



Programa Interdisciplinar de Pós-Graduação em
Computação Aplicada
Mestrado Acadêmico

Marcelo Josué Telles

MASC: Um Modelo Computacional para Cidades Inteligentes
Assistivas

São Leopoldo, 2016

Marcelo Josué Telles

**MASC: UM MODELO COMPUTACIONAL PARA CIDADES
INTELIGENTES ASSISTIVAS**

Dissertação apresentada como requisito parcial para a
obtenção do título de Mestre, pelo Programa
Interdisciplinar de Pós-Graduação em Computação
Aplicada da Universidade do Vale do Rio dos Sinos
– UNISINOS

Orientador:

Prof. Dr. Jorge Luis Victória Barbosa

Co-orientador:

Prof. Dr. Rodrigo da Rosa Righi

São Leopoldo

2016

T274m Telles, Marcelo Josué.
MASC : um modelo computacional para cidades inteligentes assistivas / Marcelo Josué Telles. – 2016.
128 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada, 2016.

“Orientador: Prof. Dr. Jorge Luis Victória Barbosa ; Co-orientador: Prof. Dr. Rodrigo da Rosa Righi.”

1. Tecnologia assistida por computador. 2. Computação ubíqua. 3. Deficientes. 4. Dispositivos de autoajuda para pessoas com deficiência I. Título.

CDU 004.9

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Bibliotecário: Flávio Nunes – CRB 10/1298)

Marcelo Josué Telles

MASC: Um Modelo Computacional para Cidades Inteligentes Assistivas

Dissertação apresentada à Universidade do Vale do Rio dos Sinos – Unisinos, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Computação Aplicada.

Aprovado em 28 de março de 2016

BANCA EXAMINADORA

Rodrigo da Rosa Righi – UNISINOS

Sandro José Rigo – UNISINOS

José Palazzo Moreira de Oliveira – UFRGS

Prof. Dr. Jorge Luis Victória Barbosa (Orientador)

Visto e permitida a impressão
São Leopoldo,

Prof. Dr. Sandro José Rigo
Coordenador PPG em Computação Aplicada

AGRADECIMENTOS

A oportunidade de iniciar este trabalho foi possível graças a Deus.

O desenvolvimento deste trabalho foi possível devido ao incentivo de várias pessoas. Algumas, são lembradas a seguir, às demais fica meu sincero sentimento de gratidão pelo apoio.

Em primeiro lugar agradeço a educação que minha mãe proporcionou. Minha mãe Odete que sempre apoiou-me acreditando nos meus sonhos e me manteve acordado para alcançá-los.

À minha esposa Ana Paula, por compreender minha ausência no momentos em que se sentiu sozinha. Fica minha dívida também pela ajuda e carinho durante a escrita deste trabalho.

À minha sogra Laise que atuou em vários papéis importantes.

Ao meu irmão Diêison por colaborar com suas críticas e ponto de vista cético.

Ao orientador Jorge que sempre esteve atento ao meu trabalho dando *feed back* imediato e direcionado minha pesquisa com objetivo de melhorar a qualidade e contribuição científica. Estando presente em todos momentos, desde o início da exploração bibliográfica, preenchimento de relatórios da CAPES, incentivando ministrando a disciplina de Desenvolvimento de Software Orientado a Computação Móvel e Ubíqua auxiliando na escrita de artigos e estimulando a criatividade e busca de soluções inovadoras.

Ao co-orientador Rodrigo que teve o *feeling* apurado o suficiente para identificar oportunidades de pesquisa para embasar academicamente este trabalho.

Ao colega de mestrado Paulo que aceitou minha parceria para o desenvolvimento de trabalhos que deram suporte para o modelo proposto, tais como bancos de dados na nuvem, classificadores, ferramentas para geração de gráficos, geração de mapas personalizados, algoritmos de ordenação e mineração, Arduino e Raspberry Pi.

Fica o agradecimento especial a CAPES - PROSUP pelo apoio financeiro, sem o qual, este curso de pós-graduação não seria possível.

À UNISINOS pelo ambiente de ensino e pesquisa proporcionado que deu suporte a esta pesquisa unindo tecnologia e acessibilidade.

Ao professor Vanderheiden pelos materiais sobre acessibilidade ubíqua disponibilizados.

Ao pesquisador Martin, que inúmeras vezes prestou suporte para personalização do Siafu, fazendo com que a simulação ficasse mais próxima da realidade possível, simulando um ambiente com usuários e contextos.

Ao professor Tavares por compartilhar sua ontologia e permitir seu uso e extensão.

Aos alunos dos cursos técnicos da instituições onde lecionei em 2014 e 2015, os quais participaram do desenvolvimento de algoritmos para tratamento de dados de trilhas e geração de mapas com informações contextuais.

RESUMO

A crescente expansão dos recursos de tecnologia da informação e comunicação vem oportunizando o desenvolvimento de soluções tecnológicas para as regiões metropolitanas. Tais soluções visam melhorar a qualidade de vida, minimizar impactos ambientais, qualificar o atendimento na área da saúde, minimizar gastos de recursos naturais, facilitar ações no comércio, melhorar a segurança e comportar o crescente aumento do número de pessoas nas cidades. Iniciativas foram propostas por pesquisadores e implementadas em cidades definidas como “Cidades Inteligentes”, no entanto nenhuma destas tratam por completo as exigências apresentadas pelas pessoas com deficiência (PcDs), nem fazem uso das interações geradas por estas. Uma forma de promover acessibilidade para PcDs é utilizar computação móvel, infraestrutura de comunicação, recursos colaborativos e ações realizadas pelas PcDs a fim de oferecer serviços inteligentes de acessibilidade. Nas Cidades Inteligentes a infraestrutura já é disponibilizada, exigindo apenas computação móvel e uma camada de gerenciamento de recursos, composta por sensores e computação em nuvem. O presente trabalho apresenta um modelo para cidades inteligentes assistivas (MASC do inglês *Model for Assistive Smart Cities*) para este cenário. Diferente das abordagens propostas o MASC utiliza as interações das PcDs para composição de trilhas que são oferecidas como serviço, além disso é genérico pois suporta diferentes tipos de deficiências e é indicado para aplicações massivas. O modelo contempla ontologia para pessoas, recursos, deficiências, ambientes e trilhas. Foi desenvolvido um protótipo para avaliar desempenho e funcionalidade. Esta avaliação foi realizada com dados gerados por um simulador de contextos em uma região localizada no centro da cidade São Leopoldo - RS. Os resultados indicaram que o modelo atende aplicações massivas, recebendo informações para geração de trilhas e oferecendo suporte aos usuários, auxiliando PcDs, profissionais da saúde e administração pública.

Palavras-chave: Acessibilidade Ubíqua. Cidade Assistiva. Pessoas com Deficiências.

ABSTRACT

The growing expansion of information and communication technology has been providing opportunities for the development of services for the metropolitan areas. These solutions are aimed at improving the quality of life, minimize environmental impacts, improve health service, minimize spending on natural resources, facilitate trade actions, improve security and bear the increasing number of people at the cities. Initiatives have been proposed by researchers and implemented in cities defined as “Smart Cities”, however none of these fully address the demands made by persons with disabilities (PwDs) and does not make use of the interactions generated by these. One way to promote accessibility for PwD is using mobile computing, communications infrastructure, collaborative resources and actions by PwD to offer intelligent accessibility services. In the Smart Cities infrastructure is already available, requiring only mobile computing and resource management layer, consisting of sensors and cloud computing. In order to improve the quality of life of these people and promote accessibility, it is important support using ICT. One way to promote accessibility to PwDs, is using mobile computing, communications infrastructure and collaborative capabilities in order to offer intelligent accessibility services. This paper presents the Model for Assistive Smart Cities (MASC) for this scenario. Unlike the proposed approaches the MASC uses the interactions of PwD to compose trails which will be offered as a service also is generic because it supports different types of disabilities and is suitable for massive applications. The model includes ontology for people, resources, disability, environments and trails. A prototype was developed to evaluate performance and functionality. This evaluation was conducted with data generated by a simulator contexts in a region located in downtown São Leopoldo - RS. The results indicated that model meets massive applications, getting information to generate trails and supporting the users, PwD, health professionals and public administration.

Keywords: Ubiquitous Accessibility. Assistive City. People with Disability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Dimensões da Computação Ubíqua.	25
Figura 2: Evolução e características da Computação Ubíqua.	27
Figura 3: Arquitetura para representação da Computação em Nuvem.	27
Figura 4: Conceitos que compõem a Big Data.	29
Figura 5: IoT como resultado da convergência de diferentes visões.	30
Figura 6: Funcionamento do EPCIS.	32
Figura 7: Arquitetura para suporte a PcDs utilizando IoT.	34
Figura 8: Comunicação com nervos, utilizando caminhos alternativos.	35
Figura 9: Classificação das cidades.	36
Figura 10: Conceitos e tecnologias do MASC.	38
Figura 11: Arquitetura de Software do Modelo mPassWMB.	42
Figura 12: Rota apresentada pelas plataformas tradicionais de mapas georreferenciados.	43
Figura 13: Rota apresentada pelo mPassWMB adaptado para as necessidades e preferências do usuário no transporte público, com dados relativos aos ônibus em tempo real.	44
Figura 14: Arquitetura de Software do Modelo Hefestos.	44
Figura 15: Avaliação do Modelo Hefestos.	45
Figura 16: Atividade humana assistida por tecnologias (HAAT).	47
Figura 17: HAAT proposto.	47
Figura 18: Arquitetura do trabalho de ALY (2014).	48
Figura 19: Avaliação no trabalho de ALY (2014).	48
Figura 20: SmartVision e Cenário de teste do LBSBlind.	49
Figura 21: Arquitetura de software do modelo proposto por FERNANDES et al. (2014).	50
Figura 22: Bengala para interface do usuário.	50
Figura 23: Interface do usuário com bengala e <i>smartphone</i>	51
Figura 24: Visão geral do MASC.	57
Figura 25: Atores do modelo.	60
Figura 26: Casos de Uso do Ator Cliente móvel.	61
Figura 27: Casos de Uso do Ator Cliente Web Usuário Final.	62
Figura 28: Casos de Uso do Ator Cliente Web Administrador.	63
Figura 29: Casos de Uso do Ator Cliente Sensor.	63
Figura 30: Casos de Uso do Ator Dados Externos.	64
Figura 31: Arquitetura Geral do Modelo.	65
Figura 32: Arquitetura do Servidor MASCserver.	66
Figura 33: Ontologia do Hefestos.	70
Figura 34: Extensão da Ontologia do Hefestos.	71
Figura 35: Ontologia completa do Hefestos.	71
Figura 36: Extensão completa da Ontologia do Hefestos.	72
Figura 37: Símbolos da notação Prometheus empregada no <i>plugin</i>	74
Figura 38: Sistema Multiagente do MASC.	75
Figura 39: Agente para Perfil.	75
Figura 40: Agente para Trilha.	76
Figura 41: Agente para Monitoramento.	76
Figura 42: Agente para Recomendações.	77
Figura 43: Agente para Buscas.	77

Figura 44: Arquitetura do Aplicativo Móvel e Assistente Pessoal AsP.	78
Figura 45: Arquitetura do Site Web.	79
Figura 46: Arquitetura do <i>middleware</i> para MASCnode.	80
Figura 47: Aplicações desenvolvidas para protótipo, com relação à arquitetura do MASC.	84
Figura 48: Esquema de dados para Recurso Perfil e Trilha.	85
Figura 49: Exemplo de estrutura para armazenar dados do MASCnode. Este arquivo é enviado ao MASCserver.	86
Figura 50: Arquivo de configuração do MASCnode 1. Este é um arquivo de retorno.	88
Figura 51: Tela inicial do AsP.	89
Figura 52: Mapa com os recursos para PcDs.	90
Figura 53: Tela com recursos e posição atual da PcD.	91
Figura 54: Protótipo do MASCnode com sensores para capturar informações do ambiente.	92
Figura 55: Console do protótipo para MASCnode com sua interface de rede WiFi.	93
Figura 56: Acessando MASCnode local.	94
Figura 57: Acessando MASCnode pela internet.	95
Figura 58: Simulação para obtenção das trilhas (final do primeiro dia de simulação).	96
Figura 59: Simulação no início do primeiro dia.	97
Figura 60: Simulação com os agentes posicionados no trabalho.	98
Figura 61: Tempo de resposta considerado nos testes.	99
Figura 62: Tempo de resposta para envio das trilhas.	99
Figura 63: Rotina para consultar recursos próximos da PcD.	100
Figura 64: Tempo de resposta para consultas dos recursos.	100
Figura 65: Serviço para PcDs, mapa com trilha acessível.	101
Figura 66: Serviço para PcDs segunda trilha.	102
Figura 67: Serviço para profissionais da saúde, lista de PcDs.	103
Figura 68: Serviço para profissionais da saúde (PcDs com limitações nos membros inferiores).	104
Figura 69: Serviço para prefeitura, ponto e área de interesse.	104
Figura 70: Serviço para prefeitura, trilhas passando pela área de interesse.	105
Figura 71: Serviço para encontrar regiões com concentração de PcDs, expandindo para leste.	105
Figura 72: Serviço para encontrar regiões com concentração de PcDs, expandindo para as 4 direções.	106

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Comparativo entre os trabalhos relacionados	53
Tabela 2: Respostas aos critérios no modelo proposto	55
Tabela 3: Propriedades das trilhas	78
Tabela 4: Serviços básicos para protótipo do MASC	87
Tabela 5: Serviços para profissionais da saúde e administração pública	103

LISTA DE ABREVIATURAS

Amb.	Ambiente
Apl.	Aplicado
adm	Administração Pública
cm	centímetro
Comp. Ubi.	Computação Ubíqua
km	quilômetro
listaRec	Lista Recursos
MHz	<i>Mega Hertz</i>
ms	milissegundo
regTrilha	Registra Trilha

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACM	<i>Association for Computing Machinery</i>
ASC	<i>Assistive Smart City</i>
ASN	<i>American Sign Language</i>
AsP	Assistente Pessoal
API	<i>Application Programming Interface</i>
Bion	<i>Bionic Neurons</i>
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CL	Latência Cliente
COR	Centro de Operações
CSV	<i>Comma Separated Value</i>
DaaS	<i>Data as a Service</i>
EPC	<i>Electronic Product Code</i>
EPCIS	<i>Electronic Product Code Information System</i>
GPRS	<i>General Packet Radio Service</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
GSM	<i>Global System for Mobile Communications</i>
HAAT	<i>Human Activity Assistive Technology</i>
HSPA	<i>High Speed Packet Access</i>
HTTP	<i>Hypertext Transfer Protocol</i>
IaaS	<i>Infrastructure as a Service</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
ICD	<i>International Classification of Diseases</i>
ICF	<i>International Classification of Functioning Capacity and Health</i>
ICT	<i>Information and Communication Technology</i>
ICTs	<i>Information and Communication Technologies</i>
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
IP	<i>Internet Protocol</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
IT	<i>Information Technology</i>
JESS	<i>Java Expert System Shell</i>

JSON	<i>JavaScript Object Notation</i>
LBSN	<i>Location Based System</i>
LIBRAS	Língua Brasileira de Sinais
LPWAN	<i>Low Power Wide Area Network</i>
MASC	<i>Model for Assistive Smart Cities</i>
MF	<i>Mainframe Computing</i>
NaaS	<i>Network as a Service</i>
NBR	Norma Brasileira
NFC	<i>Near Field Communication</i>
NoSQL	<i>Not Only SQL</i>
OSM	<i>Open Street Map</i>
OWL	<i>Ontology Web Language</i>
PaaS	<i>Platform as a Service</i>
PcD	Pessoa com deficiência
PcDs	Pessoas com deficiências
PNMU	Política Nacional de Mobilidade Urbana
PROSUP	Programa de Suporte à Pós-graduação de Instituições de Ensino Particulares
PwD	<i>Person with Disability</i>
RDBMS	<i>Relational Database Management System</i>
RDF	<i>Resource Description Framework</i>
RFID	<i>Radio Frequency Identification</i>
RL	Latência Rede
SaaS	<i>Software as a Service</i>
SBSI	Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação
SIM	<i>Subscriber Identity Module</i>
SL	Latência Servidor
SO	Sistema Operacional
SPARQL	<i>SPARQL Protocol and RDF Query Language</i>
SQL	<i>Structured Query Language</i>
SQWRL	<i>Semantic Query-Enhanced Web Rule Language</i>
SWRL	<i>Semantic Web Rule Language</i>
TaaS	<i>Trail as a Service</i>
TDT	<i>Tag Data Translation</i>
TCP	<i>Transmission Control Protocol</i>

UHF	<i>Ultra High Frequency</i>
UML	<i>Unified Modeling Language</i>
UNISINOS	Universidade do Vale do Rio dos Sinos
URI	<i>Uniform Resource Identifier</i>
XML	<i>Extensible Markup Language</i>
WSN	<i>Wireless Sensor Network</i>
WiMAX	<i>Worldwide Interoperability for Microwave Access</i>
WLAN	<i>Wireless Local Area Network</i>
WCDMA	<i>Wide Band Code-Division Multiple Access</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	18
1.1 Motivação	18
1.2 Definição do Problema e Questão de Pesquisa	20
1.3 Objetivos	21
1.4 Metodologia	21
1.5 Organização do Trabalho	22
2 CONCEITOS BÁSICOS	24
2.1 Computação Ubíqua	24
2.1.1 Computação em nuvem	26
2.1.2 Big Data	28
2.1.3 Internet das coisas	30
2.2 Acessibilidade Ubíqua	32
2.3 Classificação das Cidades	35
2.4 Cidades Inteligentes Assistivas	37
2.4.1 Ontologias e inferências	39
2.5 Considerações sobre o capítulo	40
3 TRABALHOS RELACIONADOS	41
3.1 Critérios para escolha dos trabalhos	41
3.2 On Combining Crowdsourcing, Sensing and Open Data for an Accessible Smart City	42
3.3 Hefestos: a Model for Ubiquitous Accessibility Support	43
3.4 Smart Help at the Workplace for Persons with Disabilities (SHW-PWD)	45
3.5 MND WSN for Helping People with Different Disabilities	46
3.6 Location based services for the blind supported by RFID technology	48
3.7 Análise comparativa entre os trabalhos	50
3.7.1 Resumo do comparativo	54
3.8 Considerações sobre o capítulo	55
4 MODELO MASC	56
4.1 Visão geral do modelo	56
4.2 Requisitos do modelo	58
4.2.1 Casos de uso	59
4.3 Arquitetura do MASC	64
4.3.1 Servidor MASCserver	66
4.3.2 Ontologia proposta para o modelo	69
4.3.3 Sistema Multiagente do MASC	73
4.3.4 Aplicativo Móvel e Assistente Pessoal	77
4.3.5 Site Web	79
4.3.6 Middleware para sensores MASCnode	79
4.4 Cenários para Aplicação do MASC	80
4.5 Considerações sobre o capítulo	82

5 ASPECTOS DE IMPLEMENTAÇÃO E AVALIAÇÃO	83
5.1 Implementação do Protótipo	83
5.1.1 Implementação do MASCserver	83
5.1.2 Implementação dos Clientes	88
5.2 Aspectos de avaliação	93
5.2.1 Simulação	94
5.2.2 Testes de desempenho	96
5.2.3 Testes de funcionalidade	99
5.3 Considerações sobre a avaliação	106
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	108
6.1 Contribuições do MASC	108
6.2 Trabalhos Futuros	109
REFERÊNCIAS	111
APÊNDICE A LISTA DOS TRABALHOS ANALISADOS	126
APÊNDICE B PRODUÇÃO DE ARTIGOS	127

1 INTRODUÇÃO

O avanço nos sistemas de tecnologia da informação e comunicação (ICT do inglês *Information and Communication Technology*) tem proporcionado o surgimento de cidades que adotam conceitos de alta tecnologia em diversas áreas. Entre os conceitos é possível citar tecnologias sem fio, computação ubíqua, inteligência artificial e internet das coisas (IoT do inglês *Internet of Things*) (SHIN, 2009), (PIRO et al., 2014), (ISOTANI et al., 2015) e (SUKODE; GITE; AGRAWAL, 2015). As tecnologias adotadas visam oferecer novos serviços, automatizar ações, promover melhorias no cotidiano dos indivíduos e na administração das cidades. Um segmento que merece atenção neste cenário é a acessibilidade. O termo acessibilidade inclui pessoas com deficiência (PcDs) e pessoas com restrições de locomoção que podem ser idosos, lesionados ou gestantes. Para este grupo de cidadãos, a ICT pode oferecer serviços tanto para acesso aos recursos quanto para monitoramento, recomendações e suporte.

Oferecer suporte para acessibilidade em qualquer ambiente pode ser uma tarefa inviável, mas oferecer suporte em ambientes dotados de tecnologias, tais como rede de sensores, mapeamento de recursos, geolocalização e sinal de internet, pode ser possível, desde que um modelo voltado para estes ambientes seja proposto e avaliado. Um aspecto importante a ser considerado neste cenário é o aproveitamento das informações geradas durante o próprio uso dos recursos, ou seja, informações geradas pelas interações das PcDs, podem oferecer subsídios para demais PcDs.

Nos trabalhos apresentados no capítulo 3, as lacunas presentes, tais como não possibilitar troca de informações com outros sistemas, não aproveitar por completo as informações de sistemas já existentes, não atender todos tipos de PcDs, não atender aplicações massivas e atuar em ambientes restritos, indicam quais funcionalidades devem ser propostas. Diante disso o presente trabalho apresenta no capítulo 4 um modelo para acessibilidade contemplando as lacunas percebidas.

1.1 Motivação

Estudos estatísticos realizados no Brasil em 2010 indicaram um aumento no número de PcDs. Houve um acréscimo superior a 27% no número de pessoas com limitações para locomoção e aumento de 240% de pessoas com problemas de visão (IBGE, 2010). Diante deste cenário é importante que sejam desenvolvidas ferramentas para este segmento da população (PETROLO; LOSCRÍ; MITTON, 2014).

As necessidades das PcDs é um campo de estudo impulsionado por leis que visam promover acessibilidade. No Brasil as leis 9.503/1997 (BRASIL, 1997), 10.098/2000 (BRASIL, 2000), 5.296/2004 (BRASIL, 2004) e 12.587/2012 (BRASIL, 2012), juntamente com os decretos 3.298/1999 (BRASIL, 1999) e 6.949/2009 (BRASIL, 2009) estabelecem critérios, a fim de promover acessibilidade para PcDs e pessoas com mobilidade reduzida.

A lei 10.098/2000 (BRASIL, 2000) foca na supressão de barreiras, obstáculos nas vias públicas, no mobiliário urbano, na construção e reforma de edifícios, nos meios de transporte e de comunicação. A lei 12.587/2012 (BRASIL, 2012) visa promover o deslocamento universal às pessoas e as cargas no território dos municípios. Esta lei define, entre outras medidas, a Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU) que destaca a promoção da inclusão social, o acesso aos serviços básicos, aos equipamentos sociais, melhoria nas condições urbanas, no que se refere à acessibilidade e mobilidade. Ainda na lei 10.098/2000, o artigo 24 define o Plano de Mobilidade (PM). O PM é de responsabilidade dos municípios e é um instrumento de efetivação da PNMU. O artigo 24 também define que as cidades devem manter os princípios, os objetivos e as diretrizes de transporte público coletivo, da circulação viária, das infraestruturas do sistema de mobilidade urbana, da acessibilidade para PcDs ou mobilidade reduzida, das áreas de estacionamentos públicos e privados, gratuitos ou onerosos. Além das leis e decretos, as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 5090, regem as exigências relacionadas à acessibilidade.

Outra lei importante com relação a acessibilidade no Brasil é a lei 10.046/2002 (BRASIL, 2002), que define como oficial a Língua Brasileira de Sinais (LIBRAS). Esta lei mobilizou instituições de ensino, empresas e setor público a iniciarem discussões sobre o meio de comunicação utilizado pelos deficientes auditivos. Esta lei, além de estabelecer diretrizes para permitir a comunicação com a comunidade surda, os integra na sociedade.

Para deficientes visuais, a lei 11.126/2005 (BRASIL, 2005) assegura ao portador de deficiência visual usuário de cão-guia, o direito de ingressar e permanecer com o animal nos veículos, estabelecimentos, locais públicos e privados. A utilização de cão-guia oferece suporte aos deficientes visuais, no entanto este recurso não está ao alcance de todos os deficientes. Neste sentido são necessárias alternativas para estas PcDs.

A ICT, em especial a computação ubíqua, constitui um ferramental para auxílio da implantação e manutenção dos recursos definidos pelas leis e decretos citados. A tecnologia possibilita, não só a oferta de novos recursos, mas principalmente a informação detalhada sobre os mesmos e meios acessíveis de utilizá-los. Além disso, a ICT oferece a facilidade de monitoramento e contato entre PcDs e pessoas que lhe prestam suporte. Neste cenário a computação ubíqua é uma importante ferramenta a ser utilizada para monitoramento de PcDs e oferta de informações contextuais tanto para suporte a PcDs quanto para monitoramento deste por familiares e profissionais da saúde.

A infraestrutura disponível nas regiões urbanas, tais como conectividade, rede de sensores, computação ubíqua, juntamente com os recursos colaborativos, isto é, informações originadas pelos cidadãos, podem oferecer subsídios para a implantação de serviços destinados a PcDs. A computação ubíqua utilizada e discutida nesta dissertação, envolve Computação em Nuvem, *Big Data* e IoT. Outro importante embasamento para o suporte urbano é o conjunto de tecnologias discutidos por COSTA; YAMIN; GEYER (2008), que apresentam um modelo composto por um *framework* e um *middleware*. Tal modelo visa atender os desafios da computação ubíqua, entre

eles se destacam a interpretação de informações coletadas por diferentes sensores, geração de ações automáticas e promoção da interoperabilidade entre os sistemas.

As aplicações com foco em acessibilidade (MIRRI et al., 2014), (TAVARES et al., 2015), (KBAR et al., 2015), (ALY, 2014) e (FERNANDES et al., 2014) não trocam informações com outros sistemas, ou não aproveitam por completo as informações de sistemas já existentes e não atendem todos tipos de PcDs. Ao aproveitar informações de sistemas externos, as aplicações conseguem estender sua área de atuação, além de reduzir o trabalho para equipe de manutenção. Outra limitação das aplicações já desenvolvidas é a sua área de atuação, que é limitada em regiões físicas definidas. Os trabalhos citados não fazem aproveitamento das informações geradas pelas PcDs, nem usam tal informação para monitoramento em tempo real. Os dados gerados pelas ações das PcDs surge como uma oportunidade para acessibilidade, desde acompanhamento em tempo real até oferta de serviços.

Neste trabalho propõe-se o conceito de cidade inteligente assistiva (ASC do inglês *Assistive Smart City*), onde o suporte a PcDs é oferecido por meio da computação ubíqua. Este conceito consiste em utilizar informações geradas pelas PcDs para construir uma base de dados históricos, oferecendo suporte em tempo integral com uso de computação em nuvem, *Big Data* e IoT, assim atendendo as PcDs nas suas atividades cotidianas. Neste cenário é proposto o MASC (MASC do inglês *Model for Assistive Smart Cities*) que se enquadra no conceito de cidade inteligente assistiva, é destinado a usuários que apresentam algum tipo de deficiência e segmentos relacionados, tais como profissionais da saúde e administração pública. Na computação ubíqua, os temas de Computação em Nuvem, *Big Data* e IoT são estratégicos pois proporcionam a base tecnológica do modelo.

