), apesar de GPS ser muito eficiente na hora de determinar um ponto em uma rua de um mapa, essa tecnologia está longe de ser a melhor escolha para ambientes internos. Nesse cenário é preciso viabilizar a possibilidade de diversos andares em um local, coisa que não é possível de ser feita via GPS.
- Sonares são formas baratas de detecção de objetos e obstáculos, através de frequências acústicas, mas exigem hardware dedicado e não servem para localização.
- RFID, juntamente com NFC, exige proximidade de seus emissores para que a comunicação seja estabelecida.
- Os autores não chegam a citar nominalmente os pontos fracos da tecnologia Bluetooth, mas um grande ponto que pode ser citado é o consumo de bateria causado pelas versões que antecederam a versão 4, também chamada de Bluetooth low energy.

A tabela 1 mostra algumas características dessas tecnologias.

Tabela 1 – Tabela comparativa entre tecnologias aplicadas em localização

| Tecnologia    | Precisão          | Abrangencia | Suportada por smartphones | Exige linha de visão |
|---------------|-------------------|-------------|---------------------------|----------------------|
| GPS           | 10 m              | Externo     | Praticamente todos        | Não                  |
| Bluetooth 2   | 100 m             | Ambos       | Praticamente todos        | Não                  |
| Bluetooth BE  | 100 m             | Ambos       | Alguns                    | Não                  |
| RFID          | Entre 10cm e 100m | Ambos       | Alguns                    | Não                  |
| NFC           | Até 10 cm         | Ambos       | Alguns                    | Não                  |
| Ultrasom      | Centímetros       | Ambos       | Poucos                    | Não                  |
| Infravermelho | Centímetros       | Ambos       | Poucos                    | Sim                  |

Fonte: Stewart et al. (2008)

Analisando a tabela podemos ver que a tecnologia GPS é a que oferece a maior precisão na localização, além de ser suportada pela maioria dos smartphones. Porém, ela não é recomendada para ambientes internos. As tecnologias ultrasom e infravermelho oferecem boa precisão, mas são pouquíssimos os modelos de smartphone que fazem uso delas. Infravermelho ainda exige contato visual entre os dispositivos para funcionar. RFID e NFC oferecem ótima precisão devido a proximidade necessária para uso da tecnologia, porém, possuem pouco suporte por parte dos dispositivos. Bluetooth, em ambas as versões, possuem precisão média e são bem suportadas pelos smartphones.

Importante ressaltar que os dados apresentados são dados teóricos da tecnologia obtidos através da especificação de cada uma das tecnologias, podendo variar para mais ou para menos dependendo da forma com que elas foram implementadas.

### 3 TRABALHOS RELACIONADOS

Para criar um novo modelo em busca de mitigar um problema enfrentado pelas pessoas com deficiência visual, é necessário buscar outros trabalhos com foco na mesma área, afim de identificar falhas e virtudes de cada um, gerando um comparativo entre eles. Foram encontrados diversos trabalhos que compartilham do objetivo deste através do emprego de propostas tecnológicas. Para a escolha daqueles que seriam apresentados neste capítulo foi feita uma seleção, levando em consideração critérios como a similaridade do objetivo com o deste trabalho, o ano de publicação do modelo, suporte a acessibilidade, foco em dispositivos móveis e a abrangência de ambientes internos. Dessa forma, os selecionados foram os trabalhos mais recentes que promovam acessibilidade, usem dispositivos móveis, atuem principalmente em ambientes internos e possuam objetivos mais semelhantes com o deste trabalho.

Neste capítulo, são apresentadas quatro soluções que possuem propósito semelhante, bem como características desejadas por esse trabalho. Ao final deste capítulo, no item 3.5, é apresentado um comparativo entre os trabalhos selecionados, destacando pontos que são relevantes para o desenvolvimento da arquitetura do presente trabalho.

#### 3.1 PERCEPT: Indoor Navivation for the Blind and Visually Impaired

Ganz et al. (2011) e Ganz et al. (2012) introduzem um sistema de sistema de localização que busca auxiliar PDV aumentando sua percepção dos ambientes internos. O sistema é composto por um servidor central, responsável por armazenar as informações de localização do ambiente, tags RFID passivas distribuídas pelo local, leitores RFID acoplados em luvas utilizadas pelos usuários em conjunto com um smartphone Android. O principal motivo que levou à escolha do RFID é a granularidade que a tecnologia permite graças ao baixo custo de implantação e ao fato de elas não exigirem fonte de alimentação elétrica. De acordo com os autores, a diferença do PERCEPT em relação a outros sistemas similares é a combinação luva/leitor e smartphone e também o baixo custo de implantação e manutenção.

A arquitetura do sistema também é descrita em Ganz et al. (2011). Porém, em Ganz et al. (2012), ela é explicada de modo mais profundo. O modelo é formado pelos seguintes componentes: o ambiente, o conjunto luva PERCEPT e aplicativo Android e por fim o servidor PERCEPT. O funcionamento deles é descrito da seguinte forma:

- Ambiente é onde ficam instaladas as tags passivas de RFID. Elas podem estar dispostas de duas formas: tags comuns, colocadas em cada porta para indicar um destino específico, sempre na altura de um metro e vinte centímetros, para simplificar a procura do usuário pela tag; ou então em quiosques, localizados sempre em pontos chave do ambiente, tais como entradas e saídas, elevadores ou saídas de emergência. Quiosques consistem em um conjunto de tags, que podem indicar diversos destinos possíveis, tais como salas no andar atual, diferentes andares, banheiros e saídas de emergência. É nos quiosques que o

usuário informa ao sistema o destino escolhido, afim de obter a rota até ele. Em todas as tags, independentemente do tipo, está escrito o destino que ela representa, em alto relevo e em braile.

- A luva PERCEPT é responsável por obter as informações das tags através de um leitor RFID embutido. Quando a leitura de uma tag é realizada, a luva se comunica através de Bluetooth com o smartphone Android para que a rota até o destino seja calculada. O leitor é construído usando uma placa Arduino, um leitor RFID, uma antena, um chip Bluetooth, uma bateria e três botões. Através dos botões, o usuário pode navegar entre o conjunto de instruções da rota. De acordo com os autores, a decisão de inserir o leitor em uma luva foi tomada pois, assim, o usuário pode manter suas mãos livres para outras atividades. Para fazer a leitura de uma tag, o usuário deve, após encontrar aquela que contém o destino desejado entre todas as outras, posicionar a palma de sua mão com a luva em cima da tag.
- O aplicativo para a plataforma Android é dividido em quatro módulos:

**Módulo Bluetooth:** Responsável por gerenciar a comunicação com a luva PERCEPT.

**Módulo Percept:** Aplicação encarregada de responder a eventos como leitura de tag e pressionamento de botões. Quando ocorre a leitura de uma tag, esse módulo manda seu identificador para o servidor, através de uma conexão sem fios, para que o cálculo da rota seja realizado.