O MASC suporta diferentes tipos de deficiências, gerencia contextos (COSTA, 2009), recursos, perfil (WAGNER, 2013) das PcDs, atende aplicações massivas, armazena histórico (MARTINS, 2011) formando trilhas (ALBARELLO, 2013). As trilhas são compostas de ações e sequências de locais visitados. As trilhas são informações relacionadas a uma pessoa, lugar ou objeto que ocorreram em uma ordem (HAHN, 2011), (MARTINS, 2011), (WAGNER, 2013) e (WIEDEMANN, 2014).

1.2 Definição do Problema e Questão de Pesquisa

Nas cidades inteligentes, classificadas como *Smart City* (WASHBURN et al., 2010) e (PETROLO; LOSCRÍ; MITTON, 2014), muitos segmentos foram modelados, a fim de oferecer uma gama de funcionalidades na administração, educação, saúde, segurança pública, sistema imobiliário, transporte e serviços públicos. Neste sentido a acessibilidade é uma área a ser investigada, para melhorar o bem estar das pessoas e promover a inclusão social (VANDERHEIDEN, 2008). Além disso, o estado da arte possibilita a concepção de um modelo, que faça uso das informações de sistemas já existentes, que atenda regiões físicas metropolitanas, utilize sensores, recursos estáticos e dinâmicos. Rampas de acesso, banheiros adaptados e estacionamentos são

recursos estáticos, já ônibus adaptados que circulam por itinerários específicos, profissionais de saúde ou intérpretes de línguas de sinais são exemplos de recursos dinâmicos.

O problema de pesquisa investigado neste trabalho, consiste em verificar quais funcionalidades podem oferecer acessibilidade em ambientes metropolitanos, tornando estes acessíveis. Estes espaços, também identificados por cidades inteligentes assistivas, são propostos com a utilização da computação ubíqua. Assim surge a seguinte questão de pesquisa: “Como a computação ubíqua pode ser aplicada na criação de um modelo computacional para uma Cidade Inteligente Assistiva?”

Para resolver este problema foi desenvolvido modelo de dados, conjunto de *web services*, aplicativo para dispositivo móvel e *middleware* para sensores, com o objetivo de coletar informações contextuais e oferecer suporte baseando-se no perfil e contexto dos usuários e ambiente.

1.3 Objetivos

O presente trabalho tem como objetivo geral a criação de um modelo computacional para acessibilidade nas cidades inteligentes assistivas. Para atingir este objetivo geral são destacados os seguintes objetivos específicos:

- Explorar os conceitos relacionados ao assunto proposto, ou seja, conceitos relevantes sobre acessibilidade, computação ubíqua e cidades inteligentes;
- Realizar um estudo sobre os trabalhos relacionados à acessibilidade em cidades inteligentes, para identificar as funcionalidades já existentes, bem como as demandas não supridas;
- Elaborar um modelo para aplicação da computação ubíqua na criação de uma cidade inteligente assistiva;
- Desenvolver um protótipo do modelo, visando atender demandas identificadas no estudo dos trabalhos relacionados;
- Avaliar o modelo com o protótipo desenvolvido, utilizando simulação, testes de desempenho e funcionalidade.

1.4 Metodologia

Para melhor compreensão do cenário atual das grandes cidades, em relação ao nível de tecnologia foi realizada uma análise bibliográfica a respeito do tema. Na análise foi identificado o avanço dos recursos propostos, por exemplo, nas cidades indicadas por ANTHOPOULOS; FITSILIS (2010) que oferecem serviços voltados aos cidadãos em diversos segmentos. Também foi realizada uma análise dos recursos e infraestrutura existentes nas cidades inteligentes, com o objetivo de identificar as funcionalidades para atender PcDs de forma colaborativa e integrada. Colaborativa pois imagina-se um cenário onde as pessoas enviem informações ao

modelo, no intuito de colaborar, explorando o conceito de *crowdsourcing*¹. O termo integrada é para enfatizar a junção de diferentes informações sobre os recursos e suporte a PcDs.

Antes do desenvolvimento do MASC e de seus componentes foram analisados os cenários de uso e situações do cotidiano das pessoas envolvidas para estabelecer os serviços mais adequados. Diante do exposto, foram analisadas as necessidades presentes no cotidiano das PcDs em serviços básicos, tais como transporte público, mobilidade urbana, compra de alimento, vestuário e uso de recursos.

Com os cenários devidamente identificados, foi criado um modelo para acessibilidade voltado a *Smart City*. Na primeira etapa do desenvolvimento do modelo (descrita no capítulo 2) foram identificadas as funcionalidades e classificação das cidades, com relação ao nível de tecnologia adotado. Na segunda etapa (descrita no capítulo 3) foram analisados os trabalhos relacionados, a fim de estabelecer quais módulos deveriam ser projetados. A terceira etapa (descrita no capítulo 4), consistiu no desenvolvimento de um modelo computacional para suporte a PcDs, visando oferecer acessibilidade nas cidades inteligentes, tornando-as assistivas e fazendo proveito das informações *crowdsourcing*. Na quarta etapa (descrita no capítulo 5) foi desenvolvido um protótipo do modelo e realizadas avaliações com dois tipos de testes, um avaliou o desempenho, outro avaliou a funcionalidade. No teste de desempenho foram realizadas inserções e consultas na base de dados do modelo. O teste de funcionalidade teve por objetivo atender serviços da administração pública, profissionais da saúde e PcDs. Na avaliação foram utilizados dados gerados por um simulador de contextos. O modelo utilizou os dados da simulação para realizar buscas e encontrar trilhas acessíveis para PcDs.

Além de suporte na área de acessibilidade, as trilhas podem colaborar em outros segmentos, tais como turismo, transporte, logística e planejamento urbano. Na área do turismo, pessoas que visitam um local pela primeira vez podem ser orientadas com base em trilhas geradas por guias turísticos ou equipes de agências de viagens. No transporte as trilhas geradas em tempo real podem ser utilizadas para monitoramento e segurança das cargas, além de identificar o fluxo de cada local a ser visitado. Na área de logística a interpretação das rotas realizadas podem indicar fatores importantes para otimização das entregas, tais como caminhos mais curtos e com menos fluxo, rotas mais seguras e junção de veículos em uma mesma trilha para aproveitamento de investimentos em segurança. No planejamento urbano as situações de proveito do modelo vão desde monitoramento de multidões em eventos até o dimensionamento de investimentos em recursos públicos.

1.5 Organização do Trabalho

Esta dissertação está dividida em seis capítulos. O capítulo 2 discute a fundamentação teórica e tecnologias que serviram de base para o desenvolvimento do MASC, entre as tecnologias

¹*Crowdsourcing* é a expressão adotada para indicar situações onde são gerados serviços, informações ou outros recursos por cidadãos ou outras fontes variadas que colaboram enviando informações sobre algum domínio (ESTELLÉS AROLAS; GONZÁLEZ LADRÓN DE GUEVARA, 2012).

destacam-se computação ubíqua, computação em nuvem, *Big Data* e IoT. A fundamentação teórica discute também a acessibilidade ubíqua e a classificação das cidades. No capítulo 3 são apresentados os trabalhos relacionados e um estudo comparativo com características, funcionalidades e limitações. O modelo proposto para cidade inteligente assistiva, com sua arquitetura é apresentado no capítulo 4. No capítulo 5 são apresentados o protótipo do modelo e a descrição da metodologia para realização de experimentos de avaliação. Por fim o capítulo 6 contém as considerações finais e contribuições desta dissertação.

2 CONCEITOS BÁSICOS

Para construir um modelo de suporte à acessibilidade voltado aos ambientes das cidades inteligentes é necessária a exploração das tecnologias envolvidas. Desta forma o presente capítulo busca descrever conceitos de tecnologias para desenvolvimento do MASC.

As tecnologias de comunicação entre os usuários, serviços de dados e aplicações são contempladas pela computação ubíqua. Desta forma o estudo desta, bem como de suas funcionalidades são importantes, proporcionado a base do modelo. A conectividade permanente e o uso das informações geradas ao longo das atividades diárias das PcDs é um dos aspectos da computação ubíqua, já que o uso das tecnologias são constantes e de certa forma imperceptível.

O acesso as informações sobre os recursos, bem como a oferta de suporte para PcDs em tempo integral são funcionalidades fundamentais do modelo MASC, diante disso o presente capítulo explora este conceito na seção 2.2. Algumas cidades já oferecem uma série de funcionalidades e serviços, sendo estas classificadas de acordo com seu nível de tecnologia. Com o propósito de explorar as tecnologias oferecidas nos cenários urbanos também é realizada uma pesquisa sobre este cenário na seção 2.3. Em especial o conceito *Smart City* é explorado e apresentado, pois nesta classificação de cidade são oferecidas tecnologias para funcionamento do MASC.

O texto está organizado em cinco seções. A seção 2.1 descreve as tecnologias necessárias para o modelo proposto. São discutidas as tecnologias de computação ubíqua abordando computação em nuvem, *Big Data* e IoT. A seção 2.2 versa sobre acessibilidade ubíqua. A seção 2.3 trata da classificação das cidades, com relação ao nível de tecnologia adotada. A seção 2.4 dedica-se a especificar as cidades que são classificadas como *Smart City*, pois trata-se da classificação foco do MASC, além disso esta seção apresenta o resultado da junção dos conceitos apresentados. No restante do trabalho é adotado o termo Cidade Inteligente, para se referir ao paradigma *Smart City*. Por fim, a seção 2.5 relata as considerações sobre o capítulo.

2.1 Computação Ubíqua

Nesta seção é apresentada uma perspectiva das tecnologias de ICT que proporcionaram o desenvolvimento do MASC. São apresentados conceitos da computação ubíqua, modalidades da computação em nuvem, recursos oferecidos pela *Big Data* e uma descrição das aplicações de IoT.

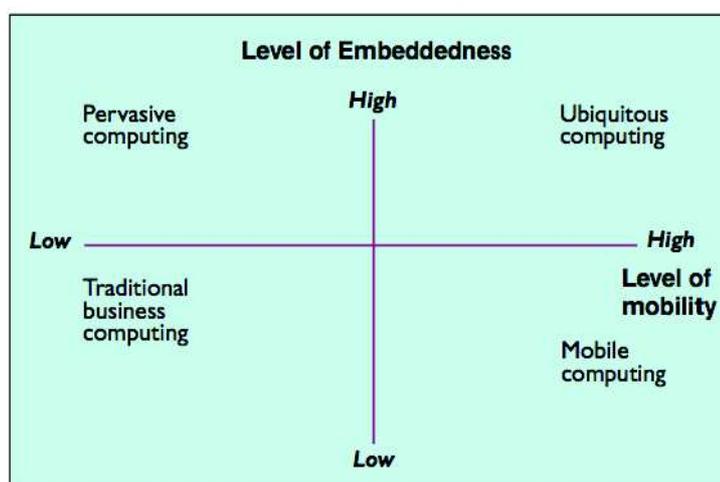
A evolução das tecnologias de informação e comunicação, promoveram a consolidação de tendências apontadas por WEISER (1991), o qual tinha uma perspectiva futurista, vislumbrou que a computação seria imperceptível e os recursos proporcionados pelos computadores seriam utilizados sem a real consciência por parte dos usuários. Esta tendência, é um dos conceitos centrais da computação ubíqua, onde o uso de recursos ou conjunto de recursos ocorre de forma imperceptível.

Um aspecto relevante para o estabelecimento de recursos na computação ubíqua, é a sensibilidade ao contexto (DEY; ABOWD; SALBER, 2001), (CHEN; KOTZ, 2000) e (ABOWD et al., 1999). Contexto é qualquer informação relevante que caracterize pessoas, objetos ou lugares. Tais informações podem ser obtidas automaticamente, isto é, sem a necessidade de ação explícita por parte do usuário. Sensibilidade ao contexto, por sua vez, é quando sistemas computacionais utilizando contexto, realizam operações ou inferem ações, a fim de melhorar as experiências dos usuários.

Para que sistemas computacionais atuem espontaneamente, com o objetivo de promover e melhorar serviços aos seus usuários, DEY; ABOWD; SALBER (2000), DEY (2001) e NIE-MELÄ; LATVAKOSKI (2004) propõem uma infraestrutura de software capaz de proporcionar ambientes inteligentes. Estas iniciativas abriram portas para que os desenvolvedores entrassem no segmento de ambientes inteligentes. Neste cenário a sensibilidade a localização é aplicada, sendo que as primeiras iniciativas de produtos para sistemas baseados em localização (LBS do inglês *Location Based Systems*) são propostas e discutidas por HIGHTOWER; BORRIELLO (2001). Nos últimos anos os produtos de LBS tornaram-se acessíveis, ampliando o mercado de aplicações e serviços que adotam sensores, localização, contexto e perfil (PEJOVIC; MUSOLESI, 2013) e (WAGNER; BARBOSA; BARBOSA, 2014).

Conceitualmente a computação ubíqua pode ser representada pela computação móvel, juntamente com a computação pervasiva. Na Figura 1, LYYTINEN; YOO (2002) indicam, com dois eixos, as dimensões da computação ubíqua. O eixo horizontal indica o nível de mobilidade que inicia na computação tradicional e se expande para a computação móvel. Já o eixo vertical indica o nível de embarcamento. Com relação aos quatro conceitos apresentados (computação tradicional, computação móvel, computação pervasiva e computação ubíqua), se destaca a computação ubíqua, que se encontra em uma situação onde existe alto nível, tanto de mobilidade, quanto de computação pervasiva.

Figura 1: Dimensões da Computação Ubíqua.



Fonte: LYYTINEN; YOO (2002).

A computação ubíqua trouxe serviços ao alcance de muitos usuários. Diversos fatores contribuíram para expansão desta oferta, entre eles se destacam o baixo custo dos dispositivos, variada gama de desenvolvedores, facilidade no uso e principalmente nos benefícios oferecidos. Dentre os benefícios se destacam distribuição de conteúdo (SILVA et al., 2009), inteligência para o ambiente (COEN, 1998), governança (LEE et al., 2008), saúde (LEIJDEKKERS; GAY, 2008), (VIANNA et al., 2012) e (BATISTATOS; TSOULOS; ATHANASIADOU, 2012), educação (BARBOSA; GEYER; BARBOSA, 2005), (MOTIWALLA, 2007), (BARBOSA et al., 2008) e (CHIN; CHEN, 2012), transporte (VLASSENROOT et al., 2010), (VIEIRA; CALDAS; SALGADO, 2011) e (FELTES; BARBOSA, 2013), cuidados (HU; XIAO; DUPPLAW, 2007), (KIM, 2014) e acessibilidade (TAVARES et al., 2015).

A Figura 2 ilustra conceitos presentes na computação ubíqua. Segundo KNAPPMAYER et al. (2013), a computação ubíqua é uma evolução que iniciou com os primeiros computadores centrais (MF do inglês *Mainframe Computing*), passando pelos computadores pessoais, computação móvel e computação em nuvem, chegando até a computação que considera inúmeras informações atribuindo detalhes sobre cada objeto. Com relação as informações detalhadas, pode-se identificar dados diversos dependendo do objeto a ser considerado. No caso de uma pessoa, é possível saber se está em movimento, em local frio ou quente, se o nível de ruído é elevado, se está sozinha ou em um local com mais pessoas. Com relação aos objetos a serem considerados, pode-se saber qual seu estado atual, se está em uso, em operação ou manutenção entre outras características.

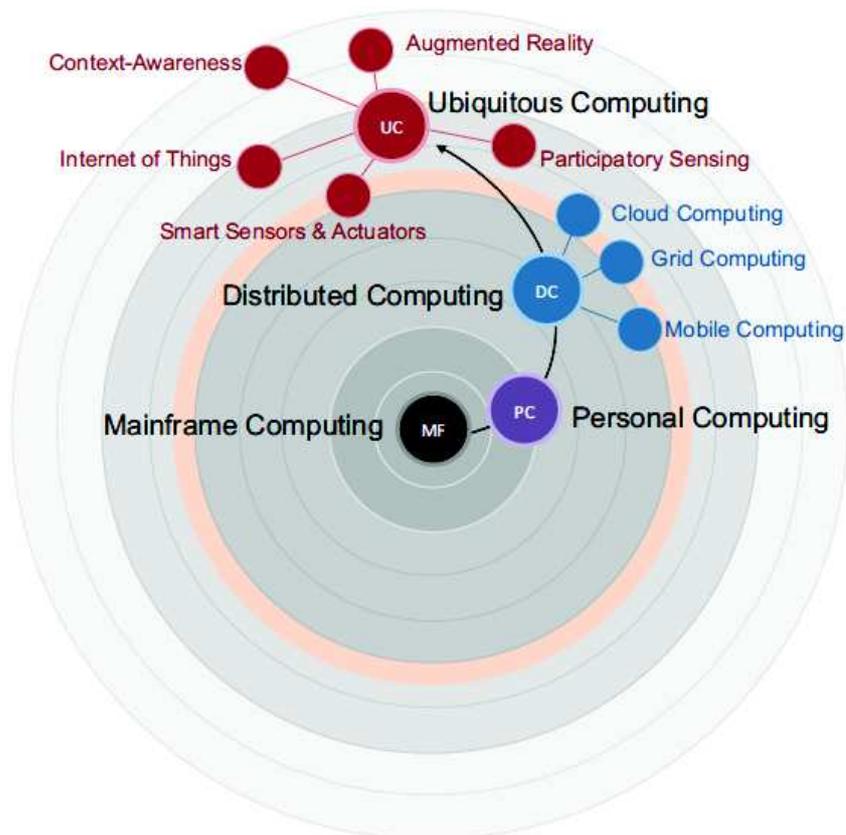
Além dos conceitos já citados, a computação ubíqua tratada neste trabalho, considera ainda a junção das três tecnologias Computação em Nuvem, *Big Data* e IoT, que são apresentadas a seguir.

2.1.1 Computação em nuvem

Um serviço que vem ganhando espaço no mercado de ICT é o serviço sob demanda *online*, definido como Computação em Nuvem ou *Cloud Computing* (ARMBRUST et al., 2010). Enquadram-se neste segmento uma série de diferentes modalidades, resumidas como XaaS (tudo como serviço), entre elas se destacam Infraestrutura como Serviço (IaaS do inglês *Infrastructure as a Service*), Plataforma como Serviço (PaaS do inglês *Platform as a Service*), Software como Serviço (SaaS do inglês *Software as a Service*) (YANG; TATE, 2012), Rede como Serviço (NaaS do inglês *Network as a Service*) e Dados como Serviço (DaaS do inglês *Data as a Service*) (ZHOU et al., 2010). Cada nível visa atender necessidades para usuários específicos, a seguir são discutidas as modalidades IaaS, PaaS e SaaS.

Na Figura 3 é apresentada a arquitetura da computação em nuvem em camadas (PALLIS, 2010). Na camada IaaS, são oferecidos serviços destinados para administradores que desejam utilizar servidores na sua forma física ou virtual, isto é, os servidores podem ser reais ou virtuais e geralmente o sistema operacional (SO), plataforma e softwares ficam sob responsabilidade

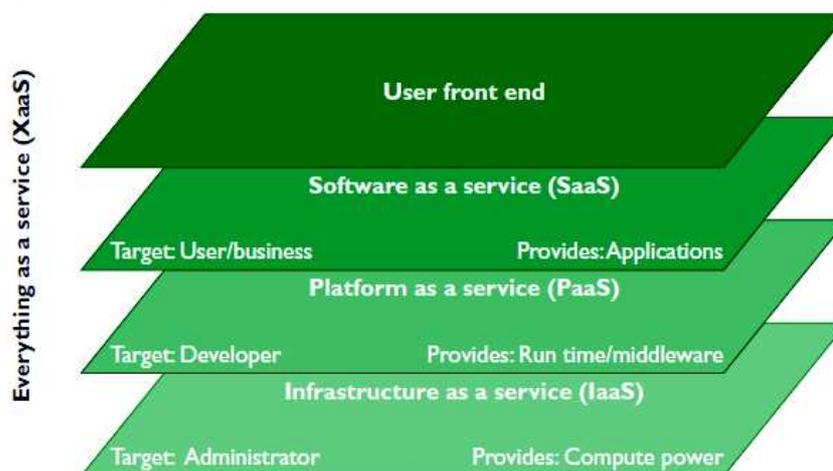
Figura 2: Evolução e características da Computação Ubíqua.



Fonte: KNAPPEYER et al. (2013).

dos administradores. Na camada PaaS são oferecidos serviços, tais como SO e plataforma, previamente configurados para que os usuários desenvolvedores instalem suas aplicações. Já na camada SaaS usuários finais recebem como serviço aplicações prontas para utilização.

Figura 3: Arquitetura para representação da Computação em Nuvem.



Fonte: PALLIS (2010).

A computação em nuvem surge para atender demandas de desenvolvedores e empresas de

qualquer tamanho, pois conta com funcionalidades de elasticidade, customização, descentralização, segurança e interoperabilidade (MELL; GRANCE, 2011). Na especificação do MASC, apresentada no capítulo 4, são descritos módulos que usam computação em nuvem, sendo que para avaliação do protótipo foi utilizado um serviço de computação em nuvem na modalidade PaaS, já que a camada de software foi contemplada por módulos do MASC. Também é possível disponibilizar o protótipo utilizando serviço de computação em nuvem na modalidade IaaS, bastando adicionar SO e um conjunto de bibliotecas.

Uma das principais questões a serem resolvidas pelo MASC é a área de abrangência do modelo. Alguns modelos já propostos, visavam atender regiões limitadas (geograficamente e computacionalmente), não prevendo utilização de elasticidade. A elasticidade é fundamental quando o sistema for utilizado por um número variado de usuários. Outra situação onde a elasticidade torna-se importante é quando usuários situados em locais fisicamente distantes, usando servidores distintos, precisarem interagir, como se estivessem próximos, sem perceber o alto fluxo de dados dos demais usuários.

Questões relacionadas ao custo de equipamentos, infraestrutura, elasticidade e qualidade de serviços são discutidos por CABALLER et al. (2013), indicando diferentes controles a serem implementados para possibilitar elasticidade de forma a contemplar demanda variada, por exemplo, o alto volume de dados ou conexões de muitos usuários ao mesmo tempo. Os controles abrangem desde o tipo de aplicação, componentes de software e linguagem de desenvolvimento adotada. Sobre a otimização em serviços de computação em nuvem, especialmente em IaaS, TANG; LEE; HE (2014) tratam da importância em gerenciar e manter a infraestrutura como serviço, à disposição o tempo todo para os usuários finais.

No modelo proposto as informações geradas pelas interações das PcDs são armazenadas e gerenciadas com objetivo de oferecer **Trilhas como Serviço (TaaS do inglês *Trail as a Service*)** levando em consideração o ambiente e perfil das PcDs. Para proporcionar TaaS as informações geradas pelo advento *crowdsourcing* são utilizadas para oferecer suporte aos demais PcDs, profissionais da saúde, familiares e órgãos públicos.

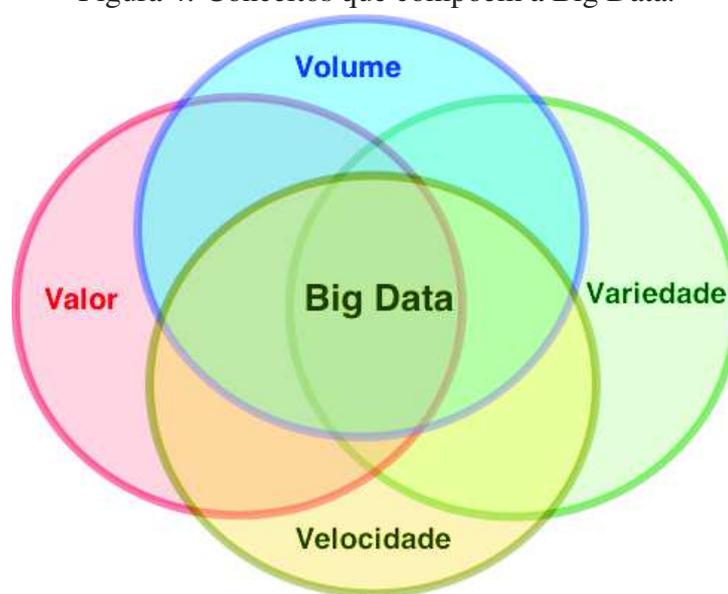
2.1.2 Big Data

A quantidade de informações geradas pelas atividades do cotidiano, estimula o desafio da *Big Data* (CRAWFORD; BOYD, 2011). Um enorme universo de dados é gerado por inúmeras fontes e devem ser corretamente processados e analisados, a fim de colaborar na oferta de estratégias para os problemas dos grandes centros urbanos (BORGIA, 2014). O uso da *Big Data* oferece suporte para tomada de decisão e também para soluções inovadoras frente aos atuais desafios urbanos, como acessibilidade, mobilidade, saúde e segurança pública.

Os conceitos da *Big Data* incluem **volume**, **variedade**, **velocidade** e **valor** expressados por HASHEM et al. (2015), outras definições podem incluir veracidade e variabilidade. A Figura 4

apresenta um diagrama de Venn ¹ destes conceitos. O termo **volume** é empregado para representar os dados de diversos tipos que são agrupados para constituírem a *Big Data*. O termo **variedade** se refere a grande diversidade de dispositivos responsáveis pela coleta de informações em formatos distintos, tais como sensores, *smartphones* e redes sociais. O conceito **velocidade** é empregado para representar a velocidade de transferência de dados, já que muitas aplicações necessitam de informações atualizadas, exigindo grande tráfego de dados. O conceito **valor** é o aspecto mais importante, pois se refere ao processo responsável por descobrir os valores (o termo valor é empregado para designar informações valiosas) escondidos em grandes conjuntos de dados.

Figura 4: Conceitos que compõem a Big Data.



Fonte: Adaptado de HASHEM et al. (2015).

O modelo proposto utiliza informações geradas pelas ações das PcDs, capturadas por sensores, *smartphone* e site administrativo. Os sensores oferecem mais detalhes físicos sobre o lugar, pessoa ou objeto. Com base em informações dos sensores e informações originadas de outros usuários e administradores do sistema, são geradas as informações sobre contextos. Todas estas informações são enviadas para a camada de computação em nuvem, a qual deve armazenar e realizar tratamento, a fim de oferecer trilhas para acessibilidade, recomendações para PcDs, suporte para profissionais da saúde e administração pública.

O tratamento dos dados é discutido por DEAN; GHEMAWAT (2008) e LAURILA et al. (2012) que sugerem mecanismos para buscas em dados volumosos, servindo de suporte para algumas tarefas realizadas pelo componente de *data mining* do MASC. Com o objetivo de oferecer maior confiabilidade para as recomendações o MASC explora a *Big Data* para encontrar

¹Diagrama de Venn é uma representação utilizada na matemática para estabelecer relações, nas quais elementos podem pertencer ou não a um determinado domínio. Nos diagramas de Venn utilizados neste trabalho os elementos são tecnologias envolvidas e os domínios são os conceitos definidos ao longo do texto. Geralmente um conceito é mais central no diagrama de Venn e envolve implicitamente conceitos periféricos que são mais simples.

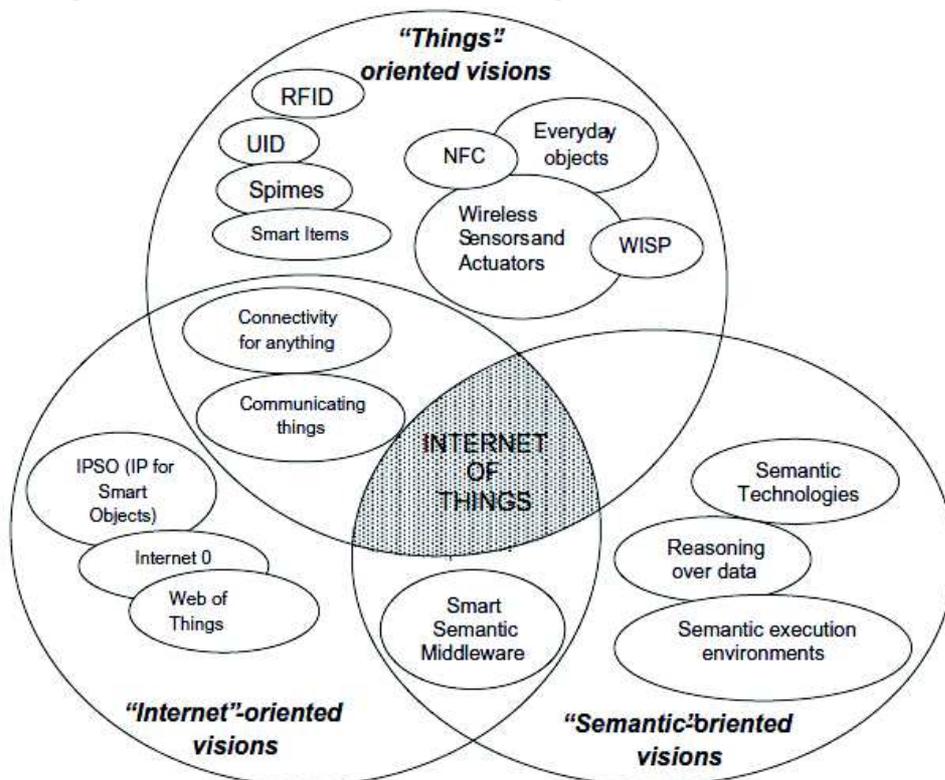
valor na grande massa de informações. Além disso, manter a confiabilidade (CACERES; FRIDAY, 2012) em dados volumosos é um item a ser considerado no MASC.

Um aspecto importante é que os dados gerados devem ser armazenados por tempo indeterminado, mesmo que uma PcD deixe de utilizar o modelo, as informações geradas pelas suas ações são mantidas, a fim de utilização futura. Um dos desafios da *Big Data*, consiste em consolidar dados não estruturados e realizar a interpretação de seu conteúdo. O MASC contempla o componente *Integration* que realiza a interpretação de informações não estruturadas, ou estruturadas por sistemas externos, para aproveitar tais informações.

2.1.3 Internet das coisas

A IoT surge com o agrupamento de diversas tecnologias, sendo que a principal delas é a identificação por ondas de rádio (RFID do inglês *Radio Frequency Identification*) (WELBOURNE et al., 2009) e (ATZORI; IERA; MORABITO, 2010). Na Figura 5 são apresentados os conceitos que constituem a IoT, tais conceitos também são representados por um diagrama de Venn.

Figura 5: IoT como resultado da convergência de diferentes visões.



Fonte: ATZORI; IERA; MORABITO (2010).

A Figura 5 ilustra a sobreposição de conceitos, tecnologias e “coisas” que formam a IoT. As “coisas” (*Things – oriented visions*) são basicamente os objetos que os usuários incorporam em seu cotidiano. Para que estes objetos possam ser integrados, todos devem pertencer a um mesmo

esquema de endereçamento (*Internet – oriented visions*). Estes conceitos precisam de significados e representações que são indicados pelo termo *Semantic – oriented visions*. No MASC as coisas incorporadas podem ser objetos ou lugares do ambiente com tag (TDT do inglês *Tag Data Translation*), tais como cadeira de rodas, bengala, ônibus, *smartphone*, *tablet*, calçadas específicas, portas, veículos ou até mesmo uma PcD. Para integração das coisas, lugares e pessoas, o MASC propõe um módulo com protocolos diversificados para troca informações entre estes e as camadas do modelo. Dentre os protocolos de comunicação se destacam 3G, WiMAX (IEEE 802.16) e 2G (GPRS/WCDMA) para longo alcance, ZigBee (IEEE 802.15.4), WiFi, LPWAN ou WLAN (IEEE 802.11) para médio alcance e RFID, NFC (do inglês *Near Field Communication*) ou Bluetooth 4.0/4.3 para curto alcance. Além destes é utilizado o protocolo HTTP como principal acesso aos serviços do MASC. De acordo com as características de cada protocolo, cada situação adota o mais conveniente, obedecendo os alcances de cada um.

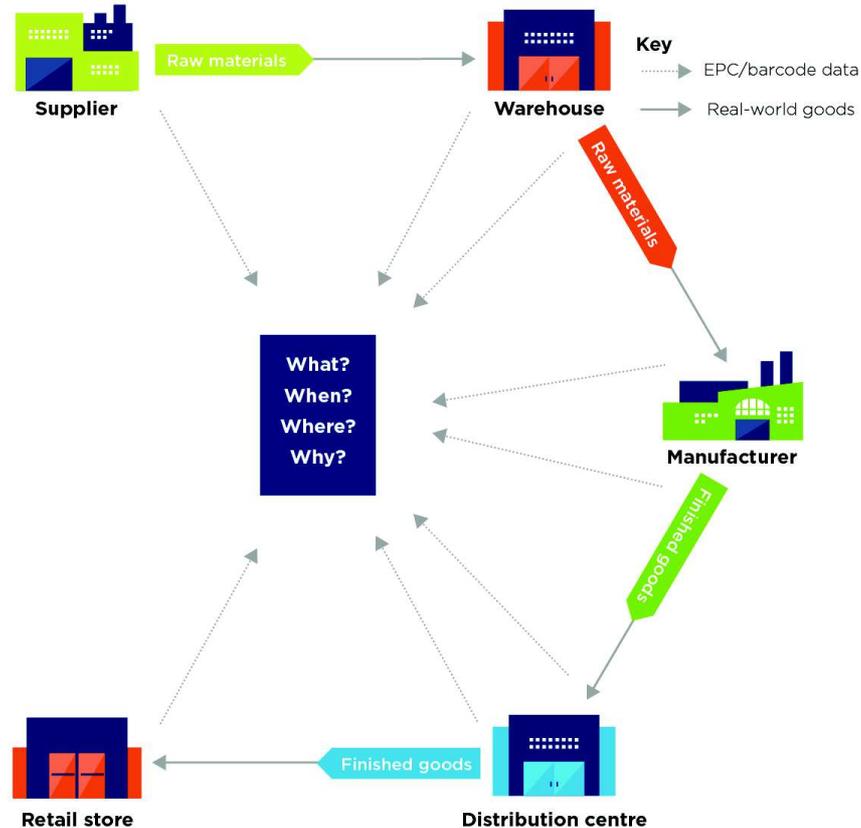
A IoT permite obter informações mais detalhadas de ambientes, coletando *in loco*, detalhes específicos, tais como presença de objetos em algum local, controle de objetos em determinado ambiente. Além de detalhes dos lugares, a IoT permite adicionar semântica aos objetos do mundo real (SÁNCHEZ LÓPEZ et al., 2012), por meio de etiquetas de dois tipos: etiquetas ativas e passivas, conhecidas como tags. As tags são classificadas em 6 classes: Classe 0 até a Classe 5. Onde as classes 0 e 1 são etiquetas passivas de apenas leitura; a classe 2 é composta de etiquetas passivas de leitura/escrita com maior funcionalidade; a classe 3 são etiquetas semi-passivas com algum tipo de fonte de alimentação; a classe 4 são etiquetas ativas com funções similares as da classe 3, no entanto, também possuem a capacidade de se comunicar com outras etiquetas da mesma classe e, finalmente, a classe 5 são as etiquetas ativas de leitura que tem funcionalidades similares as da classe 4, mas também possuem a capacidade de energizar etiquetas das classes 1 e 2, e estabelecer comunicação passiva com as etiquetas da classe 3. Aliado as tags, o sistema de informação de código de produto eletrônico EPCIS (do inglês *Electronic Product Code Information System*) consolida informações úteis para empresas e pessoas.

Com o objetivo de identificar objetos do mundo real, o MASC utiliza recursos oferecidos pelo paradigma IoT, como por exemplo, o código eletrônico de produto EPCTM (do inglês *Electronic Product Code*), também chamado de identificador EPC e os serviços de informações sobre produtos EPCIS (HADA; MITSUGI, 2011). Com a missão de lidar com as grandes massas de dados é preferível que seja utilizado um banco de dados que suporte suas particularidades, tais como volume, heterogeneidade e velocidade (LE et al., 2014), conforme discutido na subseção *Big Data*.

O modelo para referência de objetos (EPCGlobal), vem se estabelecendo como padrão aberto da indústria para identificação por RFID. Inicialmente este mecanismo de identificação foi concebido para acompanhamento e rastreamento de produtos da cadeia de produção (BUSINESS GS1, 2015), no entanto seus usos estão se expandindo e ganhando novos mercados, agregando valor e semântica aos objetos, envolvendo os consumidores e proporcionando conveniência. A Figura 6 mostra o cenário onde é possível obter informações sobre determinado

objeto, a qualquer momento, entre a produção até sua chegada ao comércio.

Figura 6: Funcionamento do EPCIS.



Fonte: BUSINESS GS1 (2015).

O padrão de eventos em nível de aplicativo (ALE do inglês *Application Level Events*) é uma interface que permite a obtenção de dados filtrados e consolidados de um objeto com EPC. No MASC é implementado um dispositivo dotado de sensores para coleta de informações contextuais, chamado MASCnode. O MASCnode é responsável pelo fluxo de dados para computação em nuvem com o objetivo de permitir inferência e recomendação com base em dados contextuais que podem ser dinâmicos ou estáticos. Além disso o MASCnode é capaz de identificar as trilhas de PcDs que não utilizam *smartphone*.

2.2 Acessibilidade Ubíqua

Na acessibilidade ubíqua existem trabalhos (HAKOBYAN et al., 2013), (FALK; TAVARES; BARBOSA, 2013), (TAVARES et al., 2015) e (GILART-IGLESIAS et al., 2015) que auxiliam no deslocamento e na identificação de recursos que possam ser úteis para os usuários. Outro segmento importante é acesso aos recursos de informática e acesso à internet, pois usam computadores para ajudar pessoas, tornando-se assim um mecanismo de cidadania. Os recursos de ICT proporcionaram formas alternativas para realizar as atividades do cotidiano, facilitando

e aprimorando algumas delas (FANO; GERSHMAN, 2002), além disso o compartilhamento de informações e recursos colabora no desenvolvimento de sistemas para acessibilidade (SCHMETZKE, 2002).

Promover a acessibilidade e permitir o acesso aos recursos e informações (VANDERHEIDEN, 2009) é uma forma de colaborar com o desenvolvimento humano, uma vez que oferece meios de exercer a cidadania e promover a independência das PcDs. Outra perspectiva possibilitada pelas tecnologias, principalmente tecnologias de comunicação é o monitoramento contínuo de pacientes, por familiares, por profissionais (VIANNA et al., 2012) e por sistemas inteligentes que têm por objetivo interpretar anomalias, para auxiliar quando necessário (VARSHNEY, 2007), (SNEHA; VARSHNEY, 2009) e (ABASCAL et al., 2009).

Proporcionar acessibilidade ubíqua implica em considerar um espaço definido a fim de oferecer uma área de cobertura pelo sistema. Os trabalhos relacionados se dividem em diferentes áreas de cobertura. Inicialmente os sistemas *indoor*, oferecem uma área de cobertura restrita, porém com precisão de 10 cm em média. Os sistemas *outdoor* abrangem regiões urbanas, podendo ser bairros centrais das cidades, cidades inteiras ou regiões metropolitanas. Estes sistemas também consideram espaços públicos ou privados.

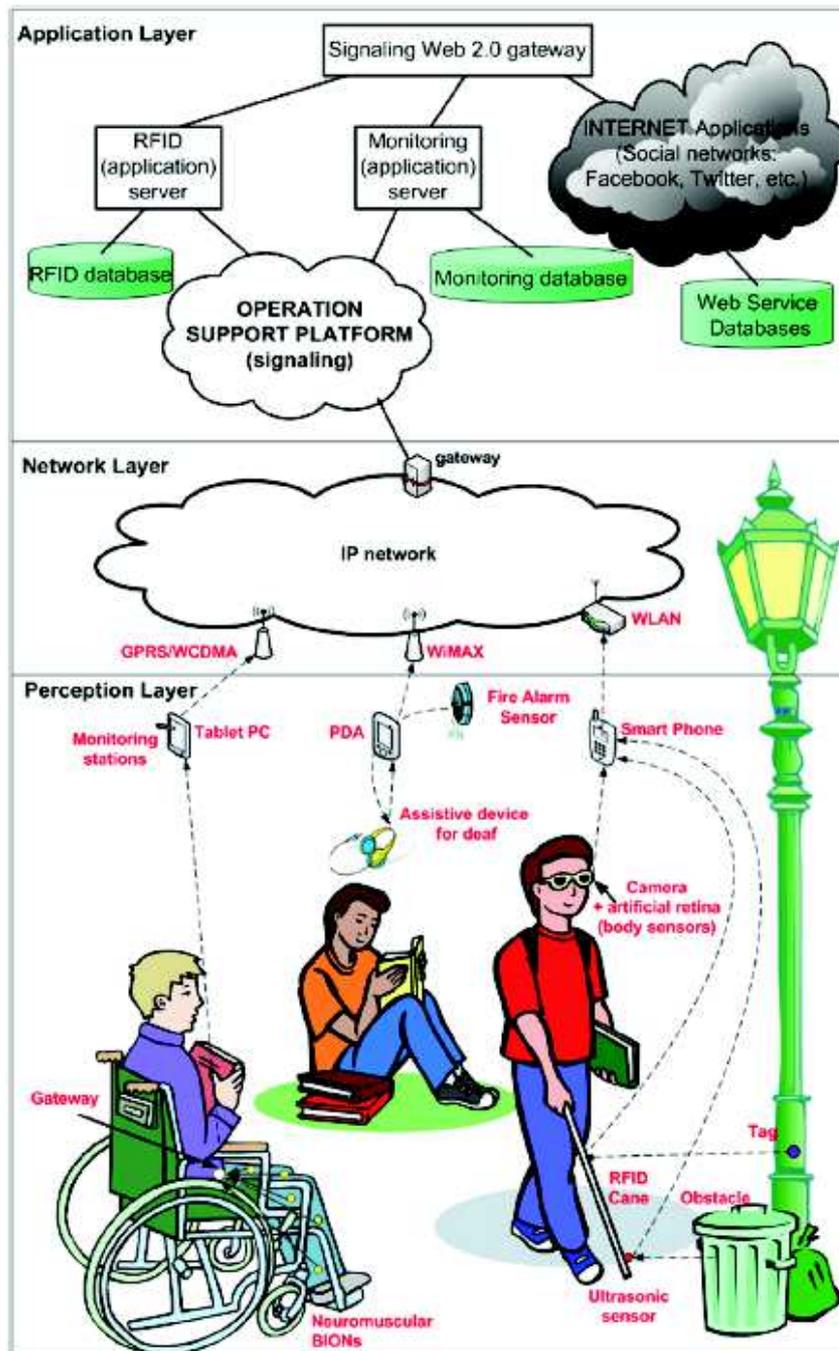
O suporte para PcDs (cegos, surdos ou deficientes físicos) utilizando IoT é proposto por DOMINGO (2012), que iniciou investigações sobre ferramentas para aumentar a independência e melhorar a participação das PcDs. A arquitetura de DOMINGO (2012) é apresentada na Figura 7.

Para cegos DOMINGO (2012) propõe o uso de micro ou nano sensores e dispositivos assistivos com RFID. Os sensores podem ser incorporados nas roupas para identificar a presença de objetos a fim de torná-los perceptíveis sem a necessidade do toque. Já os dispositivos assistivos com RFID, podem ser partes do ambiente ou objetos para oferecer informações que podem ser sintetizadas em som.

Para surdos DOMINGO (2012) indica a possibilidade de utilizar *smartphones* com internet. Com o *smartphone* é possível interpretar informações de fontes sonoras gerando alertas visuais, como por exemplo campainhas, alarmes de incêndio e sons para indicação de início e fim de turnos em escolas e empresas. Outra ferramenta para acessibilidade destinada a surdos é o *Hand Talk*, proposto por SARJI (2008). Este oferece suporte para pessoas que utilizem línguas de sinais, tais como Língua Brasileira de Sinais (LIBRAS) ou Língua Inglesa de Sinais (ASL do inglês *American Sign Language*) para comunicação, fazendo a interpretação de texto e sons para linguagem de sinais, já a tradução da linguagem de sinais para texto é possível utilizando uma luva com sensores. Uma versão que também interpreta placas de informações e até fotos é proposta por HAND TALK (2015).

O software ProDeaf (PRODEAF, 2015) é destinado a interpretação de páginas web e voz para LIBRAS. Para pessoas com paralisia, tremores, amputações, incoordenações ou alguma limitação funcional nos membros superiores, existem recursos, tais como, o painel assistivo da

Figura 7: Arquitetura para suporte a PcDs utilizando IoT.



Fonte: DOMINGO (2012).

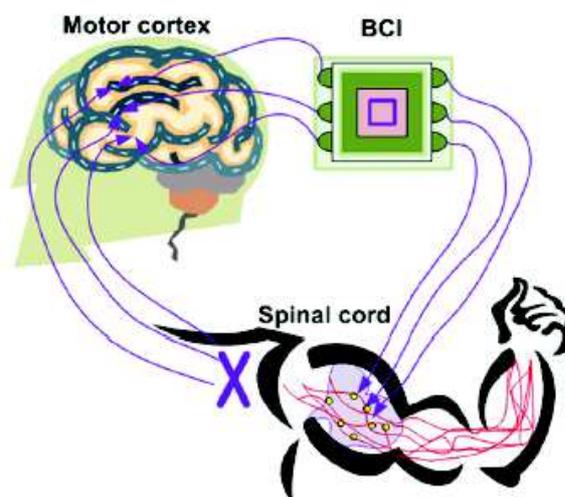
TIX². Este dispositivo pode ser utilizado em computadores convencionais com sistemas operacionais Microsoft Windows ou Linux. Suas funções substituem o teclado e mouse, usando uma combinação de suas 11 teclas. Outros recursos de software para acessibilidade são oferecidos, tais como Dosvox (BORGES, 2002a), MecDaisy (BORGES et al., 2002) e Motrix (BORGES,

²O TIX é um painel assistivo, composto por 11 teclas concebido para permitir o pleno uso do computador por pessoas com as mais variadas restrições físicas e motoras. Mais informações podem ser obtidas em <http://tix.geraestec.com.br/>.

2002b).

Para PcDs paraplégicos DOMINGO (2012) propõe a utilização micro implantes neuro musculares chamados Neurônios Biônicos (Bion do inglês *Bionic Neurons*) que são concebidas de forma modular em cápsulas sem fio e podem ser incorporados no corpo (TAN; LOEB, 2007). Sua função principal é de reanimar membros paralisados. Outra tecnologia é a interface computacional para cérebro (BCI do inglês *Brain Computer Interfaces*), que consiste em dispositivos para interpretar ondas cerebrais e enviar a intenção de movimento para nervos e músculos, tornando possível o movimento. Na Figura 8 é apresentada a comunicação do córtex celular com um conjunto de nervos, utilizando um caminho possibilitado pelo BCI (FAZEL, 2011). Os recursos também podem ser destinados ao monitoramento de sinais vitais e atividades fisiológicas, a fim de solicitar suporte para PcD, no momento que tais sensores forem acionados.

Figura 8: Comunicação com nervos, utilizando caminhos alternativos.



Fonte: DOMINGO (2012).

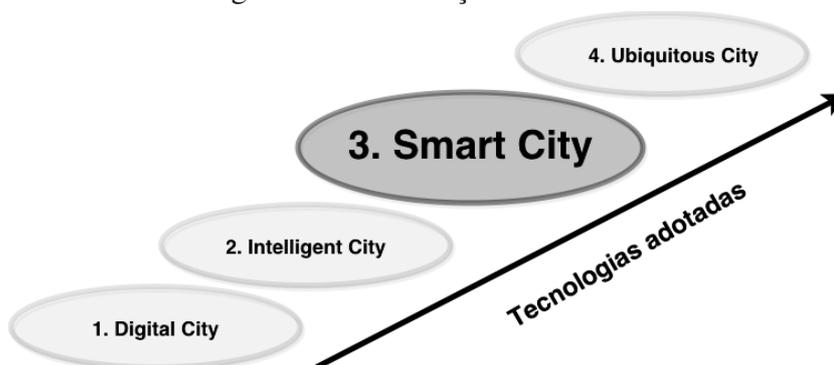
2.3 Classificação das Cidades

Na figura 9 é apresentada a classificação das cidades. Tem-se o nível inicial indicado pela elipse 1, a classificação *Digital City* e segue se expandindo até a elipse 4 *Ubiquitous City*. Na terceira classificação, indicada pela elipse 3, é apresentada a classificação *Smart City*. O nível de tecnologia envolvida é representada pela seta na diagonal. A elipse 3 inclui as tecnologias necessárias para o modelo proposto.

A classificação das cidades com relação ao nível de tecnologia recebe quatro nomenclaturas (LEEM; KIM, 2013). Estas levam em consideração tanto o nível de tecnologia quanto sua abrangência nas cidades. A seguir as quatro classificações são detalhadas.

A primeira classificação é *Digital City* (YOVANOF; HAZAPIS, 2009) e (LEE; HANCOCK; HU, 2014) (ou ainda *digital community*, *information city* ou *e-city*), refere-se a uma comunidade

Figura 9: Classificação das cidades.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

conectada que combina infraestrutura de comunicações de banda larga, computação orientada a serviços com base em padrões abertos e serviços inovadores que atendam às necessidades dos governos e seus funcionários, cidadãos e empresas. O uso de padrões abertos é considerado como uma questão importante para interoperabilidade (PETROLO; LOSCRÍ; MITTON, 2014) entre os diversos sistemas de informação e computação, uma vez que os dados de uma pessoa ou serviço podem ser utilizados em áreas diversas, sem a necessidade de novas informações no sistema.

A segunda classificação é *Intelligent City* (KOMNINOS, 2006). As cidades são definidas como territórios que trazem sistemas de inovação e ICTs dentro da mesma localidade, combinando criatividade de indivíduos que compõem a população da cidade, instituições que melhoram a aprendizagem e espaços de inovação, geralmente virtuais, que facilitam a gestão do conhecimento. A combinação de criatividade das pessoas envolve a estratégia de inteligência coletiva, onde as tendências são identificadas e padronizadas, utilizando as experiências das pessoas de forma a colaborar coletivamente.

A terceira classificação é *Smart City* ou Cidade Inteligente (WASHBURN et al., 2010) e (PETROLO; LOSCRÍ; MITTON, 2014). Neste paradigma o uso de ICTs visa tornar os componentes de infraestrutura e serviços essenciais de uma cidade mais inteligentes, interligados e eficientes (SHIN, 2010). Este conceito já foi implementado em algumas cidades (ANTHOPOULOS; FITSILIS, 2010), tais como Brisbane, Malta, Dubai e Kochi. Um dos principais objetivos destas cidades é melhorar a qualidade de vida das pessoas de acordo com diferentes pontos de vista, por exemplo, o nível de acesso às informações, consulta aos recursos relevantes disponíveis, bem como o estado atual de tais recursos.

A quarta classificação é *Ubiquitous City* (JANG; SUH, 2010), neste cenário a cidade está totalmente equipada com redes através das quais as autoridades da cidade podem monitorar o que está acontecendo na cidade, por exemplo o monitoramento do trânsito, a prevenção da criminalidade e prevenção de incêndio. O usuário pode acessar qualquer serviço da rede inde-

pendentemente do lugar que se encontre, embora a sua posição seja relevante. Além de sistemas distintos compartilharem as mesmas informações, o número de dispositivos é significativamente maior do que nas outras classificações. Esta classificação provoca opiniões distintas entre especialistas e usuários, com relação a seu uso. Alguns são completamente a favor, outros defendem a ideia que estes sistemas invadem a privacidade dos usuários além de tornarem vulneráveis sistemas relativamente restritos.

2.4 Cidades Inteligentes Assistivas

De acordo com a classificação detalhada na seção 2.3, as cidades classificadas como Cidades Inteligentes, terceira classificação, apresentam um nível de tecnologia que constitui um cenário propício para implantação de diversos serviços, entre eles, acessibilidade e mobilidade urbana. As iniciativas para implantação das *Smart City*, definem metodologias que resolvem problemas observados nos grandes centros urbanos (KOMNINOS; PALLOT; SCHAFFERS, 2013). Adicionalmente o cenário das *Smart Cities* é considerado palco de ações planejadas por setores responsáveis e executadas pelos governos locais (SCHAFFERS et al., 2011), (CHOURABI et al., 2012), (LEE; PHAAL; LEE, 2013) e (DEAKIN, 2014).

Nas “Smart City” muitas ações são possíveis pois certas decisões podem ser tomadas com base em informações que são coletadas em tempo real (ZYGIARIS, 2013). Tendo acesso as informações detalhadas e atualizadas, as decisões ainda podem ser comparadas com decisões tomadas anteriormente, assim possibilitando chegar mais certamente na melhor ação a ser tomada.

A cidade do Rio de Janeiro - RJ é um exemplo de cidade que implantou uma infraestrutura de sensores em parceria com a empresa IBM. Em dezembro de 2013 a cidade do Rio de Janeiro recebeu o prêmio *Smart City World Award* em três projetos de destaque: o Porto Maravilha, a Central 1746 e o Centro de Operações (COR) (FINGUERUT et al., 2014). O COR, é um centro de monitoramento, considerado um dos mais modernos centros de operações urbanas do mundo. Neste local foram instalados equipamentos para que profissionais analisem dados em tempo real, além disso existem algoritmos de inteligência artificial para tomada de decisão. São vários exemplos de situações tratadas graças ao sistema de monitoramento, o qual conta com câmeras e sensores espalhados pela cidade. Em abril de 2013 as câmeras registraram a queda de três prédios no centro da cidade, permitindo a interdição das ruas em poucos minutos, além da mobilização dos setores responsáveis para atuarem no resgate de sobreviventes e retirada de escombros.

O COR também auxiliou a gestão da visita do papa Francisco em junho de 2013. Através da parceria com o Waze (WAZE, 2015), aplicativo de *smartphone* que coleta dados do tráfego em tempo real, foi possível informar à população quais ruas estavam fechadas e quais as melhores opções para os motoristas. Em acidentes de trânsito, a equipe de atendimento recebe informações detalhadas sobre o acidente, a fim de prestar socorro de forma mais adequada (KITCHIN,

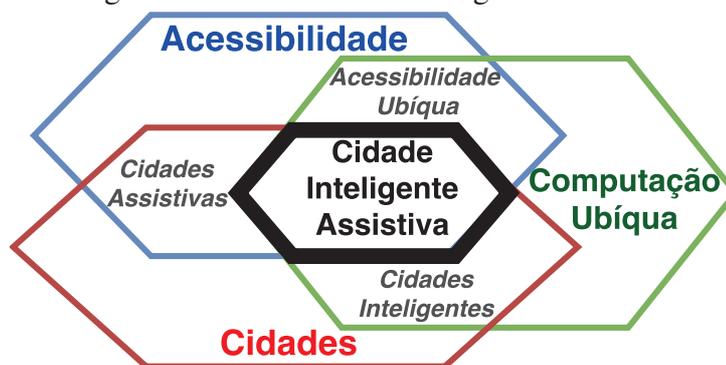
2014). Eventos de cheias e inundações também são previstos pelo sistema de monitoramento.

Outras cidades do Brasil buscam soluções tecnológicas para alcançar um novo formato de desenvolvimento urbano. Porto Alegre - RS é um exemplo, com o desenvolvimento de diversos sistemas que colaboram para decisões do orçamento participativo, redução de consumo de energia, além de auxiliar cidadãos (moradores da cidade e turistas) em diversas atividades.