**Módulo Wifi:** Parte incumbida de estabelecer uma conexão entre o smartphone e o servidor PERCEPT.

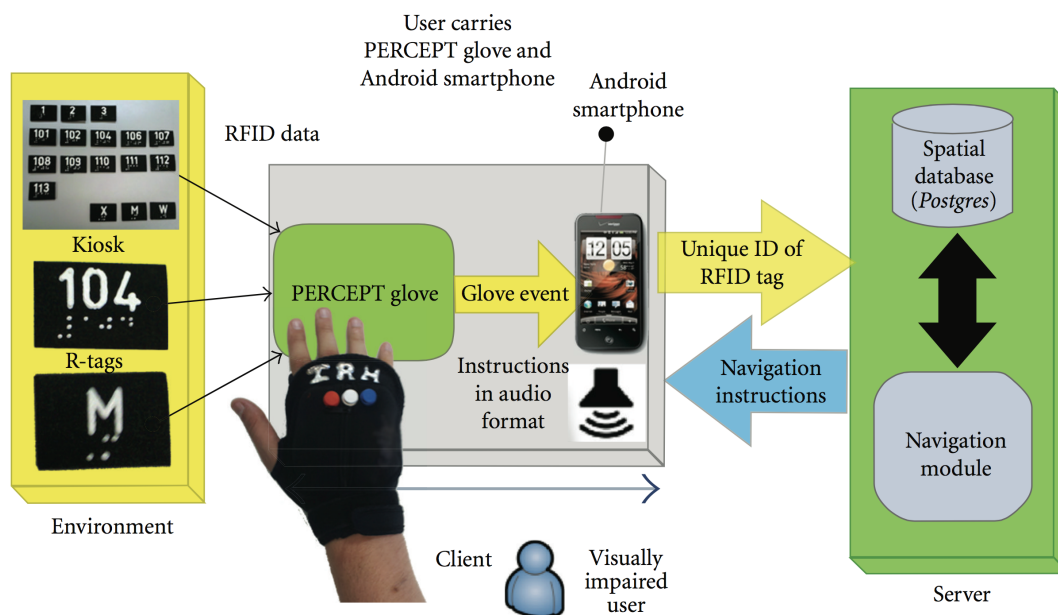
**Motor de conversão texto/voz:** Componente nativo do Android capaz de converter para voz as instruções de texto recebidas do servidor.

- O servidor armazena o layout dos ambientes e calcula as rotas até o destino escolhido pelo usuário. Através da ferramenta Quantum GIS, cada andar é individualmente mapeado em um grafo onde cada nó representa um possível destino e cada aresta um caminho disponível. Todos os dados são armazenados em uma base de dados Postgre. O servidor calcula a rota mais curta até o destino escolhido, formulando instruções de texto, quando recebe uma requisição de um cliente Android. Uma instrução de deslocamento

A figura 1 mostra uma visão geral da arquitetura. Do lado esquerdo ela mostra os quiosques e, em detalhe, as tags. No centro é exibida a luva na mão de um usuário juntamente com o smartphone. Por fim, do lado direito, é mostrada a comunicação entre o modulo que calcula as rotas e a base de dados.



Figura 1 – Visão geral da arquitetura do Percept



Fonte: Ganz et al. (2011)

Em uma breve avaliação do modelo, podemos ressaltar que, devido ao baixo custo das tags RFID, é fácil implantar o sistema em um grande ambiente. Porém, a necessidade de conexão constante com a internet pode ser um problema. O fato de o usuário necessitar procurar os quiosques, bem como encontrar a tag correspondente ao destino desejado, é um grande complicador.

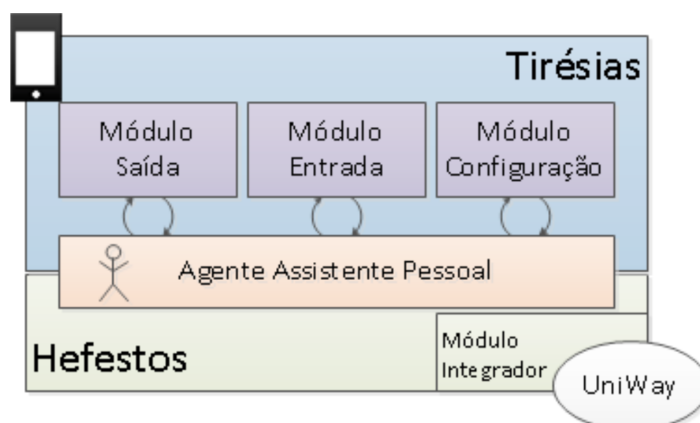
### 3.2 Tirésias

Em Falk, Tavares e Barbosa (2013) é proposto um modelo para acessibilidade chamado Tirésias. De acordo com o artigo, o Tirésias é baseado no Hefestos. Este, por sua vez, é um modelo genérico que visa procurar estabelecer alguns padrões de acessibilidade que possam ser aplicados em diversos tipos de deficiência. Segundo os autores, o Tirésias pode ser compreendido como uma especialização construída em cima do modelo Hefestos para atender as necessidades das pessoas com deficiência visual.

De acordo com Falk, Tavares e Barbosa (2013), o Tirésias emprega conceitos de sensibilidade ao contexto e acessibilidade ubíqua, utilizando maneiras especializadas de interação com o sistema, para promover acessibilidade a PDV. Dessa forma, o modelo é capaz de oferecer informações relevantes ao contexto onde o usuário está e o que existe a sua volta.

O Tirésias funciona obtendo informações de localização do usuário através do GPS contido no smartphone e, baseado nisso, o sistema exibe recursos de acessibilidade disponíveis nas proximidades do usuário. Algumas das funcionalidades oferecidas são a listagem de recursos disponíveis, a indicação de caminho até recurso selecionado e a solicitação de ajuda.

Figura 2 – Visão geral da arquitetura do Tirésias



Fonte: Falk, Tavares e Barbosa (2013)

O modelo Tirésias é composto pelos módulos de saída, entrada, configurações e pelo assistente pessoal, somados ao modelo Hefestos. A figura 2 exibe uma visão geral da arquitetura do Tirésias, mostrando em cima os componentes do próprio modelo, e embaixo os componentes do modelo em que ele é baseado. Os componentes são descritos abaixo.

- O módulo de saída é o responsável por gerenciar as informações passadas aos usuários. Informações são divididas em dois grupos: o primeiro são indicações de recursos disponíveis próximos ao usuário; o segundo tipo são os trechos do caminho até um determinado destino escolhido pelo usuário. Para comunicar as informações ao usuário, são utilizados a leitura da tela em conjunto com alertas vibratórios. A disponibilização das informações do primeiro tipo envolve a leitura do nome, da descrição e da distância até cada recurso um dos recursos disponíveis, baseado na posição atual do usuário. Conforme o usuário se movimenta, a informação de distância dos recursos é atualizada. A diferença do segundo tipo é que apenas o destino parcial mais próximo é disponibilizado e, quando o usuário conclui o trecho atual, o próximo é lido. Além da leitura de tela, o Tirésias combina a utilização de alertas vibratórios com a bússola eletrônica que equipa os smartphones para indicar a direção correta aos usuários. Quando o smartphone está voltado em direção do próximo destino, o fato é informado ao usuário através de vibrações, interrompidas quando o smartphone é virado para outras direções.
- O módulo de entrada gerencia a interface do usuário com o sistema. Capaz de suportar dispositivos com teclado dedicado ou somente a tela sensível ao toque, o Tirésias se adapta aos recursos disponíveis no smartphone para oferecer a maneira mais conveniente de interação ao usuário. É através deste módulo que o usuário informa ao modelo onde deseja ir, por exemplo.
- O módulo de configuração disponibiliza o controle de ajustes de todas as funcionalidades disponíveis no sistema, de forma a customizar o sistema às necessidades de diferentes

usuários. Alguns dos ajustes disponíveis são o controle de frequência e volume da leitura de tela, a quantidade de recursos lida e se o usuário deseja ser notificado quando há alguma mudança nos recursos.