Nas cidades classificadas como *Smart City* são projetados sensores para coleta de informações (PERBOLI et al., 2014). As funcionalidades das cidades inteligentes vão desde sistemas que armazenam informações para futuras consultas até sistemas que se baseiam em dados coletados em tempo real, por meio de monitoramento do tráfego, utilizando sensores (BARBA et al., 2012) e (ALBINO; BERARDI; DANGELICO, 2015).

A Figura 10 mostra um esquema dos principais conceitos adotados, para desenvolvimento do MASC.

Figura 10: Conceitos e tecnologias do MASC.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

A Figura 10 indica que a junção das tecnologias da computação ubíqua com as iniciativas de acessibilidade resulta na acessibilidade ubíqua (VANDERHEIDEN, 2009). Uma cidade que adota computação ubíqua, torna-se inteligente, já o conceito cidade assistiva é resultante da acessibilidade nas cidades. Ao agregar computação ubíqua e acessibilidade na cidade inteligente constitui-se uma **Cidade Inteligente Assistiva**, indicado no centro da figura. O MASC colabora para a constituição deste conceito de cidade, uma vez que adota tecnologias da computação ubíqua, juntamente com outros recursos descritos neste capítulo. Com relação a acessibilidade, o MASC atende uma série de normas, oferecendo suporte a PcD, para que esta possa utilizar os recursos em seu cotidiano e realizar suas atividades com mais autonomia, realizando suas tarefas de forma mais conveniente.

O conceito de cidade assistiva envolve desde um simples mapeamento de caminhos acessíveis, até serviços oferecidos pela iniciativa privada na área de atendimento a PcDs. Os caminhos acessíveis devem ser mapeados, a fim de oferecer informações detalhadas para PcDs. Informações, tais como rebaixo de meio-fio, largura da calçada, indicação de postes, ou outros objetos presentes nas calçadas, são informações relevantes para PcDs. Além disso locais que possuem piso tátil também são relevantes, caso a PcD se tratar de deficiente visual. Os locais que ofere-

cem suporte para PcDs também possuem particularidades e as mesmas devem ser informadas. Todos estes conceitos fazem parte de uma cidade assistiva e foram tratados pelo MASC.

A formalização do conhecimento é um passo importante para consolidação das cidades inteligentes. Uma proposta para representação formal do conhecimento nas cidades inteligentes é descrita por KOMNINOS et al. (2015) que apresenta uma ontologia para este domínio.

2.4.1 Ontologias e inferências

A classificação das ontologias quanto sua função é apresentada por GUARINO (1998) que segmenta em ontologias de nível superior, domínio, tarefa e aplicação. Em ALMEIDA; BAXTON (2003) é sintetizada cada abordagem. As ontologias são utilizadas em inferência (MIDDLETON; SHADBOLT; DE ROURE, 2004) e (QIN; SHI; SUO, 2007) e em sistemas de recomendação (BOBADILLA et al., 2013). A representação sobre o conhecimento, compartilhamento de informações e a padronização de termos de um domínio são motivações para emprego das ontologias (GRUBER, 1995) e (GUARINO, 1997)

As linguagens utilizadas para composição das ontologias são agrupadas em linguagens tradicionais, linguagens padrão *Web* e linguagens padrão *Web-based*. As mais comumente encontradas são *Resource Description Framework* (RDF) que é padrão *Web* e *Ontology Web Language* (OWL) (W3C, 2004a) que é padrão *Web-based*.

O RDF tem por objetivo organizar os dados de forma semântica e possibilitar a realização de consultas. Para compor as ontologias são desenvolvidas classes, atributos e relacionamentos. Todas as classes obedecem um relacionamento inicial da classe “coisa” (GUARINO, 1998). Juntamente com as ontologias são utilizadas regras que permitem descrever as relações lógicas existentes entre as classes de um domínio. As regras possibilitam inferir novos fatos a partir dos conceitos definidos durante a modelagem do sistema. Para implementação das regras existem alternativas como SWRL (do inglês *Semantic Web Rule Language*) (W3C, 2004b), JENA (CARROLL et al., 2004) e JESS (do inglês *Java Expert System Shell*) (Sandia National Laboratories, 2009).

Com as regras definidas as inferências são realizadas por motores de raciocínio (do inglês *reasoner*). Dentre os raciocinadores disponíveis têm-se RACER (HAARSLEV; MÖLLER, 2001), Pellet (SIRIN et al., 2007), HermiT (MOTIK; SHEARER; HORROCKS, 2009) e FaCT++ (TSARKOV; HORROCKS, 2006) entre outros. Os raciocinadores fazem parte dos elementos da camada lógica (BERNERS-LEE; HENDLER; LASSILA, 2001) da Web Semântica. Embora a Web Semântica tenha este nome, sua aplicação não se restringe a web e sim a qualquer domínio do conhecimento. A ontologia do MASC emprega o raciocinador HermiT³.

Uma ontologia bem definida deve passar por um processo de avaliação (USCHOLD; GRUNINGER, 1996). Nesta avaliação é verificado se a mesma atende os requisitos definidos em sua construção. Para auxiliar no processo de avaliação, é construído um conjunto de critérios para

³Disponível em: <http://www.hermit-reasoner.com/>

guiar tanto o desenvolvimento, quanto a avaliação da qualidade da ontologia. Os critérios são: clareza, coerência, extensibilidade, compromissos ontológicos mínimos, verificação da especificação de requisitos, validação das questões de competência, comparação com o mundo real, relações e relações inversas.

2.5 Considerações sobre o capítulo

O presente capítulo abordou as tecnologias de computação em nuvem (ARMBRUST et al., 2010), *Big Data* (HASHIM et al., 2015), IoT (ATZORI; IERA; MORABITO, 2010) e computação ubíqua (WEISER, 1991) que são fundamentais para o MASC. Alguns aspectos práticos sobre funcionamento das tecnologias foram discutidos pois foram necessários para o modelo e protótipo. O tema acessibilidade ubíqua foi discutido, a fim de relacionar a acessibilidade com ICT e cidades inteligentes.

Para identificar as tecnologias disponíveis nas cidades e regiões urbanas, foi apresentada a classificação das cidades (LEEM; KIM, 2013). Dentre as classificações foi destacada a *Smart City* (WASHBURN et al., 2010), (PETROLO; LOSCRÍ; MITTON, 2014) pois seu nível de tecnologia cria um ambiente onde é possível a implantação da acessibilidade ubíqua, criando meios para surgimento do conceito cidade inteligente assistiva.

A sinergia entre os conceitos explorados neste capítulo é explorada por HASSAN; AL-BAKR; AL-DOSSARI (2014), que propõe um *framework* para a área da saúde, onde são utilizados recursos de computação em nuvem, mineração de dados e IoT visando trazer informações contextualizadas. A aplicação de IoT nas cidades inteligentes também é discutida em RGHI-OUI et al. (2014), WALRAVENS (2015), NATI et al. (2013) e CAPORUSCIO; GHEZZI (2015) indicando sua forte influência e benefícios proporcionados para as questões e desafios das cidades inteligentes. Outras ferramentas utilizando dados originados pelos usuários (*crowdsourcing*), aplicam recursos de *Big Data* e mineração de dados. Os trabalhos de CARDONHA et al. (2013) e THEODORIDIS; MYLONAS; CHATZIGIANNAKIS (2013) descrevem plataformas para melhorar e detalhar mapas para uso público.

Assim como o estudo dos conceitos apresentados neste capítulo, também é necessária uma pesquisa sobre os trabalhos já realizados, a fim da compreensão dos esforços já desenvolvidos. Diante desta necessidade o próximo capítulo apresenta trabalhos relacionados com o MASC.

3 TRABALHOS RELACIONADOS

Este capítulo analisa trabalhos relacionados ao modelo proposto, levando em consideração pesquisas acadêmicas. Na análise, foram incluídos trabalhos semelhantes ao MASC, mediante critérios que são especificados na seção 3.1. Da seção 3.2 até 3.6 são apresentados os trabalhos selecionados para análise. Na seção 3.7 é realizada uma comparação entre os trabalhos. Por fim, a seção 3.8 relata as considerações sobre o capítulo.

3.1 Critérios para escolha dos trabalhos

Os trabalhos foram selecionados com pesquisas nas bases de periódicos da CAPES, Scielo, Scholar – Google acadêmico, Thomson Reuters – Web of Science, Elsevier – Science Direct, IEEE – Xplore, ACM – Digital Library, Springer – International Publishing AG, dblp – computer science bibliography, Emerald Insight – Group Publishing Limited e CiteSeer^x. Tais pesquisas foram baseadas na junção obrigatória de sinônimos de termos, com a seguinte expressão: (“ubiquitous accessibility” OR “assistive environments”) AND (“context aware” OR “location based services”) AND (“pwd support” OR deaf OR blind OR elderly OR “disabled people”) AND (smart or intelligent) AND (“Model to support” OR infrastructure), desta forma o critério para seleção do trabalho foi conter, obrigatoriamente, pelo menos um dos termos indicados entre parênteses.

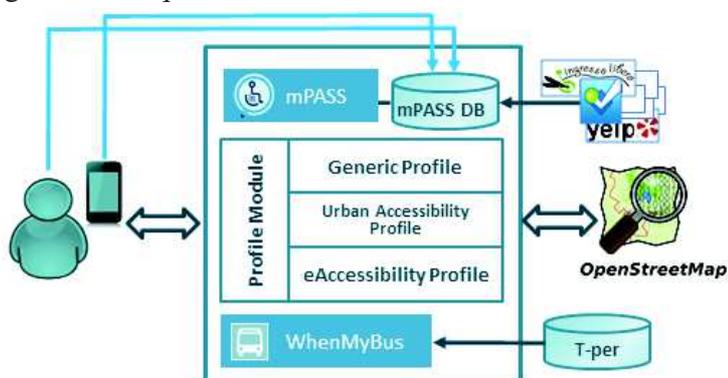
A escolha dos trabalhos levou em consideração se estes utilizavam computação ubíqua, ofereciam suporte a PcDs e se o trabalho considerava ambientes públicos dotados de algum tipo de tecnologia. Após as buscas nas bases citadas, os trabalhos foram submetidos a um comparativo, com base nos critérios: tipo de acessibilidade que oferece suporte, se utiliza perfil, trilhas, computação ubíqua e ICT, se usa dados de outros sistemas, oferece dados para outros sistemas, monitoramento, ontologia ou algum componente para semântica, sistema de recomendações, ambiente dinâmico, busca de recursos e região de abrangência.

Os critérios foram escolhidos pois contemplam funcionalidades e tecnologias capazes de gerenciar sistemas, usuários e possibilitam o gerenciamento de recursos para acessibilidade ubíqua. As tecnologias indicadas no Capítulo 2 estão incluídas nos onze critérios indicados. Com base nestes critérios o MASC foi planejado, resultando em um modelo que considera desde as tecnologias enumeradas até o ambiente ao qual o mesmo é indicado. Na seção 3.7 são detalhados os critérios aqui mencionados. Nas próximas seções são apresentados os cinco trabalhos selecionados.

3.2 On Combining Crowdsourcing, Sensing and Open Data for an Accessible Smart City

No trabalho descrito por MIRRI et al. (2014) é proposta a combinação de sensores, dados abertos e usuários colaboradores para conceber uma cidade inteligente acessível. São identificadas rotas e locais para realizar atividades do cotidiano, de forma mais adequada para PcDs. Ao longo desta seção o trabalho de MIRRI et al. (2014) será identificado por mPassWMB. A Figura 11 mostra a arquitetura do modelo mPassWMB.

Figura 11: Arquitetura de Software do Modelo mPassWMB.



Fonte: MIRRI et al. (2014).

A Figura 11 indica que o mPassWMB oferece ao usuário informações no seu *smartphone*, em uma aplicação Android. As informações são obtidas com base em mapas do OSM ¹ (do inglês *Open Street Map*) (OSM, 2015), redes sociais que usam informações de localização e informações sobre recursos para PcDs. No perfil do usuário devem constar três tipos de informações: genéricas, acessibilidade urbana e recursos de acessibilidade. Tais informações são gerenciadas pelo módulo definido como *Profile Module*. As informações genéricas são características, por exemplo, tipo de *smartphone*, velocidade que o usuário se desloca, rotas mais utilizadas e outras informações pessoais. As informações de acessibilidade urbana são as barreiras e recursos relacionados a usuário de cadeiras de rodas, deficientes auditivos e deficientes visuais, presentes na cidade. As barreiras e recursos podem ser escadas, rampas, corrimão, faixas de segurança, semáforos, semáforos sonoros, barreiras nas calçadas, tais como lixeiras, postes e árvores.

Ainda sobre acessibilidade urbana, são armazenadas as informações sobre estacionamento, largura das calçadas e passagens ao longo ruas, localização de paradas de ônibus, plataformas de embarque, distância entre a plataforma e ônibus, informações em braile, informações sonoras, piso tátil e características dos veículos de transporte público. As informações sobre recursos de acessibilidade são relativas as limitações do usuário, para que o sistema possa apresentar as informações no mapa, de acordo com suas limitações, por exemplo, apresentar informações

¹Disponível em <https://www.openstreetmap.org/>

gráficas ou textuais, apresentar alto contraste ou oferecer em tamanho de fonte ampliado. O T-per é uma fonte de dados aberta que contém informações sobre rotas de ônibus da cidade de Bologna e sua posição em tempo real.

Quando o usuário deseja se deslocar na cidade, basta informar a rota, a partir deste ponto, o sistema realiza uma análise do melhor caminho a ser percorrido. Na análise são consideradas as limitações do caminho, tais como escadas, calçadas acessíveis e transporte público com suporte às deficiências do usuário.

No experimento relatado no trabalho de MIRRI et al. (2014), uma PcD com seu perfil informando que este precisa de rampas de acesso (*gap facilities*), estacionamento para PcDs (*parking facility*), ônibus com plataforma para usuários de cadeira de rodas e faixa de segurança (*crossing facilities*), escolhe dois pontos no mapa para realizar um trajeto. O trajeto sugerido pelas plataformas de mapas mais comuns (Google Maps, Bing Maps etc.) é apresentado na Figura 12. O trajeto contém trechos que serão realizados a pé (*Part (a)* e *Part (c)*), indicados pela linha pontilhada, outro trecho é feito com ônibus (*Part (b)*), indicado pela linha contínua. No início da rota existe uma escada, indicada pelo símbolo vermelho com preto, que é um obstáculo para a PcD. Quanto ao ônibus recomendado, não se sabe se o mesmo terá suporte para usuário de cadeira de rodas, pois o sistema apenas informa os horários que este passa no local.

Figura 12: Rota apresentada pelas plataformas tradicionais de mapas georreferenciados.



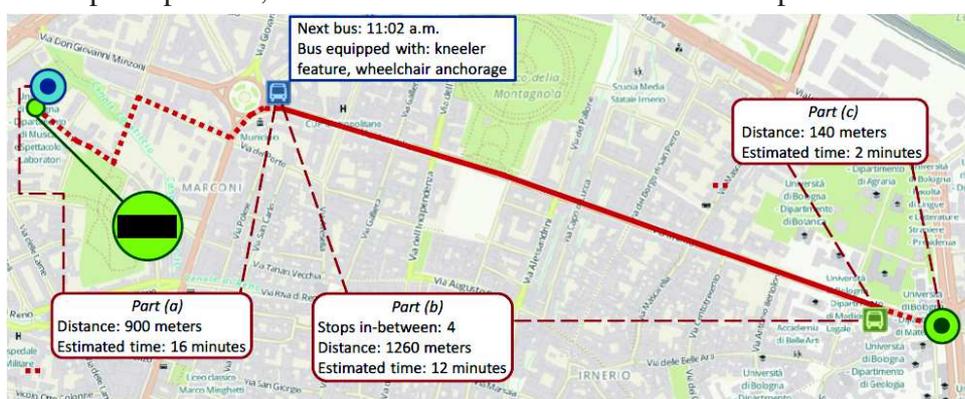
Fonte: MIRRI et al. (2014).

Na Figura 13, os mesmos dois pontos são escolhidos, o trajeto sugerido pelo modelo de MIRRI et al. (2014), indica uma rota alternativa, pois identifica que a escada não pode ser percorrida pela PcD, além disso recomenda o ônibus com recurso para usuário de cadeira de rodas, atendendo a PcD, com base no seu perfil.

3.3 Hefestos: a Model for Ubiquitous Accessibility Support

O modelo para suporte à acessibilidade ubíqua Hefestos proposto por TAVARES et al. (2015), oferece uma arquitetura para suporte a PcDs em ambientes internos e externos, levando em consideração o perfil da PcD e o ambiente com seus recursos. A Figura 14, apresenta a

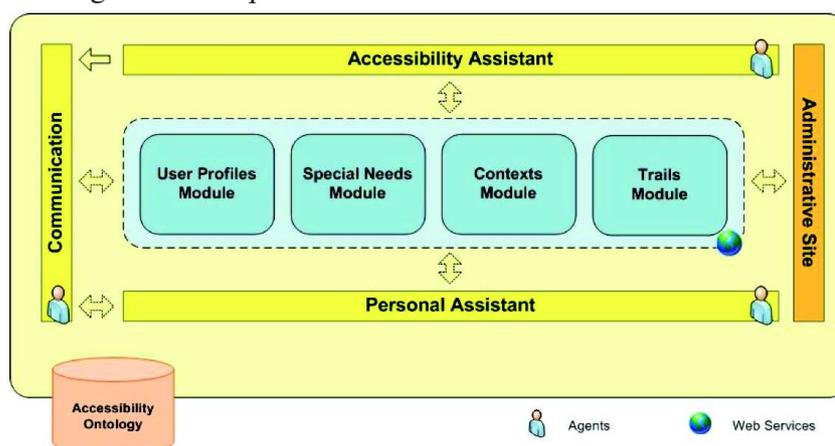
Figura 13: Rota apresentada pelo mPassWMB adaptado para as necessidades e preferências do usuário no transporte público, com dados relativos aos ônibus em tempo real.



Fonte: MIRRI et al. (2014).

arquitetura deste modelo.

Figura 14: Arquitetura de Software do Modelo Hefestos.



Fonte: TAVARES et al. (2015).

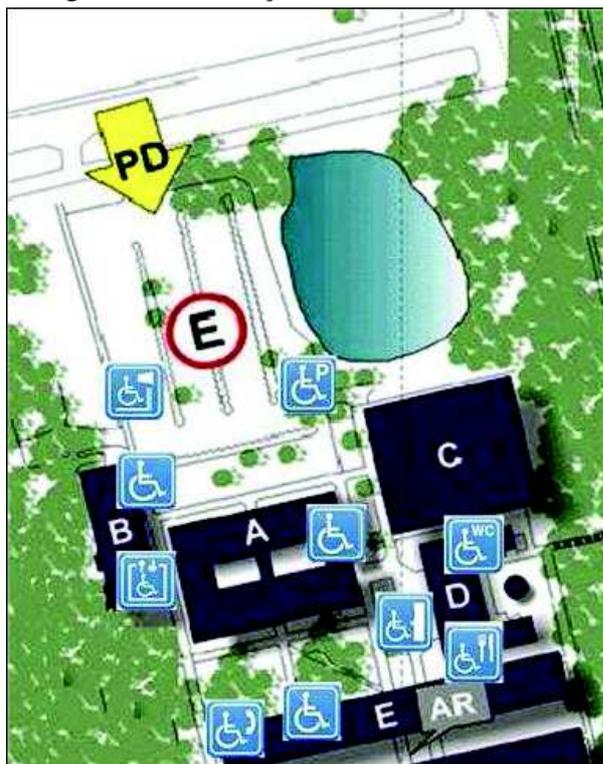
A arquitetura de software do modelo Hefestos é composta por oito componentes. São quatro módulos responsáveis pelo gerenciamento do perfil dos usuários, das necessidades especiais, dos contextos e trilhas. Além dos módulos existem três agentes de software que compõem um Sistema Multiagente (SMA) que são: Assistente para Acessibilidade (AA), de Comunicação (AC) e Pessoal (AP). Também foi desenvolvido um site administrativo para gerenciamento das informações sobre as necessidades especiais, dados relativos ao perfil das PcDs, contextos e trilhas para acessibilidade.

O modelo Hefestos adota o perfil do usuário, juntamente com ontologia para realizar inferências durante as ações diárias dos mesmos. Pode ser aplicado no suporte tanto de PcDs quanto de idosos para sugerir recursos de acessibilidade. Os recursos podem ser estáticos ou dinâmicos, por exemplo, rampas de acesso, banheiros adaptados e estacionamentos são recursos estáticos, já ônibus adaptados que circulam por itinerários específicos, profissionais de saúde

ou intérpretes de línguas de sinais são exemplos de recursos dinâmicos.

Para avaliação do modelo Hefestos foi realizado o mapeamento de recursos para acessibilidade no *campus* da UNISINOS. No mapeamento foi definida uma área de cobertura, utilizando um *Access Point (AP) Cisco Aironet 1100*. Na Figura 15, é apresentado um mapa com os recursos mapeados para avaliação do modelo.

Figura 15: Avaliação do Modelo Hefestos.



Fonte: TAVARES et al. (2015).

A avaliação contou com a presença de dez cadeirantes que fizeram uso do protótipo para deslocamento dentro do *campus*. Os participantes relataram que o Hefestos tem uma interface fácil de usar e a grande maioria indicou que seu uso facilita as atividades do cotidiano e indicaram a possibilidade de implementar “navegação autônoma” para auxiliar no deslocamento em percursos já trilhados por outros PcDs.

3.4 Smart Help at the Workplace for Persons with Disabilities (SHW-PWD)

O projeto proposto por KBAR et al. (2015), tem por objetivo oferecer suporte para PcDs em seu local de trabalho. Ele facilita a comunicação e ações das PcDs, utilizando funcionalidades inteligentes do ambiente (AmI do inglês *Ambient Intelligence*), com base em tecnologias assistivas, possibilitando que PcDs utilizem qualquer coisa com o mínimo de esforço e de maneira confortável. Foi desenvolvido um módulo para reconhecimento de voz, sistema de alarme em caso de emergência e outros recursos para que uma PcD consiga realizar suas atividades em

seu ambiente de trabalho de forma semelhante a uma pessoa sem deficiência. Além da inclusão social, este trabalho alerta que 74,2% das PcDs da Arábia Saudita podem participar das atividades criativas, tornando-se um público economicamente ativo ao invés de ficar em casa sem trabalhar e sem perspectiva.

Quanto as tecnologias, este trabalho adotou software com inteligência artificial, RFID, cartões inteligentes, leitor de cartão, *smartphone*, rede sem fio, sistemas biométricos, GPS e serviços web. Oferece interface adaptável e universal, sistema de ajuda emergencial e intervenção inteligente. Uma das contribuições deste trabalho é permitir que a PcD não utilize as mãos para realizar atividades, esta funcionalidade permite a interação da PcD com tecnologias diversas.

Para avaliar o trabalho foi realizado um experimento, onde diversos casos de PcDs participaram, tais como: PcD com visão reduzida, audição reduzida, limitações nos membros superiores. Algumas exigências são definidas, por exemplo, caso o usuário tenha limitações nos membros superiores, precisa ter voz normal para executar os comandos de voz. Caso o usuário tenha visão reduzida, precisa ter audição normal. No experimento é utilizada uma agenda com atividades previamente organizadas. O sistema analisa a posição atual do usuário (C_x, C_y) e o local da atividade (T_x, T_y). Com base nas coordenadas, são testadas quatro possíveis estados: $C_x > T_x$ e $C_y > T_y$; $C_x > T_x$ e $C_y < T_y$; $C_x < T_x$ e $C_y > T_y$; $C_x < T_x$ e $C_y < T_y$, com base nos possíveis valores pode-se desenvolver o sistema de recomendação, bastando realizar as comparações das duas posições (C e T) e informar uma possível direção: sudoeste, noroeste, sudeste, nordeste respectivamente.

3.5 MND WSN for Helping People with Different Disabilities

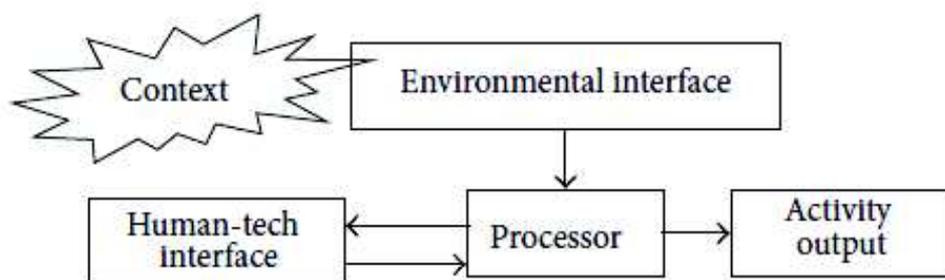
O sistema de monitoramento e navegação proposto por ALY (2014) intitulado MNDWSN, se baseia em redes de sensores sem fio (WSN do inglês *Wireless Sensor Network*) e *smartphones*. O objetivo é oferecer suporte para PcDs em atividades do cotidiano, auxiliando principalmente no deslocamento, monitorando a navegação dos usuários em ambientes internos analisando seu perfil. As tecnologias utilizadas são *Bluetooth*, IEEE 802.15.4 e ZigBee. Este sistema visa oferecer suporte para cegos, surdos, paraplégicos e tetraplégicos.

Para atender os princípios de atividade humana assistida por tecnologias (HAAT do inglês *Human Activity Assistive Technology*) são definidos quatro componentes: o ser humano, a atividade, a tecnologia de apoio e o contexto. O conceito base para atender os princípios de HAAT é apresentado na Figura 16.

Na Figura 16 é indicado que o processamento das ações são afetadas pelo ambiente e contexto. Tal processamento pode resultar e atividades que são oferecidas para os usuários, com intuito de apoiar o mesmo.

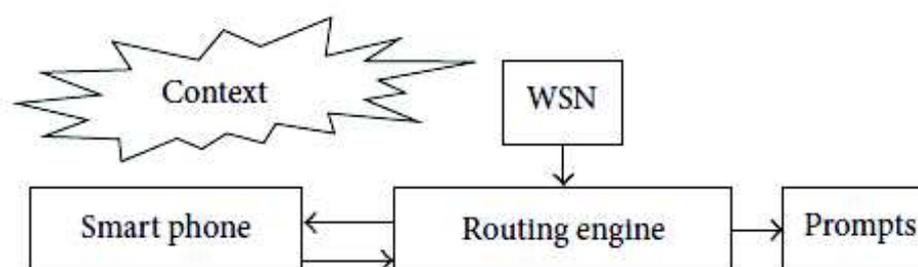
Para promover HAAT é proposto o uso de *smartphones*, algoritmo de identificação de caminhos (*Routing engine*), redes sem fio (WSN) e sinais de aviso (*Prompts*). Para informar o usuário são geradas avisos por meio de vibrações (*Prompts*), conforme indicado na Figura 17.

Figura 16: Atividade humana assistida por tecnologias (HAAT).



Fonte: ALY (2014).

Figura 17: HAAT proposto.