- O agente é responsável pela comunicação com o Hefestos, através da qual são obtidos perfis de usuários e recursos disponíveis para o suporte à acessibilidade.

Avaliando o modelo, é notável a acessibilidade no que tange a entrada e saída dos dados no aplicativo. Entretanto, um ponto fraco é a utilização do GPS como modo de localização, visto que o sistema é incapaz de identificar um andar específico em um prédio com muitos pisos, por exemplo, bem como o sinal pode ser fraco ou estar indisponível em algumas regiões devido à natureza da tecnologia.

### **3.3 UCAT - Ubiquitous Context Awareness Tools for the Blind**

Rodrigues (2013) apresenta uma pesquisa cujo objetivo é identificar as necessidades de informação de um deficiente visual, focando principalmente em questões relacionadas a percepção, orientação em ambientes conhecidos e desconhecidos e também em dificuldades comumente enfrentadas no dia-a-dia, após algumas entrevistas com PDV o trabalho descobriu que a falta de conhecimento a respeito das pessoas ao redor foi apontada como a principal causa de desconforto. Além disso, todos os entrevistados afirmaram que seria muito bom possuir uma ferramenta sutil e discreta que os ajudasse a obter mais informações sobre seus arredores.

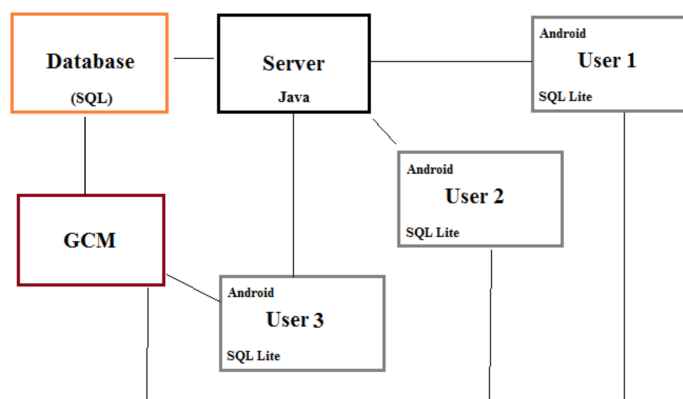
O autor afirma que não existe nenhum sistema que forneça a usuários cegos informações sobre o contexto ao seu redor e propõe um modelo com essa finalidade. Desenvolvido para dispositivos móveis que suportam a tecnologia Bluetooth, objetiva ser uma ferramenta através da qual os PDV podem criar, compartilhar e receber informações a respeito de pessoas, locais ou objetos através de notas.

Usando Bluetooth como ferramenta de detecção e o endereço MAC do dispositivo para identificar unicamente cada telefone, a aplicação mostra todos os dispositivos ao redor do usuário, sendo capaz de detectar quando alguém se aproxima ou se afasta. O sistema permite criar contatos, associando aparelhos de telefone a pessoas específicas, permitindo também que o usuário crie notas de texto ou voz relacionadas a alguém ou algum lugar. O modelo periodicamente busca por dispositivos próximos e, quando encontra algum, procura se alguma nota foi criada e associada a ele. Se uma associação é encontrada, o aplicativo notifica o usuário através de alertas vibratórios que podem ser personalizados.

Aqui existe um grande ponto fraco da tecnologia utilizada. Para funcionar corretamente, é necessário que todos os dispositivos estejam com o Bluetooth conectado e em modo visível aos demais; caso contrário, o aplicativo é incapaz de detectá-los.

A arquitetura do sistema possui estrutura cliente-servidor, onde o servidor é responsável apenas por hospedar a base de dados e trocar informações entre usuários através da ferramenta

Figura 3 – Visão geral da arquitetura do UCAT



Fonte: Rodrigues (2013)

Google Cloud Messaging (GCM) <sup>1</sup> que é usada quando um usuário decide compartilhar alguma informação com outros. O smartphone é o responsável pela execução da maior parte das funcionalidades do modelo. Nele, ficam armazenadas as informações pessoais de cada usuário, seus contatos, associações e notas criadas.

A figura 3 exibe uma visão geral da arquitetura do modelo UCAT. Nela podemos ver que os clientes conectados ao servidor e ao GCM, enquanto a base de dados se conecta ao servidor e ao GCM.

Para facilitar a interação dos usuários com o telefone, o sistema lança mão de alguns recursos de acessibilidade:

- O sistema oferece diferentes formas de navegação baseada em gestos realizados na tela, afim de simplificar a navegação do usuário pelas telas e menus. Alguns gestos disponíveis são o deslizar, o clique duplo e o clique longo. O primeiro tem a função de percorrer as listagens de recursos e menus do aplicativo baseado na direção deslizada na tela. Já os outros servem para confirmar ações ou obter mais informações, respectivamente.
- Feedback por áudio, ou retorno do sistema através de voz, acontece através da função de conversão de texto para voz nativa do Android<sup>2</sup>, sendo empregado para avisar ao usuário em que parte da aplicação ele se encontra, bem como listar funcionalidades de cada tela.
- Feedback tátil, ou alertas vibratórios, faz com que cada tipo de notificação emitida pelo sistema seja acompanhada por um padrão diferente de vibração, de modo a permitir que o usuário entenda o motivo do alerta sem obrigá-lo a retirar o telefone do bolso.

<sup>1</sup>Ferramenta de mensageria do Google, para mais informações consultar a documentação da ferramenta em <https://developer.android.com/google/gcm/index.html>

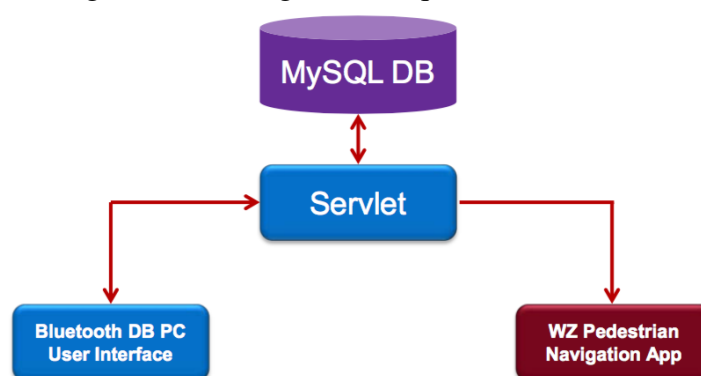
<sup>2</sup>Mais informações no Centro de Ajuda sobre acessibilidade do Android, em <https://support.google.com/accessibility/android/>

### 3.4 Development of a Navigation System Using Smartphone and Bluetooth Technologies to Help the Visually Impaired Navigate Work Zones Safely

O estudo realizado por Chen-Fu (2014) revela que pedestres correspondem a 17% das mortes em canteiros de obras nos Estados Unidos. Segundo o autor, um grande planejamento é feito para acomodar o tráfego de pedestres ao redor de zonas em obras, especialmente para os deficientes visuais, e garantir segurança no trajeto. O trabalho descreve seus objetivos da seguinte forma: compreender quais as informações relevantes para redirecionar PDV ao redor de obras, afim de prover mensagens relevantes e criar um sistema para dispositivos móveis afim de antecipadamente alertar seus usuários sobre a aproximação dos canteiros de obra. Ainda é citada a intenção de padronizar o formato de mensagens emitido em zonas em construção no redirecionamento dos transeuntes, afim de garantir aos PDV a possibilidade de caminhar independentemente e com segurança.

Para atingir o primeiro objetivo, foram conduzidas entrevistas com PDV afim de compreender os desafios que eles enfrentam e quais são consideradas informações relevantes durante seu deslocamento. Para o segundo objetivo, o trabalho propõe um aplicativo para smartphones Android que verbalmente emite mensagens enquanto seu usuário se aproxima das áreas delimitadas, fazendo uso de GPS, Bluetooth, função de conversão texto para voz e sensores presentes no telefone.

Figura 4 – Visão geral da arquitetura do modelo



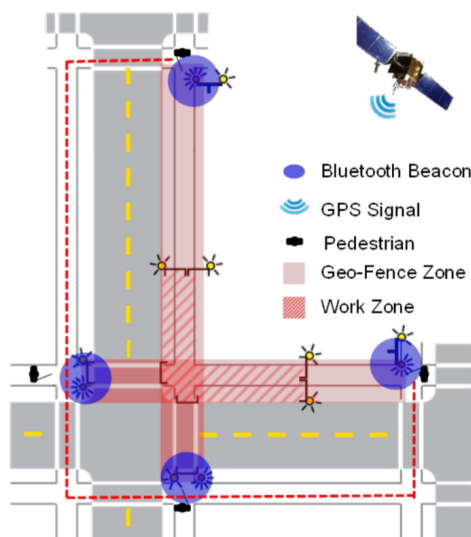
Fonte: Chen-Fu (2014)

O modelo consiste em três componentes: servidor com banco de dados com mapas, aplicativo para Android e beacons Bluetooth,

- O servidor contém o banco de dados onde ficam armazenados os mapas para referência espacial, informações sobre o posicionamento dos beacons e mensagens correspondentes a cada um deles. Essas informações são inseridas no banco de dados através de uma interface web acessada de um computador comum. O modelo de dados de cada beacon compreende um identificador único, latitude, longitude e nome do ponto onde ele foi posicionado e também quatro possíveis textos livres, de acordo com a estrutura das mensagens.
- O aplicativo constantemente busca por sinais Bluetooth nas proximidades do usuário. Quando algum é encontrado, seu identificador é comparado com aqueles cadastrados na base de dados espacial. Caso o aplicativo detecte que o usuário se encontra próximo a uma zona em obras, o telefone vibra e o alerta correspondente é emitido verbalmente através da função Text to Speech (TTS) do Android. É também função do aplicativo conectar-se periodicamente ao banco de dados afim de sincronizar sua base de dados local, mantendo as informações atualizadas. Apenas zonas num raio de até oito quilômetros do usuário são possíveis para garantir o funcionamento mesmo durante um breve período sem conexão com a base.
- Utilizados devido a possíveis problemas com o sinal GPS fraco ou inexistente, os beacons Bluetooth Smart podem ser posicionados nos limites das zonas em obras, em cavaletes ou cones, conforme mostrado na figura 5. São dispositivos de baixo consumo que constantemente emitem seu identificador em um raio de dez metros, podendo ainda ser aumentado ou diminuindo conforme a necessidade.

A figura 4 mostra a arquitetura do modelo. Nela é possível ver que a base de dados é exposta através de um servidor, sendo acessada pelo aplicativo para obter as informações e por uma outra interface através de uma pagina web usada para manter as informações.

Figura 5 – Demonstração da disposição dos beacons ao redor de uma zona em obras



Fonte: Chen-Fu (2014)

As mensagens emitidas pelo aplicativo seguem o padrão estabelecido durante as entrevistas, sendo formadas por quatro partes distintas (CHEN-FU, 2014):

- Breve anúncio para chamar atenção do usuário
- Localização atual
- O que e onde
- Ação recomendada

Uma mensagem de exemplo, seguindo esse padrão, poderia ser: Atenção, você está na esquina da Rua X com a Rua Y, a calçada encontra-se fechada por Z metros. Atravesse a rua X para receber mais informações.

O ponto fraco desse trabalho é a baixa área de abrangência da solução, funcionando apenas no entorno de zonas em obras. A pesquisa e a tecnologia seriam melhores aproveitadas em situações mais corriqueiras, como em um ambiente de uma universidade ou um estádio. Vale citar como ponto forte o uso da última versão da tecnologia Bluetooth, ao contrário dos outros trabalhos citados, onde não é necessário parear os dispositivos para que eles se comuniquem.

### 3.5 Comparação entre os trabalhos estudados

Com o intuito de facilitar a compreensão e a comparação dos trabalhos relacionados, um comparativo entre os trabalhos foi traçado. A partir do comparativo, a tabela 2 foi desenvolvida, contendo os principais dados sobre os modelos estudados. Nela são apresentadas as abordagens usadas em cada um dos modelos, sendo possível identificar de forma ágil as ca-

racterísticas e tecnologias aplicadas em cada um, permitindo a identificação de pontos fortes e lacunas relevantes para o presente trabalho.

Alguns critérios foram selecionados para uma comparação mais clara entre os trabalhos, cada item da tabela se relaciona com um critério considerado nos modelos selecionados: O método de localização diz respeito a tecnologia utilizada pelo modelo para obter a localização do usuário; a abrangência se refere ao tipo de ambiente em que o modelo se propoe a funcionar; ambientes dinâmicos indica a capacidade do modelo de lidar com mudanças no ambiente; hardware específico demonstra se o modelo existe que o usuário carregue consigo mais um equipamento ou se o modelo se encaixa em um equipamento já existente; comunicação descreve a maneira utilizada pelo modelo para se comunicar com servidores ou atores externos; interoperabilidade mostra se o modelo prevê que seus dados possam ser utilizados por outras aplicações; banco de dados, linguagem e sistema operacional descrevem quais tecnologias são usadas pelo modelo durante seu desenvolvimento e uso; hardware diz especificamente qual o aparato que o usuário deverá possuir para utilizar o modelo; por fim, arquitetura descreve os componentes de software do modelo e a forma com que eles se comunicam.

Os aspectos mais relevantes na comparação são o hardware que é utilizado no modelo, qual a tecnologia aplicada na determinação da localização do usuário e a área de abrangência do sistema. Todos os modelos estudados são focados no uso de dispositivos móveis, no entanto, um deles exige o uso combinado de outro dispositivo de hardware dedicado. Dois dos trabalhos utilizam Bluetooth para obter a localização, enquanto os outros usam RFID ou GPS. Em relação ao último aspecto, três dos sistemas possuem foco em ambientes internos, enquanto um é mais específico e voltado a zonas em construção.