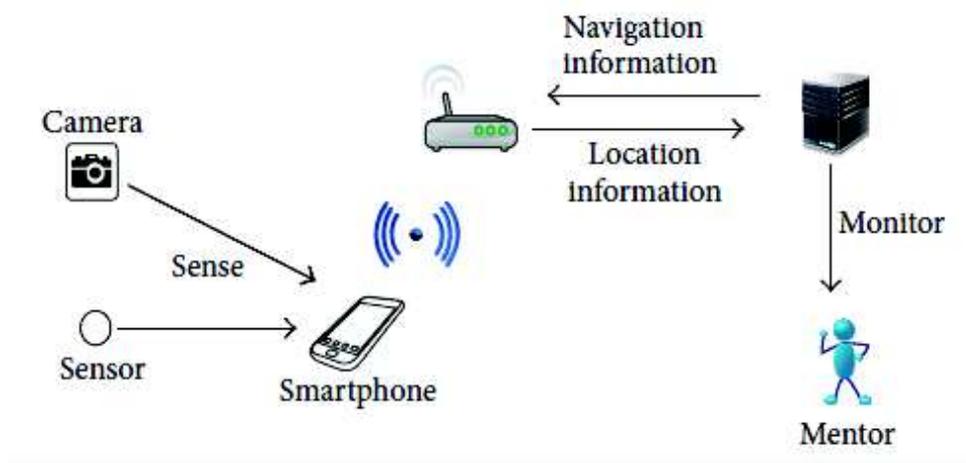
Fonte: ALY (2014).

Para gerar os Prompts é consultado o perfil do usuário, a fim de identificar o melhor Prompt para o usuário. Para geração de rotas, a proposta do sistema é indicar o melhor caminho. Para chegar a esta definição, devem ser consideradas, todas as barreiras existentes, desviando para outro caminho, mesmo que este seja mais longo. As barreiras podem ser portas fechadas, acúmulo de pessoas ou obstáculos presentes no caminho do usuário. A arquitetura do trabalho de ALY (2014) é apresentada na Figura 18.

A arquitetura é composta por sensores que enviam informações para o *Smartphone*, que por sua vez se comunica com sistema de navegação para receber instruções de suporte. O recursos de suporte são realizados por software de inteligência artificial e cálculos matemáticos com base nas informações obtidas pelos sensores e câmeras. Foi realizado um experimento de avaliação, onde foram instalados 60 nodos (*Camera e Sensor*) em uma construção de 3 andares, com 10 salas em cada andar. Os resultados indicaram que cegos podem se deslocar de forma autônoma. Na Figura 19 é apresentada uma planta baixa com as salas de cada andar.

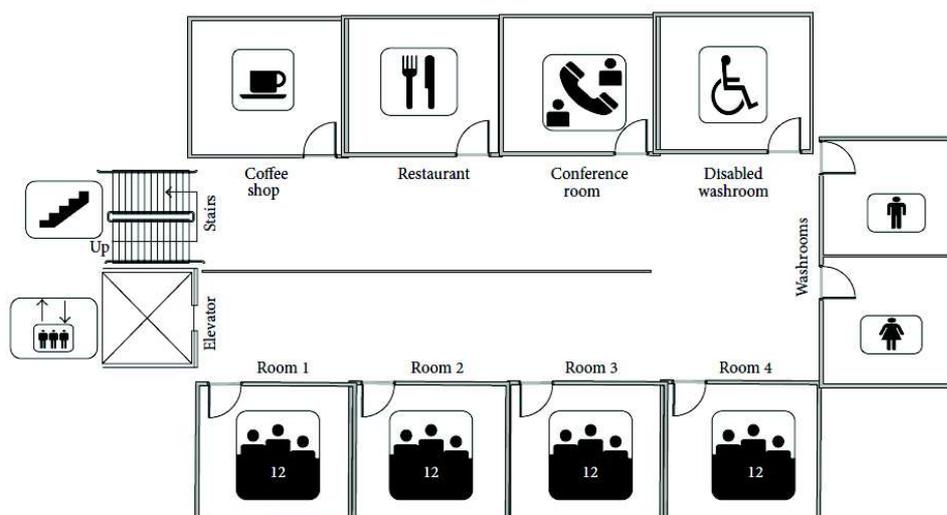
O monitoramento mostrou que é possível identificar, através da velocidade média das PcDs, o tipo de suporte que precisam. No experimento foram realizados 140 testes. Foram percorridos 70 trajetos por 10 diferentes usuários utilizando o MNDWSN. Em seguida mais 70 testes com 10 diferentes usuários sem o MNDWSN. O resultado indicou sucesso em 90% dos casos com o uso do MNDWSN, já sem o mesmo, foi observado sucesso em apenas 55,7% dos casos.

Figura 18: Arquitetura do trabalho de ALY (2014).



Fonte: ALY (2014).

Figura 19: Avaliação no trabalho de ALY (2014).



Fonte: ALY (2014).

3.6 Location based services for the blind supported by RFID technology

O trabalho de FERNANDES et al. (2014) apresenta um sistema de navegação que adota contexto. A navegação pode ser feita em ambientes internos e externos utilizando RFID e sistema de posicionamento global (GPS do inglês *Global Positioning System*). Ao longo do texto este trabalho será identificado por LBSBlind. O LBSBlind tem como principal objetivo o suporte para deficientes visuais, para isso, o mesmo adota um sistema de navegação, chamado SmartVision (FARIA et al., 2010). Na Figura 20 (a), é apresentado o diagrama do projeto SmartVision, o qual utiliza componentes para interface com o usuário (*Interface*), sistema de informação geográfica (GIS), com dados do local de avaliação do experimento, interface para manutenção dos dados do sistema de navegação (*Navigation*) e um componente para localização (*Locali-*

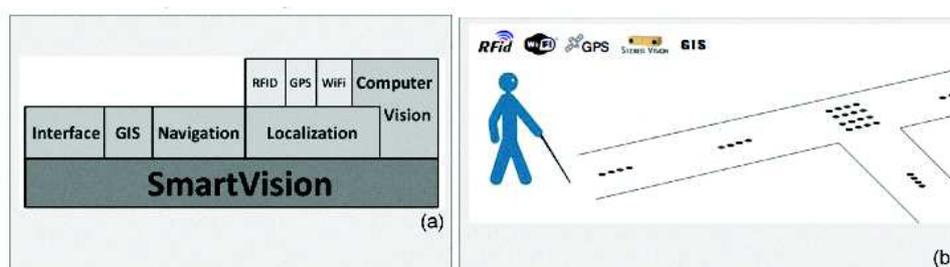
zation). Para localização são utilizadas tecnologias de visão computacional (com câmeras que obtém imagens 3D para estimar distâncias de objetos). Também são utilizadas tags RFID para melhorar a precisão das estimativas de posição *indoor*, GPS para estimar posição ao ar livre e WiFi para compensar a falta de sinal de GPS no interior de construções, usando como métrica a intensidade de sinal.

O sistema de navegação é composto por bengala e *smartphone*. A bengala é equipada com leitor de tags RFID e módulo *Bluetooth*, que se comunica com o *smartphone*, a fim de enviar as informações lidas pelo leitor de tags. O *smartphone* é responsável por emitir sinais sonoros para auxiliar o deficiente visual.

Este trabalho apresenta um protótipo, o qual abordada três aplicações principais: (1) navegação local para deslocamento e desvio de obstáculos; (2) navegação global para encontrar rotas; e (3) o reconhecimento de objetos/obstáculos, tais como prateleiras, paredes, paradas de ônibus, pontos de táxi, caixas eletrônicos e cabines telefônicas.

Foi desenvolvido um cenário de testes com tags fixadas em pontos que possam ser percorridos pelos deficientes visuais. Na Figura 20 (b) é apresentado este cenário. Uma das vantagens do sistema é sua capacidade de realizar operações em modo *offline*. No aplicativo desenvolvido para *smartphone* são armazenadas representações geográficas do ambiente próximo ao usuário e de locais que este pode visitar (FERNANDES et al., 2012).

Figura 20: SmartVision e Cenário de teste do LBSBlind.



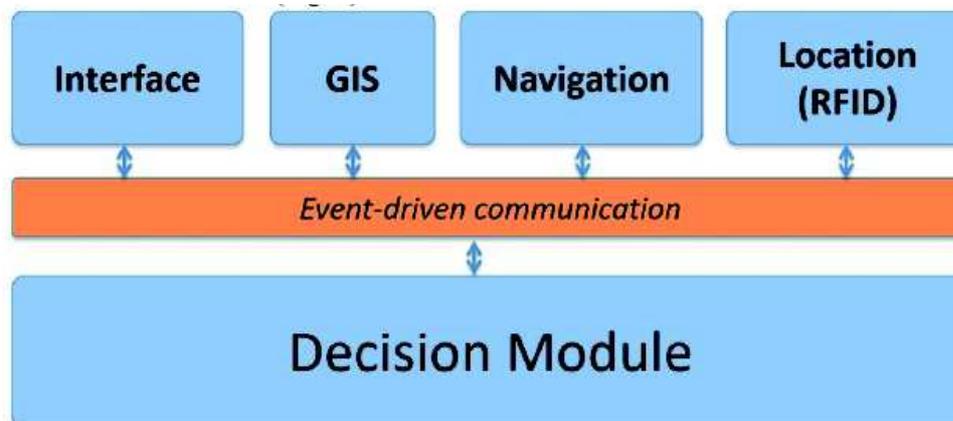
Fonte: FARIA et al. (2010).

A arquitetura de software é composta por módulos, conforme mostra a Figura 21.

Todos os módulos foram projetados para trabalhar de forma independente, com intercâmbio de informações sendo controlado por um módulo de decisão central. O módulo de interface (*Interface*) é responsável por permitir interação com o usuário. O sistema emite a informação através de vibrações realizadas por um dispositivo presente na bengala. Tais informações podem ser obtidas pelo leitor de tags da bengala e através de leitores de tela do *smartphone*. Com base no perfil do usuário o módulo de decisão identifica quais informações devem ser apresentadas na interface. É possível que o usuário personalize quais informações devem ser apresentadas.

O sistema de informação geográfica (GIS) mantém uma representação local dos dados armazenados em um servidor remoto dedicado. A localização do usuário é estimada usando o módulo localização e a infraestrutura de malha de RFID (*Location RFID*). O módulo de navegação (*Navigation*), por pedido do módulo de decisão (*Decision Module*), usa dados tanto

Figura 21: Arquitetura de software do modelo proposto por FERNANDES et al. (2014).



Fonte: FERNANDES et al. (2014).

do módulo de localização quanto do módulo GIS para calcular a melhor rota para um destino específico (POI do inglês *Points of Interest*) para guiar o usuário através da rota projetada e para fornecer informações contextuais sobre os arredores, tais como recursos e obstáculos.

Para atuar nesta infraestrutura, uma bengala foi desenvolvida, a qual usa um leitor de RFID para ler as tags instaladas no chão. A Figura 22, apresenta a bengala desenvolvida para realizar parte da interface com o usuário.

Figura 22: Bengala para interface do usuário.



Fonte: FERNANDES et al. (2014).

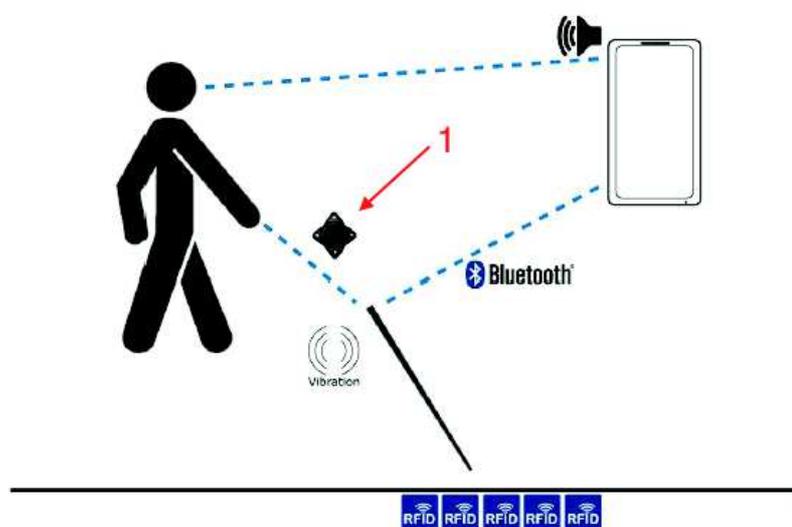
Na Figura 23 é apresentada a comunicação da bengala com o *smartphone*.

A interação do usuário com o aplicativo do *smartphone* é feita com um *joystick*, indicado pelo número 1 na Figura 23. O *joystick* é instalado na bengala e envia as informações via *Bluetooth*. As informações geográficas e de POI são armazenadas em um banco de dados MySQL, gerenciado por uma interface web. A manutenção deste modelo, tais como gerenciamento de recursos, mapas, tags e usuários é realizada por usuários administradores do sistema.

3.7 Análise comparativa entre os trabalhos

Os trabalhos apresentados nas seções anteriores foram selecionados para análise e são considerados trabalhos relacionados ao modelo proposto, pois oferecem recursos de acessibilidade e exploram ICT. Para realizar a análise comparativa entre os trabalhos foram estabelecidos critérios que são apresentados a seguir.

Figura 23: Interface do usuário com bengala e *smartphone*.



Fonte: Adaptado de FERNANDES et al. (2014).

1. Deficiência física: identifica se oferece suporte a PcDs, nas seguintes classificações “A” deficiência visual, “B” deficiência auditiva, “C” deficiência mental, “D” idosos, “E” limitações nos membros inferiores e “F” limitações nos membros inferiores e superiores;

2. Perfil: identifica se o trabalho gerencia e utiliza perfil de usuário, abordando características e preferências dos mesmos. Para este critério os trabalhos receberam a classificação “utiliza”, “parcial” caso apenas gerencie informações para identificar características do usuário ou “não” caso não utilizar;

3. Trilha: identifica se gerencia histórico das ações realizadas pelos usuários e oferece serviços com tais dados. Neste critério os trabalhos receberam a classificação “utiliza”, “parcial” caso apenas gerenciar histórico ou “não”;

4. Computação ubíqua (ICT): identifica se o trabalho adota tecnologias consideradas no capítulo 2, recebendo as classificações “CN” para Computação em Nuvem, “IoT” para *Internet of Things* ou “não”;

5. Integração: identifica se o trabalho adota tecnologias de padrão aberto e se permite integração com outros sistemas tanto para receber dados quanto para disponibilizar os mesmos. As classificações atribuídas para este critério foram: “integrado”, “coleta” e “não”. A classificação “integrado” foi atribuída para os trabalhos que utilizam dados de outros sistemas assim como permitem integração, a fim de disponibilizar seus dados para sistemas externos. Já a classificação “coleta” foi atribuída aos trabalhos que apenas permitem o recebimento de informações de outros sistemas, mas não disponibilizam seus dados. Por fim, a classificação “não” foi atribuída aos que não recebem nem oferecem dados para sistemas externos;

6. Monitoramento: identifica se o trabalho monitora constantemente o usuário e oferece tais informações para os demais utilizadores do sistema instantaneamente. A monitoração con-

siste em realizar uma análise de seu contexto, das ações feitas, dos lugares acessados e dos objetos ao seu entorno, a fim de identificar possíveis situações de desconforto, perigo ou necessidade de suporte. Caso o monitoramento detectar algo que deve ser informado, isto é realizado. Este critério recebeu a classificação “sim” para os trabalhos que realizam tal operação, “parcial” para os trabalhos que monitoram mas não oferecem as informações instantaneamente ou “não” para os trabalhos que não realizam monitoramento;

7. Ontologia/Semântica: identifica se o trabalho utiliza recursos que visem identificar os termos dos domínios cobertos pelo mesmo e incorpora semântica aos elementos, tais como, características dos usuários (perfil), locais e recursos disponíveis (contexto) e locais visitados (trilha). As classificações atribuídas para este critério foram “ontologia”, “semântica” caso adote outras ferramentas ou “não” caso não utilize;

8. Recomendações: identifica se os usuários recebem suporte com base em seu contexto. A classificação atribuída para este critério foi “adota” ou “não adota”;

9. Ambiente dinâmico: identifica se há coleta de informações sobre o ambiente utilizando sensores. A classificação atribuída foi “dinâmico”, “estático” caso disponibilizar informações sobre o ambiente mas não oferecer detalhamento por sensores *in loco* ou “ausente”;

10. Busca de recursos: identifica se ocorre busca de informações sobre recursos em fontes diversas. A classificação foi “sim” caso buscar em mais de uma fonte ou “parcial”;

11. Aplicado a cidades: identifica se o modelo é escalável e pode ser oferecido nas cidades inteligentes, recebendo classificação “contempla”, “extensível” caso possa ser complementado ou “restrito” caso seja limitado a ambientes específicos.

O primeiro trabalho selecionado foi de MIRRI et al. (2014) este unifica sistemas, um da área de transporte público, um de acessibilidade, outro de *crowdsourcing*, além de sensores e redes sociais para promover acessibilidade para usuário de cadeira de rodas. O trabalho de TAVARES et al. (2015) propõe um modelo para acessibilidade ubíqua, é genérico, pois pode ser aplicado em cenários que visam propor acessibilidade para cegos, surdos ou usuários de cadeira de rodas, foi avaliado em um ambiente de computação pervasiva com a participação de usuários de cadeira de rodas. O trabalho de KBAR et al. (2015) visa oferecer suporte para PcDs com limitações na visão, deficiência mental, limitações nos membros inferiores em seu local de trabalho, considerando a integração da PcD no ambiente profissional. O trabalho de ALY (2014) utiliza um conjunto de tecnologias tais como RFID, sensores e tags para criar um ambiente acessível para PcDs. O trabalho de FERNANDES et al. (2014) propõe um conjunto de tecnologias, tais como GPS, redes sem fio e bengalas com sensores para promover acessibilidade à cegos. Um comparativo é apresentado na Tabela 1.

Com relação ao critério deficiência física, todos os trabalhos oferecem suporte a PcDs que tenham deficiência visual. Para outras deficiências apenas os trabalhos Hefestos e MNDWSN oferecem suporte para quatro deficiências diferentes. No critério perfil, apenas os trabalhos mPassWMB e Hefestos fazem uso de mecanismos de gerenciamento de perfil, já quanto trilha apenas o trabalho Hefestos faz uso deste recurso. Com relação ao critério computação ubíqua,

Tabela 1: Comparativo entre os trabalhos relacionados

Critério	mPassWMB	Hefestos	SHWPWD	MNDWSN	LBSBlind
1. Deficiência física	A,B,E	A,B,D,E	A,C,E	A,B,E,F	A
2. Perfil	utiliza	utiliza	parcial	parcial	não
3. Trilha	não	parcial	não	não	não
4. Comp. Ubi	não	não	não	IoT	CN, IoT
5. Integração	coleta	não	não	coleta	coleta
6. Monitoramento	não	sim	parcial	parcial	parcial
7. Ontologia	não	ontologia	não	não	semântica
8. Recomendações	adota	adota	adota	adota	não
9. Amb. dinâmico	estático	estático	ausente	dinâmico	estático
10. Busca recursos	sim	parcial	parcial	parcial	parcial
11. Apl. cidades	contempla	extensível	restrito	extensível	extensível

Fonte: Elaborado pelo Autor.

todos utilizam funcionalidades de serviços web, mas apenas LBSBlind se inclui nos serviços de computação em nuvem por prever elasticidade dos recursos e aplicações massivas. Já as funcionalidades da IoT é utilizada pelo MNDWSN e LBSBlind. O recurso de integração não é oferecido por nenhum dos trabalhos, sendo que os trabalhos mPassWMB, MNDWSN e LBSBlind apenas coletam informações de outros sistemas. No critério monitoramento apenas o trabalho Hefestos realiza tal operação, os trabalhos SHWPWD, MNDWSN e LBSBlind fazem monitoramento parcial, ou seja, monitoram mas não oferecem as informações instantaneamente (em tempo real).

Com relação ao critério ontologia ou semântica, apenas o trabalho Hefestos adota ontologia para atribuir representação aos elementos do modelo. O trabalho LBSBlind adota semântica apenas para gerenciar contexto.

Com relação ao critério recomendações apenas o trabalho LBSBlind não contempla este recurso. Com relação ao critério ambiente dinâmico apenas o trabalho MNDWSN adota sensores para gerenciamento do estado dos recursos, os trabalhos Hefestos e LBSBlind oferecem informações estáticas dos recursos, ambientes e usuários, já o trabalho mPassWMB tem informações em tempo real sobre os ônibus da cidade de Bologna. O trabalho SHWPWD, não aborda este tipo de suporte.

Com relação ao critério busca de recursos o trabalho mPassWMB atende totalmente este critério, os demais trabalhos fazem de forma parcial. Com relação ao critério cidades, o trabalho mPassWMB contempla cidades inteligentes, ou seja, pode ser implementado neste cenário, pois possui módulos que fazem uso de informações externas originadas nas cidades inteligentes. Os trabalhos Hefestos, MNDWSN e LBSBlind podem ser estendidos para estes cenários, mas atualmente são destinados a regiões previamente mapeadas. O trabalho SHWPWD é apenas para ambientes restritos.

Por fim, o suporte à acessibilidade levando-se em consideração IoT, perfil, contexto e *data mining* (em ações feitas pelo próprio usuário e por demais usuários correlatos), é uma caracte-

terística que não esteve presente em nenhum dos trabalhos analisados. Tendo em vista estas questões, é proposto um modelo para suporte à acessibilidade, descrito no próximo capítulo.

A contribuição do MASC consiste em oferecer suporte para PcDs, profissionais da saúde e administração pública no âmbito da acessibilidade. Além do suporte por meio de gerenciamento de recursos o modelo trata as trilhas percorridas pelas PcDs, com o objetivo de utilizá-las em situações futuras, onde PcDs com perfil semelhante possam receber tais trilhas para realizar suas atividades do cotidiano.

3.7.1 Resumo do comparativo

Com relação ao critério 1 o MASC é genérico, pois suporta todas deficiências indicadas. O perfil das PcDs não é tratado apenas no trabalho LBSBlind, desta forma os diferentes graus de deficiência visual recebem o mesmo tratamento, já o modelo MASC conta com ontologia para representação das deficiências e classificação sobre particularidades de cada uma. No critério 3 o MASC utiliza informações de histórico para oferecer serviços, tais como permitir profissionais da saúde ou familiares acompanhar PcDs em tempo real. O critério 4 indica tecnologias adotadas nos trabalhos, sendo que o MASC contempla CN e IoT. Com relação ao critério 5 que considera a integração dos trabalhos com outros sistemas, o MASC é integrado, pois obtém informações de fontes externas de mapas OSM e oferece serviços web para aplicações externas por meio de chamadas *web services*. Ao permitir a troca de informações os modelos voltados para acessibilidade ampliam suas áreas de atuação a também oferecem a outros sistemas o benefício originado pela coleta e tratamento das suas informações. O critério 6 é atendido no MASC com o uso de *smartphone* ou *tablet* que deve ser utilizado pela PcD. Para casos onde a PcD não possa utilizar um dispositivo móvel, o monitoramento é feito por meio de tag RFID que será lida pelo sensor de tag proposto pelo MASCnode. Quanto ao critério 7 no MASC é empregada uma ontologia estendida do modelo Hefestos que propõe estabelecer representação dos ambientes e trilhas, além das entidades já cobertas pela ontologia original (pessoas, recursos e deficiências). No critério 8 o MASC opera por meio de mineração de dados para identificar padrões de comportamento a fim de realizar as recomendações. No critério 9 o MASC utiliza o sensor proposto para acompanhar as alterações dos ambientes e disponibilidade dos recursos. Com relação ao critério 10 o MASC realiza buscas em fontes diversas, tais como usuários colaboradores (*crowdsourcing*), administradores, PcDs, sensores e sistemas externos. No critério 11 apenas o MASC e mPassWMB contemplam, pois as tecnologias das cidades inteligentes são utilizadas como fonte de informação.

No MASC conceitos de IoT são adotados para identificar objetos, bem como as informações disponíveis sobre os mesmos. A ontologia estabelece significado e relações entre as entidades. Para gerenciamento dos usuários foi implementado um sistema multiagente (SMA) (KIM, 2014) Perfil, Trilha, Monitoramento, Recomendações e Buscas (PTMRB) que deverá gerenciar as trilhas dos diferentes usuários do MASC. Os recursos são mantidos no modelo

com informações de seu estado atual, por meio de rede de sensores (MASCnode).

Os recursos tais como pisos táteis e sinais de trânsito e de saída de veículos sonoro, não são mapeados em nenhum dos trabalhos apresentados. No MASC estes recursos são mapeados, a fim de informar a disponibilidade destes. As respostas para os critérios apresentados na seção 3.1, são respondidas pelo MASC. Tais respostas são apresentadas na Tabela 2. Os três primeiros critérios são responsáveis por permitir ao MASC ser genérico para qualquer tipo de deficiência, ser adaptável ao perfil dos PcDs e oferecer TaaS.

Tabela 2: Respostas aos critérios no modelo proposto

Critério	Proposta do MASC
1. Deficiência física	São suportadas todas as deficiências de forma genérica
2. Perfil	O agente PTMRB gerencia Perfil
3. Trilha	O agente PTMRB gerencia Trilha
4. Computação ubíqua	Com tecnologias de Computação em Nuvem e IoT
5. Integração	O componente <i>Integration</i> é responsável por este processo
6. Monitoramento	O agente PTMRB realiza Monitoramento
7. Ontologia/Semântica	O componente <i>Ontology</i>
8. Recomendações	O agente PTMRB faz Recomendações
9. Ambiente dinâmico	As informações oferecidas pelo MASCnode
10. Busca de recursos	O agente PTMRB realiza Buscas
11. Aplicado a cidades	O modelo se aplica a regiões metropolitanas

Fonte: Elaborado pelo Autor.

3.8 Considerações sobre o capítulo

Neste capítulo foi realizado um estudo comparativo dos trabalhos relacionados ao MASC. Inicialmente foram realizadas buscas em bases de periódicos nacionais e internacionais à procura de trabalhos que pudessem ser comparados com o modelo proposto. O objetivo do comparativo foi identificar as contribuições dos trabalhos, bem como as lacunas destes. Com base neste comparativo foi possível conhecer oportunidades a serem exploradas na acessibilidade ubíqua.

A especificação de um modelo para acessibilidade ubíqua exige implantação e instalação de sensores, infraestrutura de ICT, além do envolvimento de voluntários para avaliação do modelo, o que limita a análise comparativa baseada em resultados dos experimentos apresentados pelos respectivos autores e não em avaliações e comparativos individuais nas mesmas condições. Mesmo diante de experimentos específicos apresentados pelos próprios autores, foi possível estabelecer um comparativo apresentado na Tabela 1, com base neste comparativo e nos estudos efetuados, o próximo capítulo propõe o MASC, com sua arquitetura e principais componentes.

4 MODELO MASC

Este capítulo descreve o modelo para cidade inteligente assistiva, denominado MASC (*Model for Assistive Smart Cities*). A seção 4.1 apresenta uma visão geral sobre o modelo e seus principais conceitos. A seção 4.2 apresenta requisitos e casos de uso. Na seção 4.3 é apresentada a arquitetura com os componentes do modelo, ontologia e agentes. A descrição da arquitetura do modelo também aborda o servidor do MASC (MASCserver), assistente pessoal (AsP), Site Web e *Middleware* para sensores (MASCnode). Para exemplificar situações onde o MASC pode colaborar com PcDs, são apresentados cenários na seção 4.4. A seção 4.5 apresenta as considerações sobre o capítulo.

4.1 Visão geral do modelo

Nas cidades inteligentes existe infraestrutura capaz de suportar acessibilidade ubíqua em regiões geograficamente definidas, tais como centros urbanos e regiões metropolitanas, já que nestes locais há acesso à internet e a possibilidade de instalar redes de sensores (KOMNINOS; TSARCHOPOULOS; KAKDERI, 2014). Dentro do conceito de acessibilidade os fatores considerados pelo MASC, incluem a mobilidade urbana, a realização de tarefas do cotidiano e a oferta de informações sobre os recursos relevantes para PcDs. A Figura 24 apresenta uma visão geral deste conceito. São utilizados dados coletados pelo MASCnode, AsP e fontes externas. Na Figura 24 são apresentados os elementos que fazem parte do MASC, tais como usuários, locais, recursos, AsP, MASCnode e MASCserver. Os usuários são apresentados na parte inferior da figura, podendo ser PcDs, idosos, pessoas com mobilidade reduzida, gestante ou obeso.