Tabela 2 – Tabela comparativa entre os trabalhos relacionados

|                       | Percept                                   | UCAT                             | Navigation System for Work Zones | Tirésias                   |
|-----------------------|---|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------|
| Método de localização | RFID                                      | Bluetooth 2.1                    | Bluetooth 4.0                    | GPS                        |
| Abrangência           | Indoor                                    | Indoor e outdoor                 | Zonas em obras                   | Indoor                     |
| Ambientes dinâmicos   | Não especificado                          | Não especificado                 | Não especificado                 | Não especificado           |
| Hardware específico   | Sim                                       | Não                              | Não                              | Não                        |
| Comunicação           | Internet ou intranet                      | Internet                         | Internet                         | Internet ou intranet       |
| Interoperabilidade    | Não                                       | Não                              | Não                              | Sim                        |
| Banco de dados        | Postgres                                  | SQLite                           | MySQL                            | Não especificado           |
| Linguagem             | Java                                      | Java                             | Java                             | Objective-C                |
| Sistema operacional   | Android                                   | Android                          | Android                          | iOS                        |
| Hardware              | Luva equipada c/ leitor RFID e smartphone | Dispositivos móveis c/ Bluetooth | Dispositivos móveis c/ Bluetooth | Dispositivos Móveis c/ GPS |
| Arquitetura           | Cliente-servidor                          | Cliente-servidor                 | Cliente-servidor                 | Cliente-servidor           |

Fonte: Elaborado pelo autor

No que tange a outros aspectos avaliados, a arquitetura de todos os modelos se assemelham no uso da estrutura cliente-servidor com comunicação via internet. Apenas o Tirésias foi desenvolvido em Objective-C para a plataforma iOS, enquanto todos os outros foram desenvolvidos em Java para a plataforma Android. Ainda é possível ressaltar que apenas o Tirésias concebe interoperabilidade para outras aplicações que podem vir a ser desenvolvidas.

Foi identificado que nenhum dos modelos identifica se faz uso de bibliotecas ou frameworks que visem promover acessibilidade. Além disso, as tecnologias de localização usadas em três dos modelos não se adequam perfeitamente a ambientes internos pois exigem proximidade muito grande do usuário para obter as informações ou então não são capazes de identificar múltiplos andares em um ambiente. O modelo destinado à áreas em construção é o único que faz uso da tecnologia mais adequada, o Bluetooth Low Energy. Porém, a emprega em uma área de abrangência muito pequena. Outra lacuna identificada foi a falta de informações a respeito do gerenciamento por parte do modelo de mudanças que possam acontecer eventualmente nos ambientes, ou ambientes dinâmicos. Por fim, foi identificado que o único modelo que considera a possibilidade integração com outras soluções é o Tirésias.

O principal recurso agregado ao modelo Insight será a utilização do kit de desenvolvimento de software indoor.rs, fornecido pela empresa Indoors. O indoor.rs busca ser a base na qual são montadas aplicações que necessitam de informações em sobre localização precisas e em tempo real. A decisão de usar essa biblioteca se deve ao fato de o kit facilitar o desenvolvimento

de soluções multiplataforma, permitindo a localização em aparelhos Android e iOS através de beacons Bluetooth. Outras características da plataforma indoo.rs são a dispensa da necessidade de conexão com a internet, o baixo consumo de energia, a inclusão de ferramentas analíticas e gerenciais, através das quais é possível extrair inúmeras informações a respeito do movimento dos usuários nas premissas do ambiente. O Insight também fornecerá suporte a ambientes dinâmicos e possibilidade de integração com outras soluções, ambos através de um webservice REST.

## **4 MODELO PROPOSTO**

A solução proposta através desse modelo consiste em um aplicativo acessível para dispositivos móveis compatíveis com a tecnologia Bluetooth que será usado pelos usuários, juntamente com beacons Bluetooth que fornecerão a localização do usuário. Os beacons serão previamente distribuídos em pontos-chave pelo local de forma a otimizar seu alcance e área de cobertura. O aplicativo fornecerá instruções via áudio e alertas vibratórios para guiar o usuário ao seu destino, conforme o usuário for se aproximando dos beacons pelo caminho.

Este capítulo apresenta os componentes em maiores detalhes.

### **4.1 Visão geral do modelo**

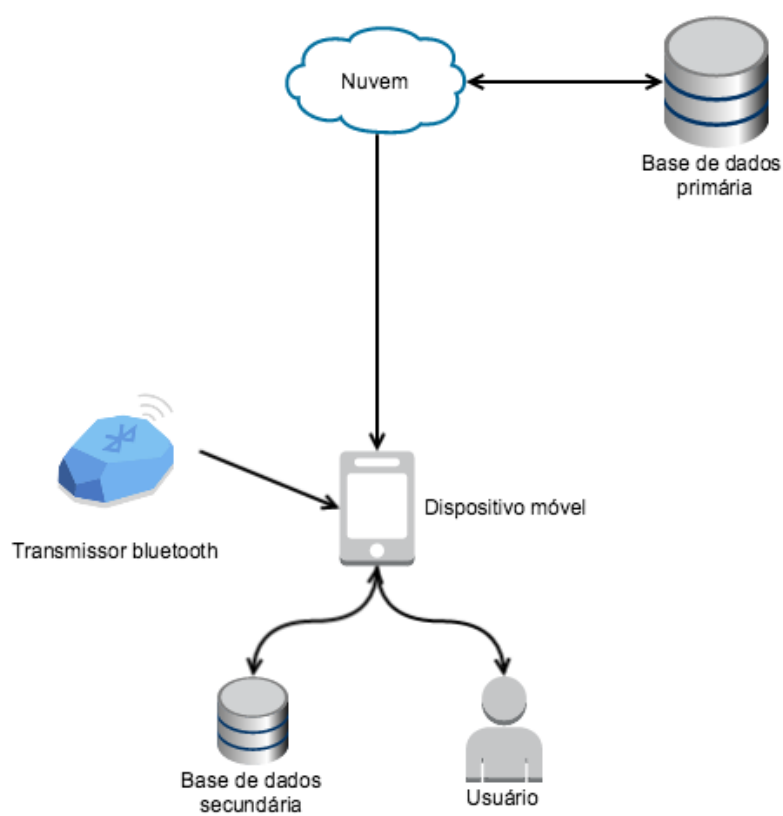
Não usar o app pra sempre, apenas em algumas viagens até aprender o caminho.

Wayfindr can be used with the technology most people already have. The challenge we set ourselves was to use ‘off the shelf’ products,

Wayfindr is an augmentation to existing systems, and isn’t meant to replace mobility aids such as white canes or guide dogs.

The user will use the NavPal tool in combination with a white cane or some other obstacle avoidance aid.

Figura 6 – Visão geral do modelo



Fonte: Elaborado pelo autor.

Quinones et al. (2011) busca entender, através de entrevistas, como PDV realizam seus deslocamentos diários, bem como elencar requisitos necessários para desenvolver sistemas que os auxiliem nesta tarefa. O trabalho afirma que PDV criam mapas mentais ricos em detalhes dos locais que mais frequentam, memorizando rotas e marcos específicos destes locais. É sugerido no trabalho que uma característica importante de um sistema para navegação é o suporte a ambientes dinâmicos, no sentido de que mesmo caminhos conhecidos podem sofrer alterações, mesmo que levemente.

Vini: Modelo Proposto Visão Geral do Modelo Arquitetura Proposta Requisitos e Casos de Uso Requisitos Funcionais Requisitos Não Funcionais Modelo do Prontuario Proposto

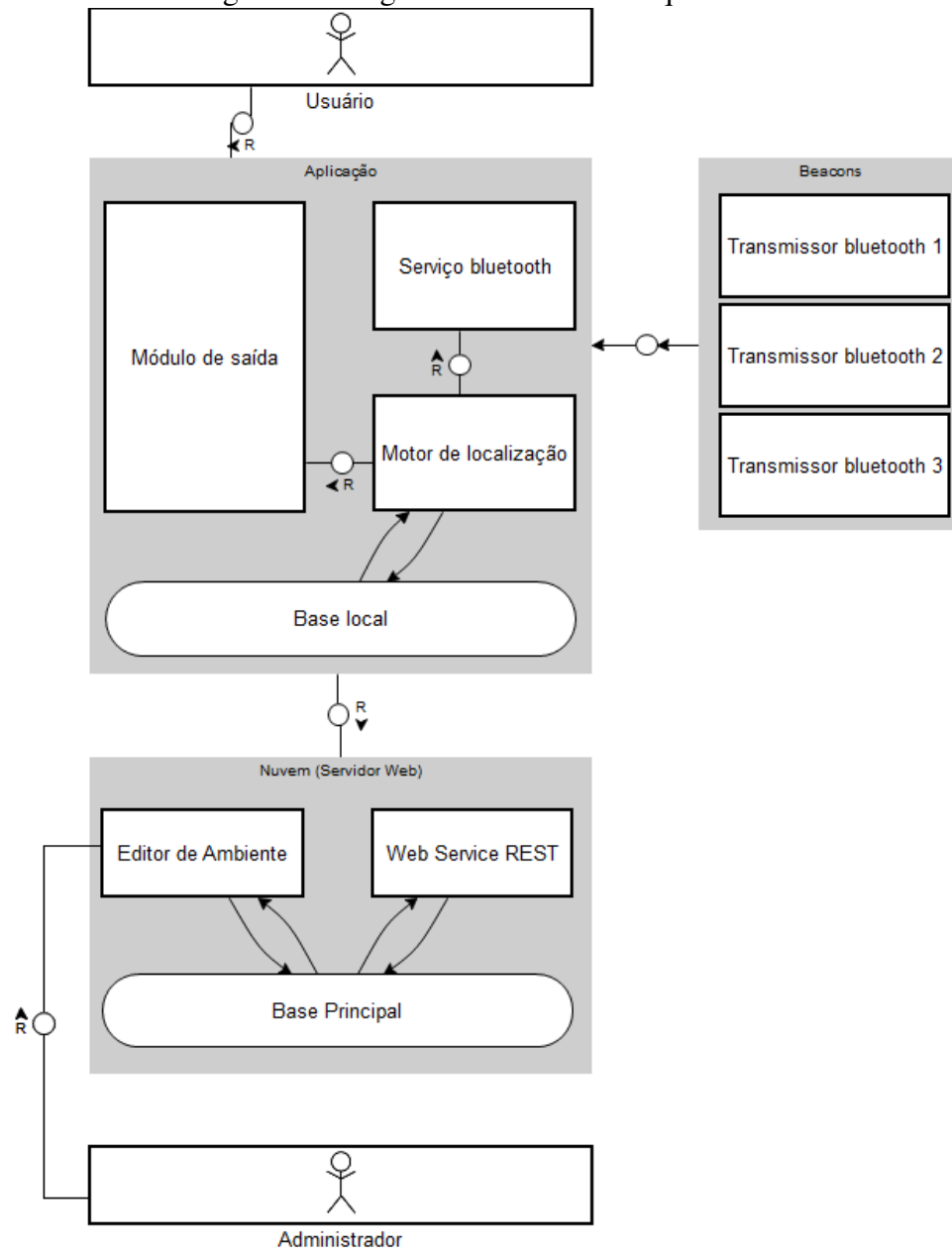
Plets: Modelo Proposto Requisitos Requisitos Funcionais Requisitos Não Funcionais Arquitetura Modelo de Dados Modelo de Segurança Senha Identificação de uso indevido Criptografia Modelo de comunicação Modelo de contexto

## **4.2 Requisitos**

These requirements make cellular phones the ideal platform for the deployment of BlindAid.

## **4.3 Arquitetura**

Figura 7 – Diagrama de blocos da arquitetura



Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.3.1 Motor de localização

Once the app is activated, the user's location is mapped on their own device, with spoken directions transmitted via bone conducting earphones.

#### 4.3.2 Serviço Bluetooth

Beacons apenas em pontos chave.

Bluetooth não precisa parear.

Beacons therefore add a layer of context. Previously, context was given by a user's details and history, combined with factors like time and possibly approximate location from GPS (think of Google maps and other local services). Now that can be enhanced by precise, immediate location and therefore movement, for example - entering the building, at a specific car in the showroom, at a particular gate in the airport, in a certain section of stadium seating, at some museum exhibit, walking towards a certain store and so on. This creates opportunities for new types of app providing information, utility and convenience for users that wasn't previously possible. However it also generates significant quantities of data on movements and habits of consumers - this is a potential boon for companies, but is also likely to lead to privacy concerns, even though some companies already track location by GPS and wifi with consumer opt-in. This means that the applications that emerge in the near future, and how they handle the balance of providing consumer utility with data collection, are going to be of crucial importance in promoting adoption of the technology. Supermarket (and other) loyalty cards show that it's possible to get this right - they are widely embraced, probably because the benefits to the consumer are clear and the proposition is simple.

#### 4.3.3 Módulo de saída

Ullman e Trout (2009) emphasized the importance of clear audible messages and spatial message elements

A user study comparing a variety of interfaces (namely, spoken, tone outputs, compass or haptic inputs) [10] showed that the superiority of spoken directions (in combination with the compass) for a navigation task in an obstacle-free outdoor campus area.

Beep pra chamar atenção Voz gerada por computador permite responder mais rapidamente a mudanças no ambiente, não exigindo que falas passem por todo o processo de gravação.

Less is more. Simple and concise instructions were preferred over frequent and absolute ones, and using instructions only at significant waypoints was an effective strategy as the station's unique sounds and a user's instinct also helped navigation. It also proved that there was no need to communicate distance in metres or number of strides.