Quanto a região de abrangência, o MASC se destina a atender regiões metropolitanas. As regiões metropolitanas são adotadas pois nelas é possível o uso de sensores fixos ou móveis para coletar informações necessárias ao modelo. Os sensores constituem um componente do MASC chamado de MASCnode. Mesmo que algumas regiões não sejam atendidas pela rede de sensores fixos, as mesmas podem ser vinculadas ao modelo, porém possuindo menos detalhes sobre o local, ou ainda possuindo informações apenas do momento em que um sensor móvel passou por este local. O MASCnode pode coletar dados de objetos com tags e oferecer informações atualizadas para o agente de recomendações.

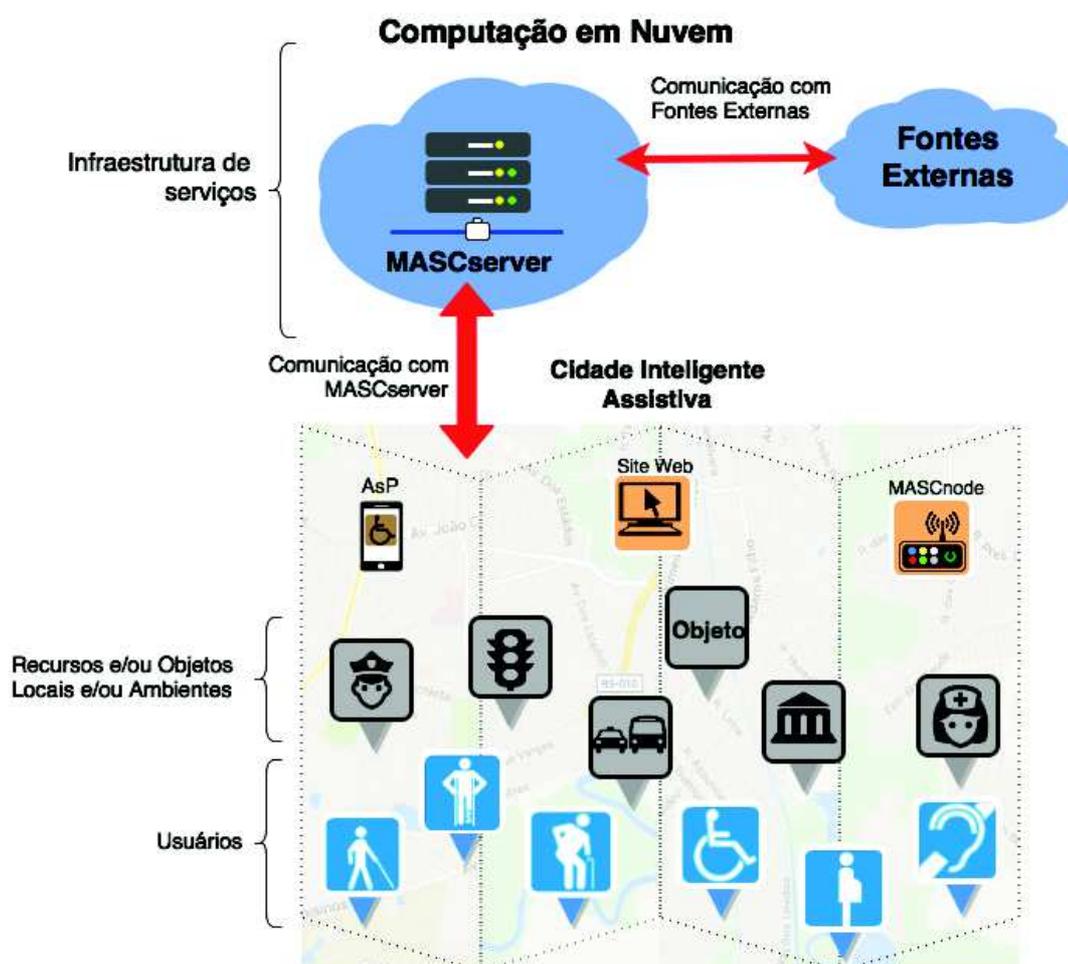
Além de informações sobre os usuários o modelo necessita de informações sobre recursos e locais. Os recursos ou objetos são elementos físicos disponíveis, tais como veículos do transporte público, rampas de acesso, elevadores, ou outro objeto qualquer que possa ser utilizado e representado. Os ambientes podem ser espaços públicos como endereços, vagas de estacionamento, ruas, praças, instituições de saúde, ambientes privados, tais como lojas, mercados, locais de prestação de serviço ou algum ambiente que possa ser acessado pela PcD. Tais elementos são indicados na Figura 24, na parte central (Recursos e/ou Objetos e Locais e/ou Ambientes).

Na parte superior da Figura 24 são representados o assistente pessoal (AsP), o Site Web

Figura 24: Visão geral do MASC.

Legenda da Figura 24

AsP: Assistente Pessoal;
 MASCnode: sensores para coleta de informações;
 MASCserver: servidor com web services;
 Site Web: site para administradores e usuários;
 Dados Externos: dados de outros sistemas.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

e o dispositivo composto por sensores, MASCnode. O AsP pode ser instalado em qualquer dispositivo móvel, este pode se comunicar com objetos, tais como cadeira de rodas, bengala ou calçado. O MASCnode é responsável pela coleta de informações contextuais em tempo real e envio destas ao MASCserver. São propostos dois tipos de MASCnode, um pode ser fixado, em pontos estratégicos da cidade e será responsável pela coleta de informações contextuais sobre o local. O outro tipo de MASCnode é móvel e pode ser instalado em veículos, tais como ônibus, ou outro objeto móvel. A diferença entre os dois tipos de MASCnode é apenas a configuração, formato de dados enviados e fonte de alimentação, isto é, o móvel envia informações relativas a posição atual do mesmo e não utiliza alimentação da rede elétrica, desta forma necessita de

reposição de baterias ao longo do tempo.

Os usuários, objetos e ambientes são tratados como entidades do modelo. Cada tipo de entidade tem propriedades específicas. As informações sobre as entidades podem ser introduzidas no modelo através do Site Web, *smartphone* e pelo MASCnode. Pelo site é voluntariamente, pelo MASCnode é involuntariamente, pelo *smartphone* ocorre tanto voluntariamente, quanto involuntariamente, desde que o usuário permita a coleta de informações durante a instalação do aplicativo no seu dispositivo móvel.

Os dados externos são utilizados pelo MASC, por meio de importação de arquivos JSON (do inglês *JavaScript Object Notation*) e por chamadas *web services* de aplicações já existentes. Também é possível que sistemas externos utilizem informações do MASC, por meio de chamadas *web services*.

4.2 Requisitos do modelo

Para atender as especificações do MASC são definidos os seguintes requisitos:

- Utilizar computação em nuvem e implementar servidores para os componentes do modelo;
- Utilizar uma ontologia para representação das entidades (usuários, objetos, ambientes e trilhas);
- Monitorar as entidades, apresentar informações sobre a situação das mesmas e oferecer recomendações e sugestões em situações diversas;
- Permitir acesso ao modelo por meio de dispositivos móveis (*smartphone e tablet*) e demais computadores convencionais, tais como *notebook e desktop*;
- Permitir a integração de dados externos ao modelo, assim como oferecer dados para sistemas externos, por meio de *web services*;
- Realizar a coleta de informações utilizando sensores via comunicação WLAN (802.11);
- Utilizar IoT para monitoramento de objetos;
- Permitir a inserção de informações no sistema de forma automática e manual;

Os sistemas para mobilidade e monitoramento de entidades utilizam conceitos de permissões para os usuários. Desta forma é importante oferecer níveis de acesso e permissões para cada tipo de usuário. A descentralização de recursos, também é um critério a ser implantado, possibilitando a disponibilidade permanente do sistema aos usuários. Todos os usuários do modelo são apresentados na próxima subseção.

4.2.1 Casos de uso

Atores em um sistema são os diversos tipos de usuários, não limitando-se a pessoas, contempla também outras aplicações, dispositivos e eventos externos (LEE; TEPFENHART, 2000). No MASC além dos usuários, que são pessoas, existem aplicações e dispositivos. As pessoas no MASC, são classificadas em três tipos, usuários finais, administradores e cliente móvel. Usuário final pode ser qualquer PcD que deseja suporte e acessa os serviços por navegadores web. Administradores são os responsáveis pela manutenção do MASCserver, atuam na manutenção da computação em nuvem, na instalação de sensores e no desenvolvimento de software. Também podem ser profissionais da saúde, segurança, transporte ou outro profissional que possa prestar suporte para PcDs. O cliente móvel pode ser uma PcD que deseja suporte e monitoramento, este acessa os serviços com o uso de dispositivos móveis. Estes três tipos de usuários são representados pelo ator “usuário” e suas extensões, nos casos de uso.

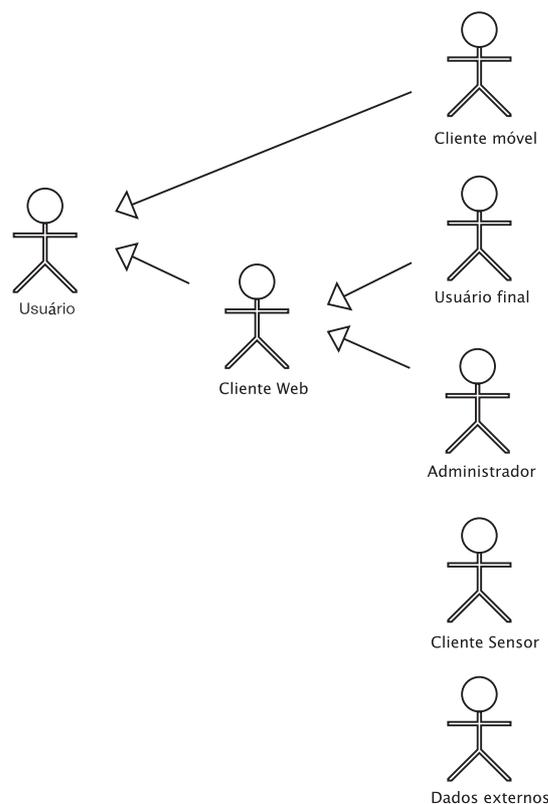
Além dos atores usuários, o MASC engloba mais dois tipos de atores, aplicações e dispositivos. As aplicações são os sistemas externos que o modelo pode interagir para troca de dados. Os dispositivos são os sensores e componentes eletrônicos que compõem o MASCnode.

Os cinco atores do modelo são indicados na Figura 25, são eles: cliente móvel, usuário final, administrador, cliente sensor e dados externos. O termo “dados externos” representa as aplicações externas e é considerado como um ator. O cliente web é subdividido em dois tipos de atores (usuário final e administrador), totalizando cinco atores.

Cada um destes atores interage com o sistema através de componentes específicos e utiliza funcionalidades que são caracterizadas com diagramas de casos de uso. Os casos de uso do cliente móvel, são apresentados na Figura 26, contemplando:

- **Enviar ou receber informações.** Este é o processo realizado quando o cliente móvel efetua o seu cadastro, altera alguma informação no seu perfil ou deseja receber informações sobre algum recurso. O recebimento de informação implica na utilização da funcionalidade de mineração de dados (*data mining*), isto é, para que o cliente móvel receba informações, o componente *Data* do MASCserver realiza operações de mineração de dados. Esta funcionalidade também pode ser executada sem a ação explícita do usuário, ou seja, pode ser realizada pelo componente de controle do cliente móvel, para envio de informações para o agente que é responsável pelas trilhas e monitoramento. Desta forma o envio de informações se trata de uma ação que pode ocorrer de forma pré-definida, para que as informações, tais como localização ou movimento sobre o cliente móvel estejam disponíveis no MASCserver. O principal componente responsável por esta ação é o componente de acesso a dados (*DAO* do inglês *Data Access Object*), presente no AsP.
- **Receber dados contextuais.** Esta funcionalidade é chamada pelo usuário quando este deseja receber informações sobre objetos, locais, trilhas ou pessoas juntamente com dados contextuais. Para completar este caso de uso, é realizada uma requisição para um

Figura 25: Atores do modelo.

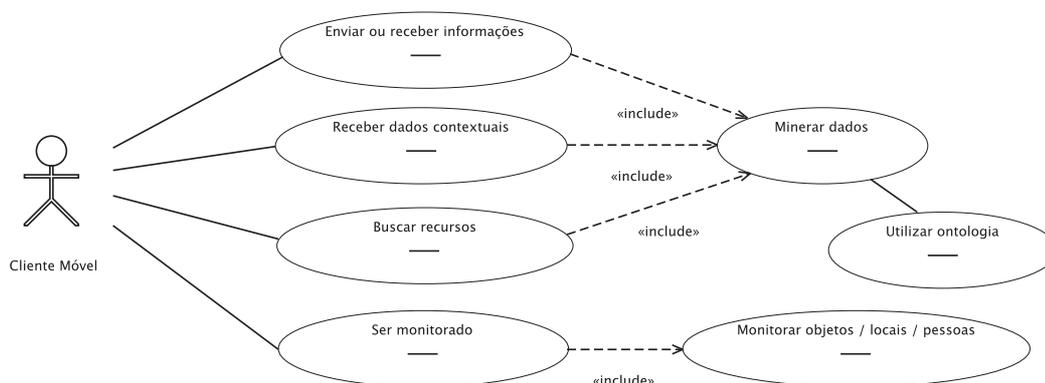


Fonte: Elaborado pelo Autor.

componente interno do MASCserver, o componente *Data*.

- **Buscar recursos.** Esta funcionalidade é responsável pela busca de recursos disponíveis para o usuário, levando em consideração o seu perfil e contexto atual.
- **Ser monitorado.** Trata-se de uma funcionalidade realizada para suporte a PcDs, principalmente com deficiência visual, para que este receba suporte no seu deslocamento.
- **Minerar dados.** Esta funcionalidade é acessada pelas três primeiras ações (Enviar ou receber informações, Receber dados contextuais, Buscar recursos). A mineração de dados utiliza a ontologia de recursos, ambientes, pessoas, deficiências e trilhas.
- **Utilizar ontologia.** Esta funcionalidade é executada para adicionar informações semânticas nas entidades do MASC. O processo de mineração de dados pode recuperar dados do MASCserver e servem para melhorar a identificação e semântica de alguma entidade.
- **Monitorar objetos, locais e pessoas.** Esta funcionalidade é acessada quando o cliente móvel solicitar o monitoramento, ou quando algum profissional desejar acompanhar algum recurso, local ou PcD.

Figura 26: Casos de Uso do Ator Cliente móvel.



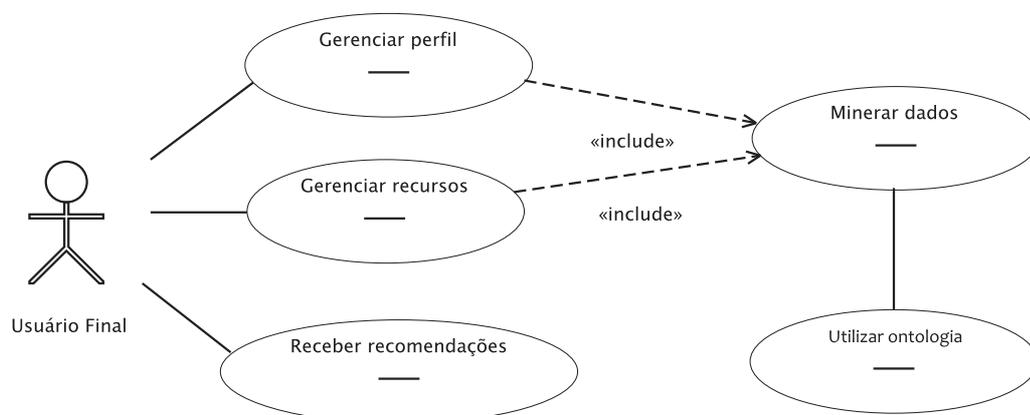
Fonte: Elaborado pelo Autor.

A Figura 27 apresenta os casos de uso do cliente web usuário final, que são comentados a seguir:

- **Gerenciar perfil.** Esta funcionalidade permite que sejam adicionadas informações relativas ao perfil das PcDs. As páginas web oferecem funcionalidades de cadastro, consulta, atualização e exclusão (CRUD do inglês *Create, Read, Update e Delete*).
- **Gerenciar recursos.** Esta funcionalidade oferece as informações sobre os recursos, permitindo adição e consulta sobre sua disponibilidade, ou seja, se está em uso, manutenção ou disponível.
- **Receber recomendações.** Esta funcionalidade atende às PcDs que desejam receber recomendações sem a utilização do aplicativo móvel. É possível registrar a PcD utilizando as páginas web e informar a atividade que deseja realizar, desta forma a PcD recebe as recomendações, mesmo sem o uso de aplicativo móvel.
- **Minerar dados.** A mineração de dados ocorre quando são acessadas as funcionalidades (Gerenciar perfil e Gerenciar recursos). A mineração de dados utiliza recursos da ontologia do MASC, para que as informações sejam interpretadas de forma a identificar semanticamente as entidades envolvidas.
- **Utilizar ontologia.** Os recursos da ontologia permitem que cada tipo de recurso, ambiente, pessoa e local seja identificado, a fim de estabelecer relações de significado a tais entidades.

A Figura 28 apresenta os casos de uso do cliente web administrador. Este contempla os colaboradores do modelo que podem ser profissionais de ICT responsáveis pelo gerenciamento do software na computação em nuvem, médicos, auxiliares de saúde, guardas de trânsito, motoristas, interpretes de línguas de sinais ou mesmo um familiar de uma PcD. Os casos de uso destes atores são comentados a seguir:

Figura 27: Casos de Uso do Ator Cliente Web Usuário Final.



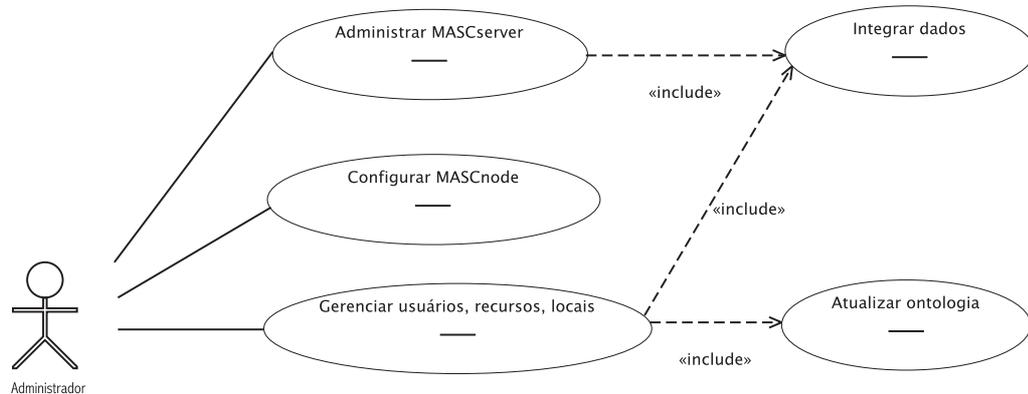
Fonte: Elaborado pelo Autor.

- **Administrar MASCserver.** Esta funcionalidade contempla o gerenciamento dos serviços de computação em nuvem.
- **Configurar MASCnode.** Esta funcionalidade é responsável pela configuração remota dos MASCnode. É possível atualizar o software e ajustar a comunicação do MASCnode com os *web services*.
- **Gerenciar usuários, recursos e locais.** Representa um conjunto de funcionalidades para controlar os usuários do modelo, os recursos da cidade e os locais acessados pelas PcDs.
- **Integrar dados.** Esta funcionalidade é responsável pela inserção de dados de outros sistemas no MASC. Com este caso de uso é possível registrar de forma automática diversos recursos já mapeados por outros sistemas.
- **Atualizar ontologia.** Esta ação é executada quando o administrador insere novas informações na ontologia do modelo.

A Figura 29 apresenta os casos de uso do cliente sensor. Este ator do modelo tem seus dois casos de uso, bem como a inclusão de uma ação, comentados a seguir:

- **Enviar ou receber informações.** Os sensores presentes no MASCnode participam desta ação. As informações obtidas pelos sensores são enviadas para os *web services* do MASC. Quanto ao processo de recebimento de informações, trata-se de uma funcionalidade que fica ativa no MASCnode, para que este entre em operação, fique em modo de espera, ou seja reinicializado.
- **Coletar dados.** Os dados coletados pelo MASCnode são obtidos por esta funcionalidade. Esta ação é realizada pelo cliente sensor conforme sua configuração. No MASCnode móvel, algumas informações podem ser geradas manualmente, outras podem ser obtidas

Figura 28: Casos de Uso do Ator Cliente Web Administrador.

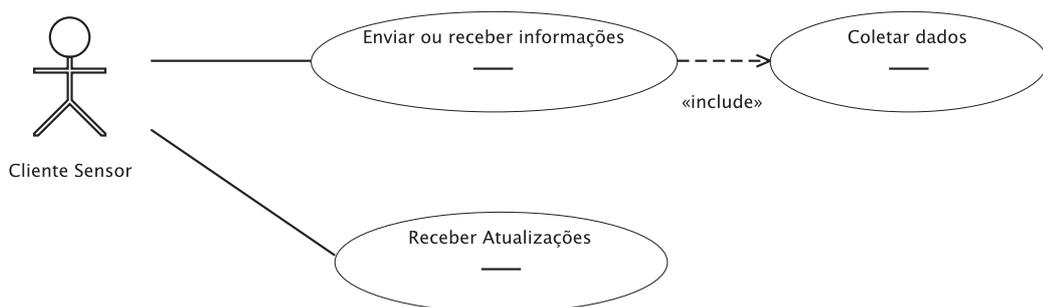


Fonte: Elaborado pelo Autor.

automaticamente, por exemplo, o estado de um recurso pode ser alterado para ocupado ou disponível, de forma manual, já a posição de um MASCnode pode ser obtida automaticamente.

- **Receber atualizações.** São recebidas instruções para atualizar parâmetros de configuração do *middleware* do MASCnode, a fim de modificar o período de trabalho dos sensores ou intervalos de leitura. As atualizações podem alterar o modo de funcionamento, por exemplo deixando o MASCnode em modo de funcionamento permanente, ou para que este funcione apenas durante algum horário específico do dia.

Figura 29: Casos de Uso do Ator Cliente Sensor.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

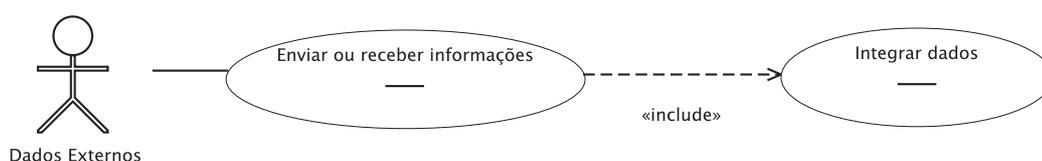
A Figura 30 apresenta o caso de uso do cliente dados externos. Este ator do modelo tem apenas um caso de uso que inclui uma ação, tal caso de uso é comentado a seguir:

- **Enviar ou receber informações.** Esta funcionalidade é responsável por incorporar ao MASC, dados de outros sistemas, tais como endereçamento de recursos, registro de informações relevantes às PcDs e registro de locais acessíveis. Esta funcionalidade é acessada pelo administrador do MASCserver, conforme descrito no caso de uso da Figura 28, pela

ação Administrar MASCserver e sua extensão Integrar dados. O envio de informações do MASC para outros sistemas é possível por meio de *web services*, que são configurados para esta funcionalidade.

- **Integrar dados.** A integração de dados faz parte do recebimento de informações. Antes destas serem disponibilizadas às PcDs do modelo, estas devem passar por um processo de validação manual, por fim passam a integrar os dados oficiais do MASC.

Figura 30: Casos de Uso do Ator Dados Externos.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

4.3 Arquitetura do MASC

A arquitetura do MASC foi projetada utilizando linguagem unificada de modelagem (UML do inglês *Unified Modeling Language*) com algumas definições propostas na padronização para modelagem técnica de arquitetura (TAM do inglês *standard for Technical Architecture Modeling*) da SAP (2007). Na Figura 31 é apresentada a arquitetura geral do modelo, composta por atores (A1, A2, A3 e A4), acessos, blocos (AsP, Site Web, MASCnode e MASCserver) e componentes. Os componentes aparecem na parte interna dos blocos, também são apresentados os canais de comunicação, indicados pelos símbolos C1, C2, C3, C4, e C5.

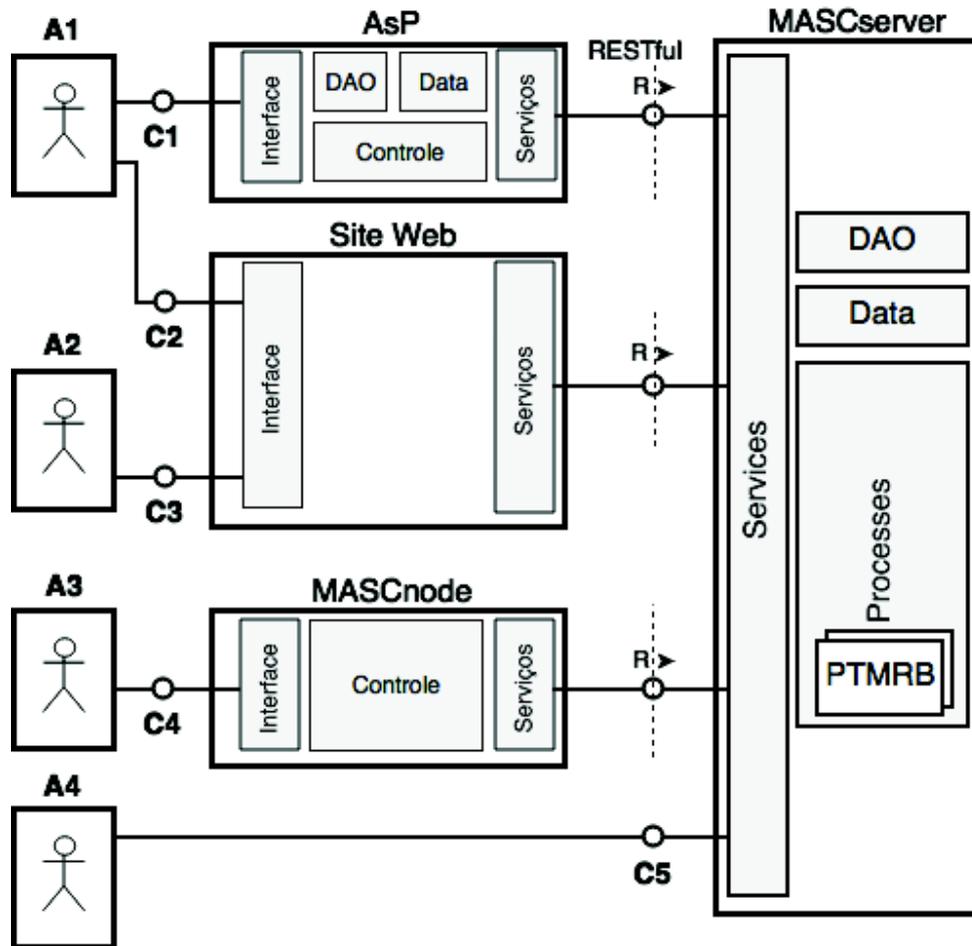
Na Figura 31 são apresentados os atores, juntamente com a comunicação que estes estabelecem com os componentes do MASC. O modelo organiza o fluxo das informações de forma a obter dados gerados pelos atores, tratar tais dados e disponibilizar informações contextuais de acordo com o perfil e contexto. Para isso o modelo contempla quatro blocos: AsP, Site Web, *Middleware* para sensores MASCnode e servidor MASCserver.