#### 4.3.4 Serviço Web

Permite responder a ambientes dinâmicos

#### 4.3.5 Bases de dados

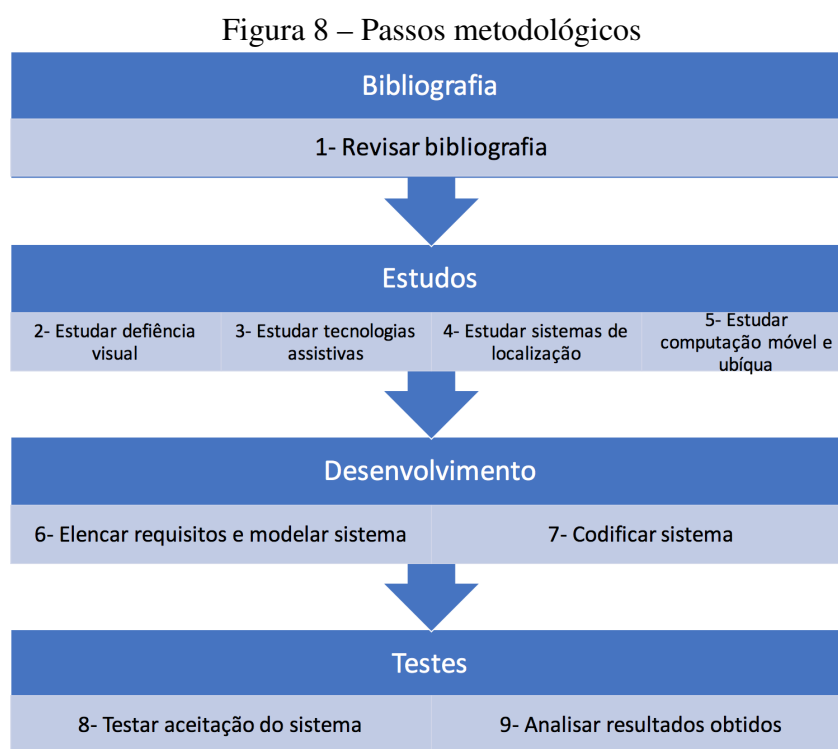


## 5 METODOLOGIA

Enquadrando o presente trabalho na classificação apresentada em Gerhardt e Silveira (2009), quanto à natureza da pesquisa, ele se caracteriza como uma pesquisa aplicada, pois objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática dirigidos a solução de um problema específico que é a navegação e localização de deficientes visuais. A abordagem do trabalho é qualitativa e, do ponto de vista dos objetivos, é uma pesquisa exploratória e descritiva, buscando resultar em um modelo acessível de localização e navegação em ambientes internos. O procedimento técnico utilizado para a construção da pesquisa é a pesquisa bibliográfica.

### 5.1 Desenvolvimento

O trabalho de modelagem e desenvolvimento do Insight foi dividido em 9 passos metodológicos apresentados na figura 8. Os passos 1 a 6 foram realizados no presente trabalho. Os demais passos serão realizados na disciplina Trabalho de Conclusão II, que também compreende os requisitos para a colação de grau da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS).



Fonte: Elaborado pelo autor.

A seguir são apresentados brevemente cada um dos passos concebidos:

1. **Revisar bibliografia:** Pesquisa bibliográfica objetivando descobrir trabalhos envolvendo o tema em questão. Realizar leitura e resumo dos trabalhos relevantes encontrados, e com isso criar uma fundamentação teórica adequada para o desenvolvimento desta pesquisa.

2. **Realizar estudo sobre deficiência visual:** Estudar essa deficiência em busca de compreender a maneira com que ela afeta seus portadores e buscando compreender o processo mental realizado por eles durante seu deslocamento, tanto em ambientes familiares como desconhecidos, afim de criar uma abstração desse processo aplicando-a ao modelo.
3. **Realizar estudo sobre tecnologias assistivas:** Estudar e verificar que tecnologias já foram aplicadas na acessibilidade, avaliando quais podem ser utilizadas no desenvolvimento do modelo para melhor atender as necessidades dos PDV.
4. **Realizar estudo sobre sistemas de localização:** Estudo buscando compreender o estado da arte dos sistemas de localização, identificando características que devem ser aplicadas em um sistema acessível destinado a PDV.
5. **Realizar estudo sobre computação móvel e ubíqua:** Estudar o conceito de computação ubíqua, bem como conceitos relacionados, em busca de ideias que podem ser aplicadas no desenvolvimento e no uso do presente modelo, tornando-o mais natural e transparente possível aos usuários.
6. **Elencar requisitos e modelar o sistema:** Elaborar os modelos necessários para o posterior desenvolvimento do sistema, utilizando a linguagem UML.
7. **Codificar sistema:** Codificar o sistema de acordo com a modelagem realizada.
8. **Testar aceitação do sistema:** Codificar uma prévia do modelo desenvolvido de modo que ela possa ser avaliada em campo.
9. **Analisar resultados dos testes:** Realizar análise dos resultados obtidos através dos questionários, traçando uma conclusão do trabalho desenvolvido. Posteriormente verificando os benefícios e dificuldades apresentados pelo sistema aos participantes, afim de estabelecer ajustes e correções, bem como trabalhos futuros.

## 5.2 Avaliação

A avaliação do modelo proposto se dará após a implementação e implantação do sistema. Para a implantação do mesmo serão convocados usuários PDV com interesse em colaborar com a pesquisa. Os usuários utilizarão o sistema e posteriormente o avaliarão usando duas técnicas distintas. A primeira será através de questionários anônimos durante o período de testes, afim de detectar problemas pontuais e verificar a adaptação do usuário ao sistema durante o período de uso. A segunda será a técnica da entrevista estruturada.

A entrevista ocorrerá em dois momentos. Antes de iniciar o período de testes para obter informações sobre a forma como os usuários se guiam quando necessitam deslocar-se em um ambiente desconhecido. Após o termino dos testes para obter informações relativas a qualidade da localização e da navegação oferecida pelo protótipo. O resultado da análise permitirá

identificar a eficácia do sistema e possibilitará elencar melhorias e/ou trabalhos relacionados ao tema.

(TODO: avaliação por cenários ou usuários)

## **6 CONCLUSÃO**

### **6.1 Comparação entre os trabalhos estudados e o modelo proposto**

Tabela 3 – Tabela comparativa entre os trabalhos relacionados e o Insight

|                       | Percept                                   | UCAT                             | Navigation System for Work Zones | Tirésias                   |
|-----------------------|---|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------|
| Método de localização | RFID                                      | Bluetooth 2.1                    | Bluetooth 4.0                    | GPS                        |
| Abrangência           | Indoor                                    | Indoor e outdoor                 | Zonas em obras                   | Indoor                     |
| Ambientes dinâmicos   | Não especificado                          | Não especificado                 | Não especificado                 | Não especificado           |
| Hardware específico   | Sim                                       | Não                              | Não                              | Não                        |
| Comunicação           | Internet ou intranet                      | Internet                         | Internet                         | Internet ou intranet       |
| Interoperabilidade    | Não                                       | Não                              | Não                              | Sim                        |
| Banco de dados        | Postgres                                  | SQLite                           | MySQL                            | Não especificado           |
| Linguagem             | Java                                      | Java                             | Java                             | Objective-C                |
| Sistema operacional   | Android                                   | Android                          | Android                          | iOS                        |
| Hardware              | Luva equipada c/ leitor RFID e smartphone | Dispositivos móveis c/ Bluetooth | Dispositivos móveis c/ Bluetooth | Dispositivos Móveis c/ GPS |
| Arquitetura           | Cliente-servidor                          | Cliente-servidor                 | Cliente-servidor                 | Cliente-servidor           |

Fonte: Elaborado pelo autor

## 6.2 Trabalhos futuros

- Wearables pra não ser necessário usar as mãos - Salas de aula, integração

## REFERÊNCIAS

- ACESSIBILIDADE BRASIL. **O que é acessibilidade?** Disponível em: <<http://www.pessoacomdeficiencia.gov.br/app/publicacoes>>. Acesso em: 20 maio 2015.
- BALLANCE, E. J.; LEE, H. Developing proactive information delivery system through bluetooth in ubiquitous networks. In: MULTIMEDIA AND UBIQUITOUS ENGINEERING, 2008. MUE 2008. INTERNATIONAL CONFERENCE ON, 2008. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2008. p. 413–418.
- BOHONOS, S. et al. Universal real-time navigational assistance (urna): an urban bluetooth beacon for the blind. In: ACM SIGMOBILE INTERNATIONAL WORKSHOP ON SYSTEMS AND NETWORKING SUPPORT FOR HEALTHCARE AND ASSISTED LIVING ENVIRONMENTS, 1., 2007. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 2007. p. 83–88.
- BRADY, E. et al. Visual challenges in the everyday lives of blind people. In: SIGCHI CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS, 2013, New York, NY, USA. **Proceedings...** ACM, 2013. p. 2117–2126. (CHI '13).
- Brasil. SNPDPD. **Tecnologia Assistiva**. [S.l.: s.n.], 2009. 138 p. Disponível em: <<http://www.pessoacomdeficiencia.gov.br/app/publicacoes>>. Acesso em: 20 maio 2015.
- CHEN-FU, L. **Development of a navigation system using smartphone and bluetooth technologies to help the visually impaired navigate work zones safely**. [S.l.]: Minnesota Department of Transportation Research Services & Library, 2014.
- DIAS, M. B. The navpal suite of tools for enhancing indoor navigation for blind travelers. **Indoor Wayfinding and Navigation**, [S.l.], p. 187, 2015.
- FALK, R. A.; TAVARES, J. E. d. R.; BARBOSA, J. L. V. Tirésias: um modelo para acessibilidade ubíqua orientado à deficiência visual. **Revista Brasileira de Computação Aplicada**, [S.l.], p. 55–70, 2013.
- GANZ, A. et al. Percept: indoor navigation for the blind and visually impaired. **Engineering in Medicine and Biology Society, EMBC, 2011 Annual International Conference of the IEEE**, [S.l.], p. 856–859, 2011.
- GANZ, A. et al. Percept indoor navigation system for the blind and visually impaired: architecture and experimentation. **International journal of telemedicine and applications**, [S.l.], v. 2012, p. 19, 2012.
- GANZ, A. et al. Percept-ii: smartphone based indoor navigation system for the blind. In: ENGINEERING IN MEDICINE AND BIOLOGY SOCIETY (EMBC), 2014 36TH ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE IEEE, 2014. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2014. p. 3662–3665.
- GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de Pesquisa**. [S.l.]: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009.
- IBGE. **Características gerais da população, religião e pessoas com deficiência**. [S.l.: s.n.], 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010>>. Acesso em: 02 jan. 2015.

MAU, S. et al. Blindaid: an electronic travel aid for the blind. **Robotics Institute Report, CMU-RI-TR-07-39**, [S.l.], 2008.

MONTAGUE, K. Accessible indoor navigation. In: ACM SIGACCESS CONFERENCE ON COMPUTERS AND ACCESSIBILITY, 12., 2010. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 2010. p. 305–306.

NARASIMHAN, P.; GANDHI, R.; ROSSI, D. Smartphone-based assistive technologies for the blind. In: COMPILERS, ARCHITECTURE, AND SYNTHESIS FOR EMBEDDED SYSTEMS, 2009., 2009. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 2009. p. 223–232.

PUPO, D. T.; MELO, A. M.; FERRÉS, S. P. Acessibilidade: discurso e prática no cotidiano das bibliotecas. **Campinas: Unicamp/Biblioteca Central César Lattes**, [S.l.], 2006.

QUINONES, P.-A. et al. Supporting visually impaired navigation: a needs-finding study. In: CHI'11 EXTENDED ABSTRACTS ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS, 2011. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2011. p. 1645–1650.

RODRIGUES, I. R. P. **UCAT: ubiquitous context awareness tools for the blind**. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) — Universidade de Lisboa, 2013.

RODRIGUEZ-SANCHEZ, M. C. et al. Accessible smartphones for blind users: a case study for a wayfinding system. **Expert Syst. Appl.**, Tarrytown, NY, USA, v. 41, n. 16, p. 7210–7222, Nov. 2014.

RODRIGUEZ-SANCHEZ, M. et al. Accessible smartphones for blind users: a case study for a wayfinding system. **Expert Systems with Applications**, [S.l.], v. 41, n. 16, p. 7210–7222, 2014.

Royal London Society for Blind People. **Youth Manifesto**. Disponível em: <<http://www.rlsb.org.uk/campaigns/youth-manifesto>>. Acesso em: 30 ago. 2014.

SATYANARAYANAN, M. Pervasive computing: vision and challenges. **IEEE Personal Communications**, [S.l.], v. 8, p. 10–17, 2001.

STEWART, J. et al. Accessible contextual information for urban orientation. In: UBIQUITOUS COMPUTING, 10., 2008. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 2008. p. 332–335.

TAVARES, J. a. E. d. R. **Hefestos: um modelo para suporte à acessibilidade ubíqua**. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) — Universidade do Vale do Rio do Sinos, 2011.

TAYLOR, B. et al. Smart phone-based indoor guidance system for the visually impaired. In: CONTROL AUTOMATION ROBOTICS & VISION (ICARCV), 2012 12TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON, 2012. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2012. p. 871–876.

TOWNSEND, K. et al. **Getting Started with Bluetooth Low Energy: tools and techniques for low-power networking**. First Edit. ed. [S.l.]: O'Reilly Media, Inc., 2014. 180 p.

ULLMAN, B. R.; TROUT, N. D. Accommodating pedestrians with visual impairments in and around work zones. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, [S.l.], v. 2140, n. 1, p. 96–102, 2009.

VANDERHEIDEN, G. C. Ubiquitous accessibility, common technology core, and micro assistive technology: commentary on “computers and people with disabilities”. **ACM Transactions on Accessible Computing (TACCESS)**, [S.l.], v. 1, n. 2, p. 10, 2008.

W3C. **Web content accessibility guidelines**. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/2008/REC-WCAG20-20081211/>>. Acesso em: 29 maio 2015.

WEISER, M. The computer for the 21st century. **Scientific American**, [S.l.], v. 265, p. 94–104, 1991.

ZAFARI, F.; PAPAPANAGIOTOU, I.; CHRISTIDIS, K. Micro-location for internet of things equipped smart buildings. **arXiv preprint arXiv:1501.01539**, [S.l.], 2015.