O AsP que contempla o assistente pessoal, recebe as ações do cliente móvel (A1) por meio do canal de comunicação C1 e realiza comunicação com o servidor utilizando *web services* (HADLEY; SANDOZ, 2008), com métodos RESTful¹.

O Site Web atende as ações dos cliente móvel (A1), administrador (A2) pelos canais C2 e C3. No Site Web é possível realizar monitoramento, cadastro e manutenção do MASC. O

¹Transferência de Estado Representacional (REST do inglês *Representational State Transfer*) é o estilo de arquitetura que permite o desenvolvimento de sistemas de baixo acoplamento, utilizando o protocolo HTTP. Tradicionalmente, o design de serviços baseados em REST (ou serviços Web RESTful) tem sido descrito em termos de identificadores uniformes de recursos (URIs do inglês *Uniform Resource Identifier*), métodos HTTP suportados por cada recurso, e suas representações.

Figura 31: Arquitetura Geral do Modelo.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

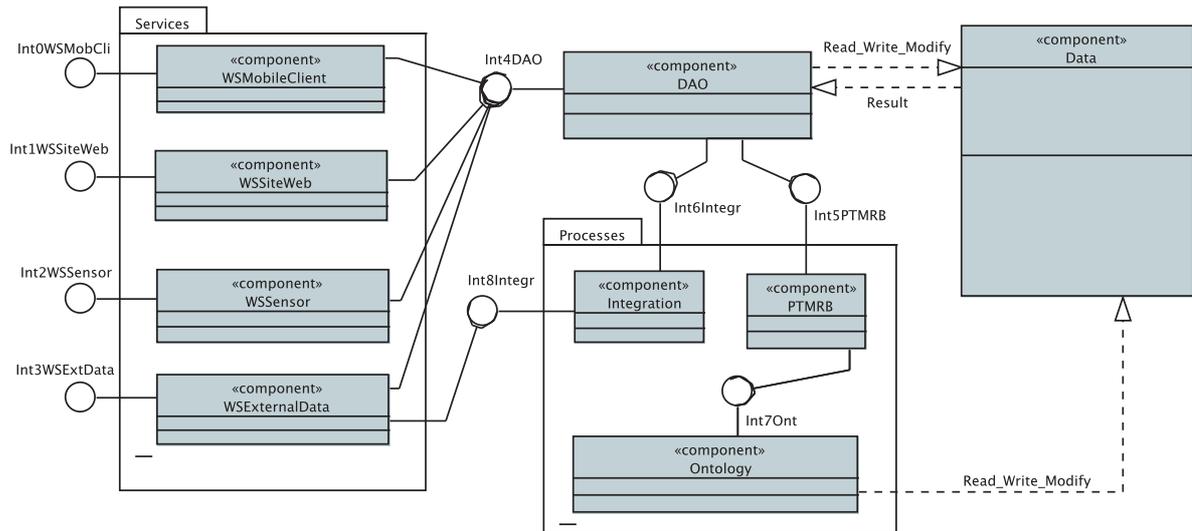
MASCnode constituído de um *Middleware* é responsável por atender os casos de uso do cliente sensor (A3), pelo canal C4, possuindo métodos de comunicação para envio de dados ao servidor e também para recebimento de atualizações e novas configurações. O componente Servidor, intitulado MASCserver, realiza comunicação com os demais componentes por canais internos e com o ator dados externos (A4), pelo canal C5. O Servidor contempla mecanismos para tratamento e mineração de dados. O componente *Processes* contém o SMA PTMRB composto por cinco agentes.

Os componentes do modelo foram desenvolvidos utilizando o ambiente integrado de desenvolvimento (IDE do inglês *Integrated Development Environment*), Eclipse Kepler com *Eclipse Modeling Framework* (EMF) e Papyrus que compõem um conjunto de *plugin* para modelagem de software. Nas próximas subseções, cada um dos quatro blocos são apresentados utilizando este padrão de modelagem.

4.3.1 Servidor MASCserver

O diagrama de componentes do servidor é apresentado na Figura 32. Neste diagrama são apresentados os principais conceitos envolvidos no funcionamento do MASCserver.

Figura 32: Arquitetura do Servidor MASCserver.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

No diagrama de componentes do MASCserver são expandidos os quatro blocos internos apresentados inicialmente na Figura 31, identificados como *Services*, *DAO*, *Data* e *Processes*. Os *web services* presentes no pacote *Services* acessam outros dois componentes do MASCserver, um deles é o componente *DAO*, o outro é o *Integration*.

O componente *DAO* é responsável pelo acesso aos dados do modelo, tais dados estão armazenados em bancos de dados relacionais (RDBMS do inglês *Relational Database Management System*) e bancos de dados baseados em documentos, estruturados ou não (NoSQL do inglês *Not Only SQL (Structured Query Language)*). O componente *Integration* faz parte do pacote *Processes* e suas funcionalidades atendem as chamadas dos *web services* para receber os dados externos e disponibilizar dados para sistemas externos.

O componente *WSMobileClient* atende as requisições feitas pelo aplicativo móvel através da interface *Int0WSMobCli*. Dentre as requisições atendidas, destacam-se as seguintes:

- **Solicitação de acesso ao sistema.** É realizada pelo formulário que solicita usuário e senha, para realizar a validação o mesmo deve ser registrado no servidor. O componente também oferece recurso para redefinição de senha caso o usuário necessite.
- **Envio de dados de perfil do usuário.** A qualquer momento o usuário pode enviar informações relacionadas a seu perfil. Tais informações são necessárias para realizar as inferências e oferecer as recomendações para PcDs.

- **Envio de dados para monitoramento.** Esta requisição é atendida caso se tratar de um usuário que solicitou monitoramento ou se algum profissional de saúde deseja monitorar uma PcD.
- **Consulta sobre recursos próximos ao usuário.** Esta requisição é feita voluntariamente quando o usuário desejar, tal requisição exibe apenas recursos próximos ao usuário.
- **Consulta sobre recursos específicos.** O usuário pode solicitar uma busca por recurso em algum local específico.
- **Consulta sobre contexto de um local.** O usuário pode solicitar informações contextuais de determinado ambiente. As informações exibidas são fornecidas pelo MASCnode, no entanto o servidor é o responsável por atender a requisição.
- **Consulta sobre disponibilidade de recurso.** O usuário ou algum profissional vinculado ao modelo podem solicitar a disponibilidade de algum recurso.
- **Criar ou atualizar contexto.** Esta requisição é realizada automaticamente pelo cliente móvel, desde que o usuário tenha permitido a geração de contexto.

O componente *WSSiteWeb* proporciona acesso as informações do modelo para usuários que não tenham o ASP. Para este componente foi desenvolvido um conjunto de serviços, atendidos pela interface *IntIWSSitWeb*. Os serviços são compostos pelas seguintes requisições:

- **Acesso ao sistema.** Da mesma forma que o usuário deve se identificar ao acessar o servidor pelo cliente móvel, deve se identificar quando acessar via Site Web.
- **Envio de dados de perfil do usuário.** No site também é possível enviar requisições de atualização de dados do perfil do usuário.
- **Consulta sobre recursos específicos.** No site também é possível consultar recursos.
- **Consulta sobre contexto de um local.** Com a rede de sensores instalada é possível acessar pelo Site Web a situação de cada ambiente que tenha o MASCnode instalado e configurado para operação permanente.
- **Consulta sobre disponibilidade de recurso.** Os recursos que têm a possibilidade de estar ocupado ou disponível, são monitorados e podem ser consultados pelo Site Web.
- **Consulta de trilha de usuário.** Para que um profissional de saúde possa monitorar uma PcD, ou mesmo diversas PcD, o site oferece informações sobre as trilhas realizadas por estes.
- **Validação de dados originados em sistemas externos.** Os dados enviados ao modelo, por sistemas externos, são validados pelos usuários administradores, a fim de garantir a confiabilidade dos recursos cadastrados.

- **Manutenção no MASCnode.** Esta requisição é realizada pelo usuário administrador do sistema, basta informar os parâmetros de operação, a partir desta ação o servidor disponibiliza tais parâmetros para que sejam enviados ao MASCnode, pelo *WSSensor*.

O componente *WSSensor* atende as requisições, realizadas pelo MASCnode. As requisições consistem em receber os dados coletados pelo MASCnode e disponibilizar os parâmetros de configuração para operação do mesmo. De acordo com o modelo do MASCnode são definidas as configurações de operação. As requisições atendidas pelo componente *WSSensor*, na interface *Int2WSSensor* são:

- **Receber dados coletados.** Para atender esta requisição o componente *WSSensor*, recebe os dados do MASCnode e entrega as mesmas para o componente *DAO*.
- **Informar parâmetros de operação.** Esta requisição entrega para o MASCnode a configuração de operação que este deve executar.

Por fim, o último componente do pacote *Services* o *WSExternalData* atende as seguintes requisições pela interface *Int3WSExtData*:

- **Consulta de recursos em um local.** Para atender esta requisição, basta enviar uma coordenada geográfica (composta por latitude e longitude) e uma distância, que o componente entrega um arquivo no formato JSON com as informações sobre os recursos presentes no local definido pela coordenada e mediações de acordo com a distância informada.
- **Consulta de recursos ao longo de duas coordenadas.** As duas coordenadas representam pontos de início e fim de uma trilha. Basta enviar duas coordenadas geográficas e uma distância, que o componente entrega um arquivo no formato JSON com os recursos presentes no caminho e ao longo deste compreendendo a distância informada.
- **Consulta de situação de uma PcD.** Verifica se existe a PcD solicitada, verifica se esta permite monitoramento e envia dados da PcD.
- **Consulta de recursos específicos.** Verifica se o recurso solicitado existe no sistema e informa os locais que tenha tal recurso. A consulta pode encontrar recursos similares ao recurso solicitado. Na requisição desta consulta deve ser informada uma coordenada geográfica e tipo de recurso.
- **Consulta de suporte promovido por profissionais ou pessoas envolvidas com suporte a PcDs.** Esta requisição é feita enviando ao componente uma especialidade, por exemplo, guardas de trânsito, enfermeiros, etc. Como os profissionais são cadastrados no Site Web, serão mantidas as informações sobre as atividades que estes exercem, permitindo informar as PcDs onde encontram-se tais profissionais.

No diagrama da Figura 32 também é apresentado o pacote *Processes*, que engloba os componentes de integração, ontologia e o SMA PTMRB, o qual realiza controle do perfil, trilha, monitoramento, recomendações e buscas. Desta forma o SMA é composto por cinco agentes que juntamente do componente *Ontology* tem por objetivo a representação semântica dos objetos do mundo real. O SMA realiza as recomendações de recursos, monitoramento das entidades, gerenciamento do perfil, trilha e realização de buscas.

O componente de integração é responsável por receber dados de outros sistemas verificar as possíveis redundâncias, filtrar e enviar para o processo de validação, isto é, o processo que irá verificar se os dados são validos e podem ser gravados no sistema. O processo de validação é feito de forma manual pelos administradores. O componente de integração também é responsável pelo controle dos dados que são disponibilizados para sistemas externos, por meio das chamadas ao componente *WSEExternalData*, que por sua vez solicita o processamento ao componente de integração.

Todo o processamento realizado pelo componente PTMRB visa atender as requisições das chamadas dos *web services*. Alguns processos realizados pelo PTMRB utiliza o componente *Ontology* que contempla as ontologias para deficiências, pessoas, recursos, ambientes e trilhas. A ontologia do MASC é apresentada na próxima subseção.

O componente *DAO* é responsável por controlar as operações realizadas pelo componente *DATA*. O componente *DATA* é responsável pelas bases de dados do MASC. Os dados utilizados obedecem a formatação do Datapoa (DATAPOA, 2014), desde os dados de arquivos estáticos até as chamadas *web services*, pois o formato destes dados obedece a padronização definida pela rede abrangente de conhecimento (CKAN do inglês *Comprehensive Knowledge Archive Network*). O CKAN possui um conjunto de interfaces para programação (API do inglês *Application Programming Interface*) para organização de informações mantida pela *Open Knowledge Foundation* (ST JOHN'S INNOVATION CENTRE, 2015).

A interface *Int4DAO* manipula as bases de dados, recebe informações processadas por dois componentes do bloco *Processes* e atende exclusivamente requisições internas feitas por métodos do próprio MASCserver. Se restringe a execução de chamadas locais assim como as interfaces seguintes. A interface *Int5PTMRB* e *Int6Integr* processam as chamadas realizadas pelo componente *DAO*. A interface *Int7Ont* processa as chamadas do componente PTMRB, por fim a interface *Int8Integr* processa as chamadas do *WSEExternalData*. Cada interface contempla um conjunto de chamadas que recebem parâmetros e retornam dados.

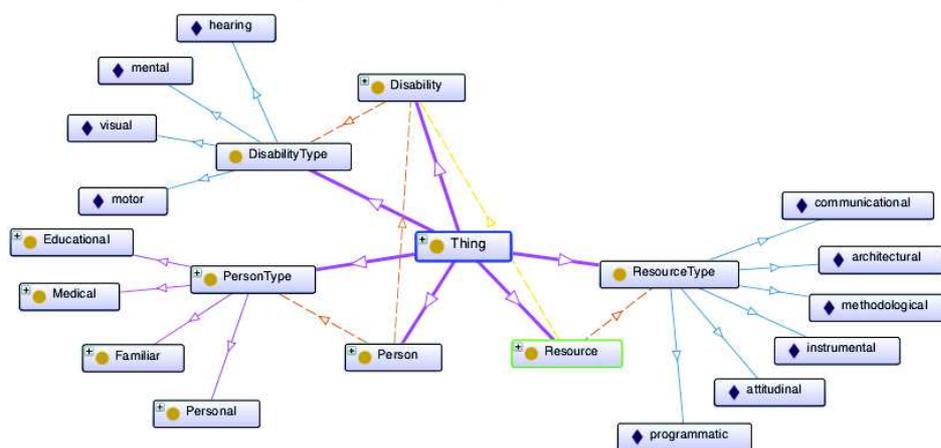
4.3.2 Ontologia proposta para o modelo

O componente *Ontology* visa gerenciar o perfil dos diversos tipos de pessoas, monitorar e gerenciar as trilhas das entidades e realizar as recomendações. A ontologia gerencia o domínio das pessoas indicadas na subseção 4.2.1 (onde foram apresentados os casos de uso e os ato-

res), recursos para PcDs, deficiências, ambientes e trilhas. Foi desenvolvida uma ontologia ² estendida do modelo Hefestos na ferramenta Protégé (KNUBLAUCH et al., 2004).

No modelo Hefestos, foi proposta a ontologia apresentada na Figura 33. A ontologia foi desenvolvida por TAVARES et al. (2015) e tem por objetivo padronização dos elementos relacionados a acessibilidade, tais como tipos de deficiências, pessoas e recursos para acessibilidade. Para isso se baseia em três órgãos reconhecidos internacionalmente, Classificação Internacional de Doenças (ICD-10 do inglês *International Classification of Diseases*) (WHO-ICD-10, 2016), Classificação Internacional de Capacidades Funcionais (ICF do inglês *International Classification of Functioning Capacity and Health*) (WHO-ICF, 2016) e ISO 9999:2011 (ISO do inglês *International Organization for Standardization*) (ISO, 2016).

Figura 33: Ontologia do Hefestos.



Fonte: TAVARES et al. (2015).

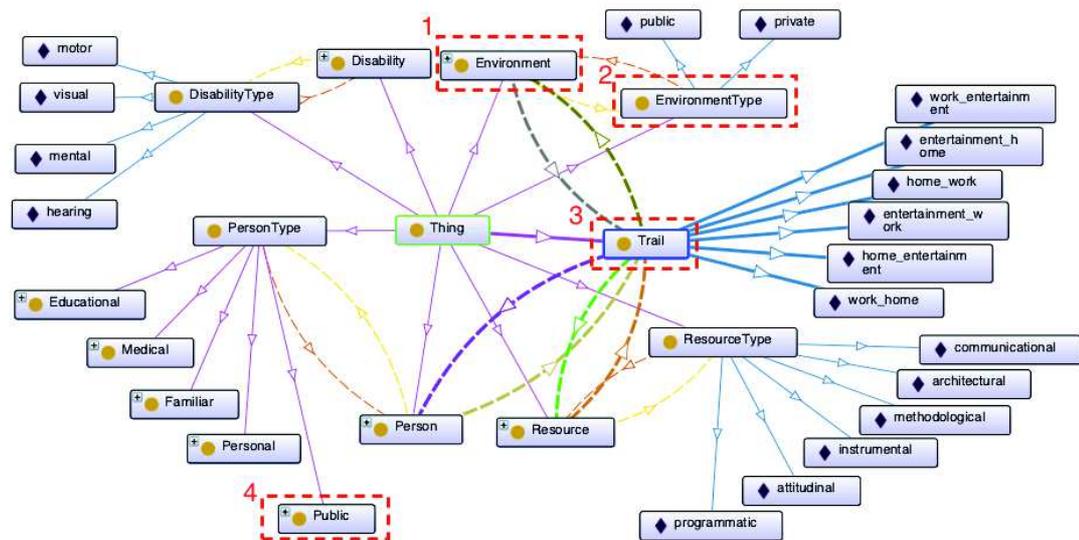
Na Figura 34 segue a extensão proposta. Foram adicionados termos do domínio de ambientes e trilhas para contemplar as funcionalidades relacionadas aos diversos ambientes cobertos pelo MASC. Na extensão são destacadas as modificações. Foram adicionados atributos em classes já existentes, adicionadas as classes *Environment*(1), *EnvironmentType*(2), *Trail*(3) além da subclasse *Public*(4) para *PersonType*.

Na Figura 35 é apresentada a ontologia completa do modelo Hefestos (TAVARES et al., 2015), para estabelecer um comparativo mais detalhado. Na Figura 36, são apresentadas todas as alterações propostas na ontologia original resultando em uma nova ontologia que cobre termos do domínio ambientes com a classes *Environment*, *EnvironmentType* e *Trail*.

Para classe *Resource* são propostos novos atributos visando contemplar os diversos recursos das cidades inteligentes assistivas. Os recursos são destacados no retângulo de número 1, da Figura 36. A classe *Disability* recebeu um novo atributo para contemplar a deficiência de membros superiores e inferiores (*tetraplegic*), indicado pelo retângulo de número 2. A subclasse *Public* de *PersonType* foi adicionada para contemplar os tipos de pessoas presentes na

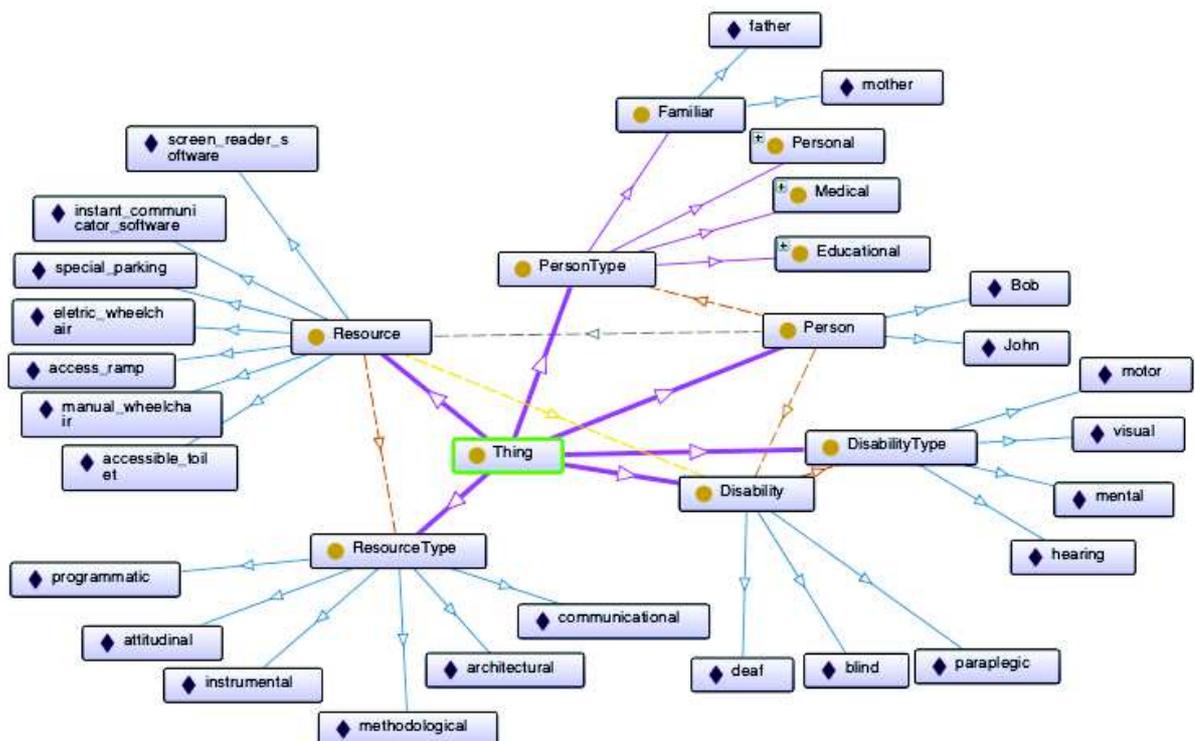
²Disponível em: <http://webprotege.stanford.edu/#Edit:projectId=5bafb5e9-bdbe-44d9-808d-fab281a332ba>

Figura 34: Extensão da Ontologia do Hefestos.



Fonte: Adaptado de TAVARES et al. (2015).

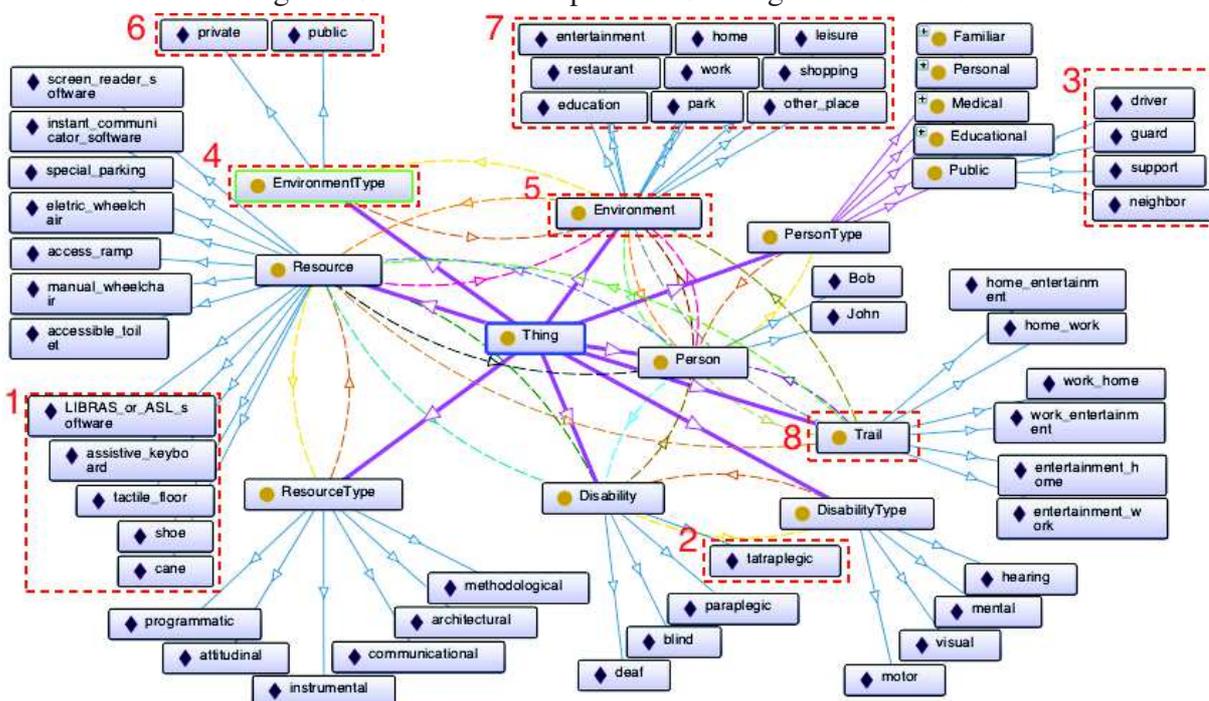
Figura 35: Ontologia completa do Hefestos.



Fonte: TAVARES et al. (2015).

cidade, tais como: motoristas, guardas, vizinhos ou pessoas que prestam suporte. Os atributos desta subclasse são indicados pelo retângulo de número 3. Outra modificação foi a classe *Trail* indicada pelo número 8 para representação das trilhas e suas respectivas relações com PcDs, recursos e ambientes. A padronização para representação dos ambientes e trilhas segue definições

Figura 36: Extensão completa da Ontologia do Hefestos.



Fonte: Adaptado de TAVARES et al. (2015).

de AASHTO (STATE HIGHWAY; OFFICIALS, 1984).

As duas classes responsáveis pela representação dos ambientes, são indicadas pelos retângulos vermelhos 4 e 5. A classe *EnvironmentType*, indicada pelo retângulo 4 é utilizada para representar se o ambiente é público ou privado. Já a classe *Environment* indicada pelo retângulo 5, organiza os locais classificando-os em: entretenimento, residência, lazer, restaurante, trabalho, compras, educação, parque ou outro indicados pelo retângulo 7. A classe já existente, *Person*, recebeu duas relações (“está em” e “quer ir para”) com a nova classe *Environment*. A classe, também já existente *Resource* recebeu a relação “está no” com a classe *Environment*, para indicar o local do recurso.

Com a ontologia definida é possível realizar consultas em SQWRL (*Semantic Query-Enhanced Web Rule Language*) (O’CONNOR; DAS, 2009) ou SPARQL (*SPARQL Protocol and RDF Query Language*) (W3C, 2008). Tomando como base a ontologia e a fonte de dados no padrão RDF é possível descrever a seguinte consulta.

```

1 //listarRecursos
2 PREFIX rdfs: <http://webprotege.stanford.edu/#>
3 PREFIX disType: <http://webprotege.stanford.edu/#>
4 PREFIX resType: <http://webprotege.stanford.edu/#>
5 SELECT ?nome
6     ?((ACOS(
7         SIN( p2 * PI( ) /180 ) * SIN( ?latitude * PI( ) /180 ) + COS( p2 * PI( ) /180 ) *
8         COS( ?latitude * PI( ) /180 ) * COS((p3 - longitude) * PI( ) /180 )
9     ) * 180 / PI( )
10    ) * 60 * 1.1515
11    ) * 1000 AS distancia

```

```

12     ?latitude
13     ?longitude
14     ?descricao
15     ?icone
16 WHERE {
17     ?resouce rdf:type rdfs:Resource
18     ?resouce rdfs:name ?name .
19     ?resouce rdfs:distancia ?distancia .
20     ?resouce rdfs:latitude ?latitude .
21     ?resouce rdfs:longitude ?longitude .
22     ?resouce rdfs:id_tipodef ?id_tipodef .
23     ?resouce rdfs:id_tiporecurso ?id_tiporecurso .
24     ?tipoDef rdf:type disType:DisabilityType
25     ?tipoDef disType:id ?id_dt .
26     ?tipoDef disType:descricao ?descricao_dt .
27     ?tipoRec rdf:type resType:ResourceType
28     ?tipoRec recType:id ?id_rt .
29     ?tipoRec recType:icone ?icone .
30     FILTER (
31         ?descricao = p1
32     )
33 }
34 HAVING (distancia <= 2000)
35 ORDER BY distancia ASC

```

No exemplo foram utilizados parâmetros (p1, p2 e p3) para fins didáticos. Os valores para p1, p2 e p3 devem ser passados pelo usuário. O parâmetro p1 (linha 31) é utilizado para filtrar os recursos pela descrição, podendo ser Visual, Membros Superiores, Membros Inferiores, Membros Inferiores e Superiores ou Auditiva. Os valores para p2 e p3 (linhas 7 e 8) representam a posição atual da PcD, sendo latitude e longitude respectivamente. Nesta consulta são exibidos os recursos para um tipo de deficiência que estiverem num raio de 2 km de distância da posição atual da PcD (linha 34). As funções utilizadas para cálculo da distância indicadas nas linhas 6, 7 e 8 são disponibilizadas pela especificação W3C (W3C, 2014) de funções e operações matemáticas. Os recursos são listados por ordem de proximidade da posição indicada por p2 e p3, sendo que os primeiros são os mais próximos, conforme implementado na linha 35.

Com a definição da ontologia relações e relações inversas é possível implementar agentes de software, além disso o uso de SMA com ontologias é um paradigma adotado no desenvolvimento de sistemas inteligentes (WEISS, 1999). Na próxima subseção os agentes são apresentados.

4.3.3 Sistema Multiagente do MASC

O componente PTMRB do MASC contém o SMA responsável pelas ações descritas na seção 4.3.1. O SMA do MASC também foi desenvolvido na IDE Eclipse com *plugin* Prometheus Design Tool (PDT) (SUN; THANGARAJAH; PADGHAM, 2010). Os símbolos da notação Prometheus empregados no *plugin* PDT são apresentados na Figura 37 com a respectiva tradução. A notação proposta por UEZ (2013) contempla símbolos para artefato, papel abstrato, missão e grupo, já a notação de PADGHAM et al. (2009) adota atividade, serviço, evento e

requisitos não funcionais, no entanto na modelagem do MASC não foram utilizados. A modelagem do SMA é apresentada na Figura 38.

Figura 37: Símbolos da notação Prometheus empregada no *plugin*.

Notação	Tradução
 NOTE	Anotação
 Actor	Ator
 Agent	Agente
 Action	Ação
 Role	Papel
 Protocol	Protocolo
 Data	Crença / Informação
 Message	Mensagem
 Percept	Percepção
 Scenario	Cenário
 Goal	Objetivo
 Capability	Capacidade
 Plan	Plano

Fonte: Adaptado de SUN; THANGARAJAH; PADGHAM (2010).

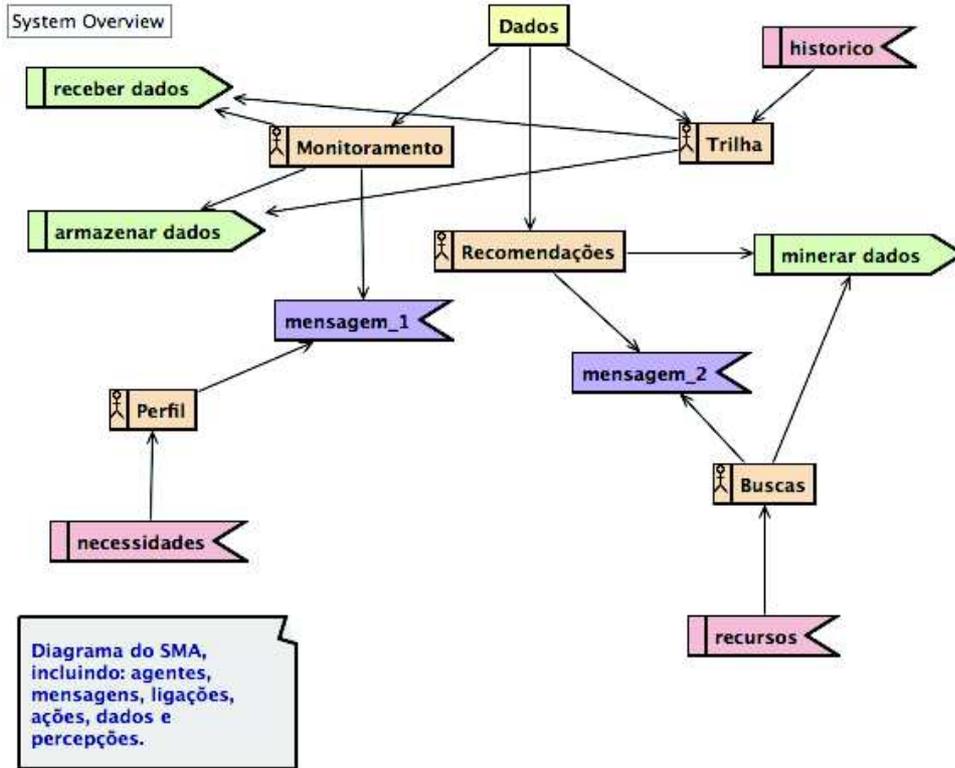
A metodologia Prometheus (PADGHAM; WINIKOFF, 2003) contempla desde a fase de especificação do sistema passando pela arquitetura até o detalhamento do projeto. Com esta metodologia são gerados diagramas e os agentes são detalhados, permitindo formalizar e entender o sistema modelado antes de sua codificação, além de facilitar a própria codificação.

O SMA proposto utiliza cinco agentes. O agente representado pela letra “P” é o agente Perfil, que realiza as operações para gerenciamento do perfil dos usuários do modelo, identificando as necessidades de cada um e os recursos que podem lhe oferecer suporte. O agente representado pela letra “T” é o agente Trilha, o qual mantém ativa a função de perceber as ações dos usuários e gerar as trilhas destes. O agente representado pela letra “M”, é o Monitoramento, que por sua vez, realiza as ações para recebimento e armazenamento de dados e também troca mensagens com o agente Perfil. O agente de Recomendações, simbolizado pela letra “R”, realiza mineração de dados contextualizados e troca mensagens com o agente Buscas representado pela letra “B”, o qual realiza tarefas para buscas de recursos.

O agente Perfil é responsável por gerenciar as preferências dos usuários, enviando as informações coletadas para o agente de monitoramento. As ações, percepções e planos realizados pelo agente Perfil, são apresentados na Figura 39.

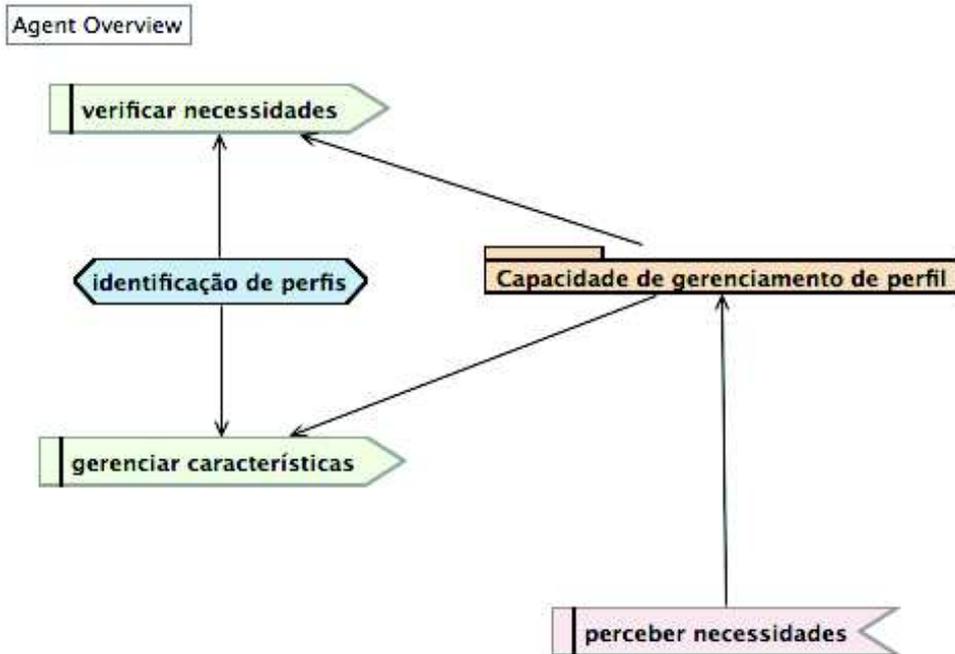
O agente Perfil tem por objetivo tratar das particularidades de cada usuário, fazendo uso de informações tais como suas características pessoais, tipo de deficiência, suas preferências e seu contexto atual. Para isso este agente realiza as ações de verificar necessidades e gerenciar características, a fim de ser capaz de gerenciar o perfil das PcDs.

Figura 38: Sistema Multiagente do MASC.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 39: Agente para Perfil.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

O agente Trilha tem a capacidade de gerenciar o histórico dos usuários, armazenando suas atividades e fazendo uso destas para inferências nas recomendações. As ações e o plano realizado pelo agente Trilha são apresentados na Figura 40.

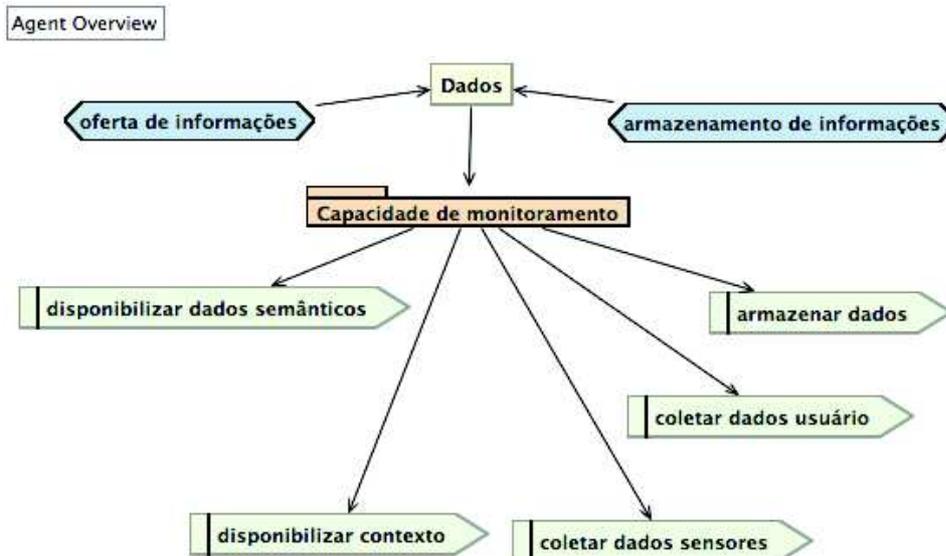
Figura 40: Agente para Trilha.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

O agente Monitoramento recebe e armazena as informações para oferecer suporte durante as atividades da PcD. Para isso o agente realiza as ações apresentadas na Figura 41.

Figura 41: Agente para Monitoramento.



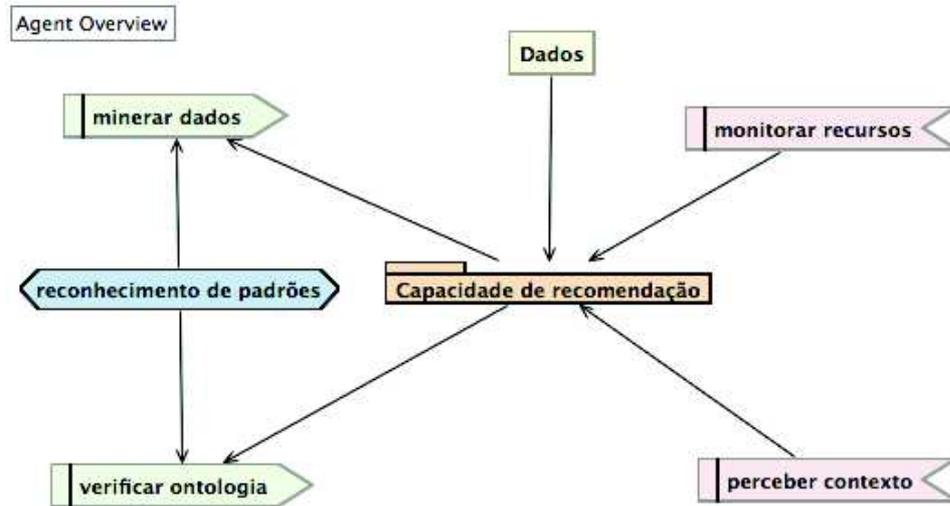
Fonte: Elaborado pelo Autor.

O agente Monitoramento troca mensagens com o agente Perfil e compartilha as ações de armazenar e receber dados com o agente Trilha.

O agente Recomendações tem sua capacidade e plano, juntamente com suas ações e percepções apresentados na Figura 42. Para efetuar as recomendações são necessários dados sobre

recursos e contexto, com isso o agente realiza consultas e oferece suporte para PcD.

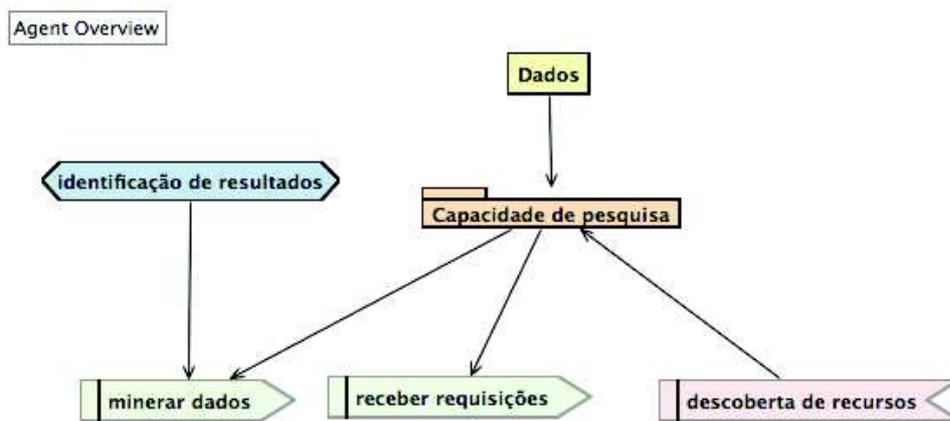
Figura 42: Agente para Recomendações.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

O agente Buscas tem sua capacidade, plano e percepção, juntamente com suas duas ações, apresentados na Figura 43.

Figura 43: Agente para Buscas.



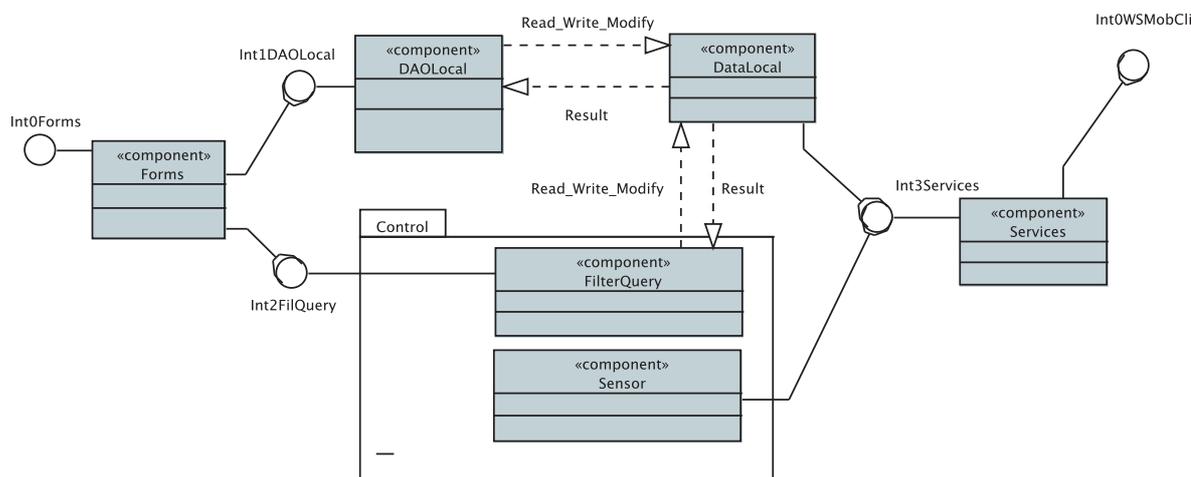
Fonte: Elaborado pelo Autor.

4.3.4 Aplicativo Móvel e Assistente Pessoal

O diagrama de componentes do aplicativo móvel é apresentado na Figura 44. Neste diagrama são exibidos os mecanismos propostos para seu funcionamento. A interação com a PcD é realizada por meio de formulários (*Activity*) que acessam duas *interfaces*. Uma *interface* é realizada pelo componente *DAOLocal* a outra pelo *FilterQuery*, este último fica no pacote *Control*. O *DAOLocal* é responsável por realizar o armazenamento dos dados temporariamente e

posterior envio para o servidor MASCserver, utilizando o componente *Services*. O pacote *Control* também contempla o componente *Sensor*, que utiliza os sensores presentes no *smartphone* para posterior envio de informações contextuais para o MASCserver.

Figura 44: Arquitetura do Aplicativo Móvel e Assistente Pessoal AsP.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

A PcD acessa o aplicativo móvel pela interface *Int0Forms*. O fluxo de informações entre as telas do aplicativo e o modelo seguem de forma a não exigir do usuário interação permanente, ou seja, o aplicativo tem por finalidade deixar o usuário livre para realizar suas atividades. Para isso o pacote *Control* oferece um conjunto de ações que são realizadas automaticamente.

No aplicativo é possível realizar atividades relacionadas a recursos e trilhas. O AsP permite a coleta de informações das PcDs para realizar monitoramento, além disso oferece mapas com a localização dos recursos e permite busca por trilhas acessíveis. Para gerenciamento das trilhas o AsP coleta as informações apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3: Propriedades das trilhas

Propriedade	Formato	Descrição
1. identificador	inteiro	armazena chave primária
2. evento	<i>TimeStamp</i>	armazena data e hora corrente
3. latitude	Decimal	latitude no formato decimal 17 dígitos no total, 15 depois da vírgula
4. longitude	Decimal	longitude no formato decimal 18 dígitos no total, 15 depois da vírgula
5. tag	inteiro	identificador da tag registrada
6. recurso	inteiro	identificador do recurso utilizado
7. email	<i>String</i>	identificador da PcD que fez a trilha

Fonte: Elaborado pelo Autor.

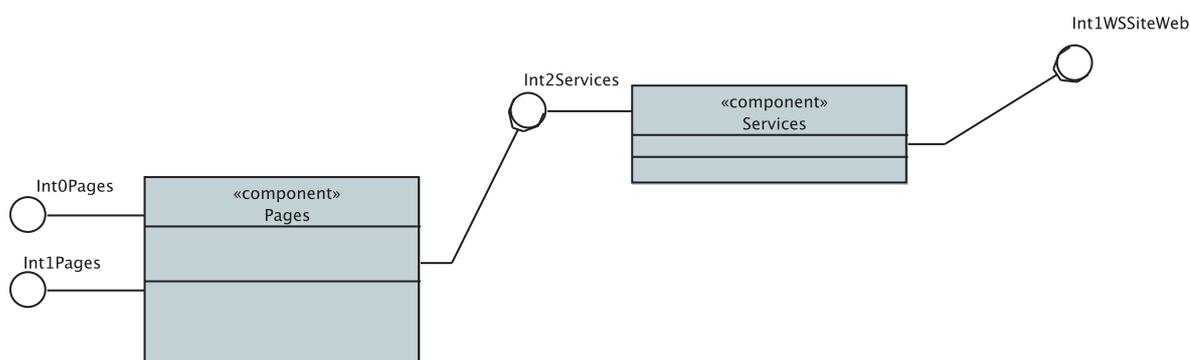
Com base nas informações apresentadas na Tabela 3 é possível identificar o momento em que cada trilha ocorreu e os locais que a mesma contempla. Além disso cada trilha é relacionada a uma PcD, pelo e-mail ou pela tag. Também é armazenado o recurso que foi utilizado para

percorrer a trilha. As informações são enviadas para o servidor, assim que o dispositivo móvel tiver conectividade com a internet. O AsP armazena a posição da PcD a cada 20 segundos, desta forma a trilha será composta com pontos localizados ao longo do caminho percorrido pela PcD com o referido intervalo. Para casos onde a PcD não utilize o AsP, a trilha será armazenada apenas em locais que tenha MASCnode, assim este é o responsável por enviar tais informações ao servidor.

4.3.5 Site Web

O diagrama de componentes do Site Web é apresentado na Figura 45. É possível acessar as páginas e utilizar as funcionalidades de inserção de dados, consultas e monitoramento do MASCserver.

Figura 45: Arquitetura do Site Web.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

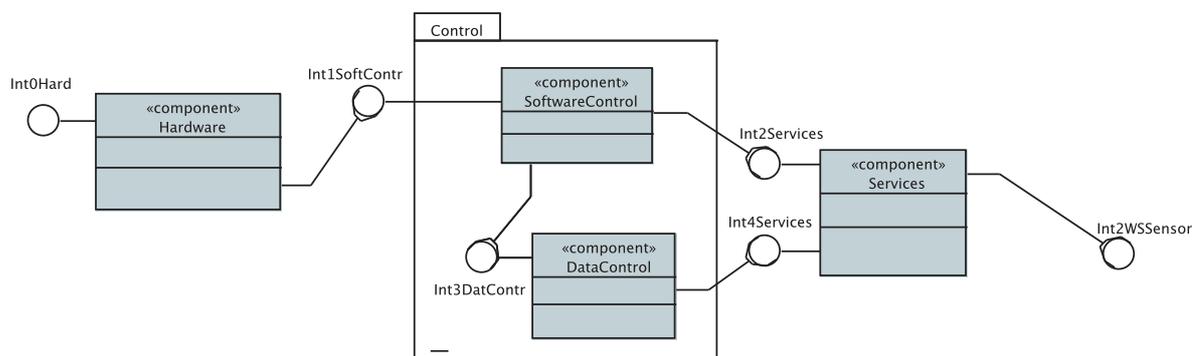
O Site Web concentra todas as atividades de gerenciamento dos componentes da computação em nuvem, incluindo todos cadastros e entidades envolvidas. O site contempla duas interfaces, indicando que pode ser acessado via *smartphone*, pela *Interface Int0Pages* e por computadores convencionais, pela interface *Int1Pages*. Dentre as funcionalidades do Site Web destacam-se: gerenciar e monitorar recurso, obter dados de contexto e trilha, gerenciar sensores e PcDs. Também é possível receber recomendações e atualizar a ontologia.

4.3.6 Middleware para sensores MASCnode

O diagrama de componentes do *middleware* para sensor, utilizado no MASCnode é apresentado na Figura 46.

O diagrama de componentes indica que o fluxo de dados inicia na *interface Int0Hard* que é oferecida pelo hardware dos sensores presentes no MASCnode e chega até a *interface Int2WSSensor*. Os diversos sensores são gerenciados pelo pacote *Control*. Neste pacote existem dois componentes, o *SoftwareControl* e o *DataControl*. O *SoftwareControl* gerencia os sensores

Figura 46: Arquitetura do *middleware* para MASCnode.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

e controla a versão do *middleware* instalado no MASCnode, já o componente *DataControl* é responsável pelo controle dos dados coletados pelos sensores. O componente *Services* oferece duas *interfaces* uma para o *DataControl*, outra para o *SoftwareControl* e realiza a comunicação do MASCnode com o servidor, acessando a *interface Int2WSSensor* oferecida pelo componente *WSSensor* (*Web Service Sensor*) do MASCserver.

Dentre as atividades do cliente Sensor destacam-se: coletar dados do ambiente, conectar servidor MASC, enviar dados para servidor MASC, verificar parâmetros de operação, desconectar servidor MASC. Coletar dados do ambiente implica na identificação de PcDs com tag que visitaram o local.

4.4 Cenários para Aplicação do MASC

O modelo MASC é destinado ao suporte para PcDs em suas atividades diárias. A seguir são descritos cenários ilustrativos onde o mesmo pode ser aplicado.

O primeiro cenário ocorre com a PcD identificada como PcD1. A PcD1 possui limitações nos membros inferiores e utiliza sua cadeira de rodas para se deslocar de sua casa até sua escola. A PcD1, já cadastrada no modelo, utiliza um *smartphone* com o AsP instalado e em execução. Durante o percurso o AsP apresenta os recursos presentes no caminho, assim como armazena os locais que a PcD1 se desloca, gerando uma trilha da PcD1. Durante o percurso a PcD1 utiliza calçadas específicas.

O segundo cenário ilustrativo ocorre quando uma PcD surda, identificada como PcD2, chega em um *shopping* para uma refeição. A PcD2 também utiliza *smartphone* com o AsP instalado. Ao se deslocar este visita estabelecimentos na busca por um local com tenha atendente que entenda LIBRAS. Os locais são registrados pelo AsP, como o tempo que a PcD2 permanece nos locais não é um tempo longo a trilha continua até que este permaneça pelo menos 10 minutos em um mesmo estabelecimento. Ao encontrar um restaurante com atendente apto a interpretar LIBRAS a PcD2 inicia sua refeição. Esta situação acontece mais vezes e todas são registradas

no modelo, resultando em um forte indício que o local visitado tem recursos de intérprete para surdos.

O terceiro cenário ocorre quando uma PcD com limitações visuais, identificada como PcD3 se desloca de sua casa até seu local de trabalho. Esta PcD já foi guiada por um familiar e consegue sair de sua casa e chegar ao local de trabalho com certa facilidade. Uma parte do trajeto é dotada de piso tátil. Durante o deslocamento são armazenados os pontos nos quais a PcD3 se deslocou. Ao chegar em um local com sinal WiFi o AsP estabelece conexão com o MASCserver e registra os pontos.

Os três primeiros cenários são responsáveis pela geração de trilhas que podem ser oferecidas para outras PcDs nas mesmas condições. Uma PcD com limitações nos membros inferiores pode ser auxiliada pela trilha gerada pela PcD1. Os locais pelos quais a PcD1 se deslocou, tais como lado da rua utilizado para deslocamento e os pontos que atravessou a cada rua, constituem informações que podem facilitar a rotina de PcDs com características semelhantes. A trilha gerada pela PcD2 fornece informações relevantes e mesmo que o recurso sobre intérprete de LIBRAS não seja informado no modelo, o tempo de permanência no local e a reincidência no mesmo local, indica a possibilidade de haver um recurso útil. No terceiro cenário parte do trajeto percorrido pela PcD3 é equipado com piso tátil, neste a PcD se desloca em uma velocidade ligeiramente maior, fazendo com que os pontos da trilha fiquem mais espaçados. Com a identificação desta alteração na velocidade de deslocamento o modelo pode ajudar outros cegos, indicando o recurso no mapa, por meio de sintetizadores de voz.

É importante considerar o uso de recursos novos visando a otimização de trilhas existentes. Quando novos recursos são instalados, as trilhas já existentes não os contemplam, sendo assim são geradas trilhas que não consideram tais locais, pois não foram acessados por PcD. Neste sentido a técnica a ser adotada é importante para manutenção do sistema. Tal técnica deve ser realizada por algoritmos de atualização de trilhas. Um exemplo deste algoritmo é quando as informações sobre o recurso são inseridas, fazendo com que sejam identificadas as possíveis trilhas que podem ser alteradas, de acordo com o perfil das PcDs que a realizaram. Após identificar as trilhas que podem ser alteradas e ou beneficiadas pelo novo recurso, devem ser informadas para as PcDs a trilha original assim como os recursos novos.

A implantação em uma situação real, como exemplo em uma cidade é algo a ser estudado, principalmente considerando custos de sensores e serviços em nuvem. Uma primeira implantação real do modelo é indicada para um cenário definido, assim como uma grande empresa ou mesmo na Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS. Neste local os recursos podem ser mapeados facilmente, além disso o uso de sensores pode ser substituído por *smartphones*. Como pré-requisitos existe a necessidade de mapeamento do campus na plataforma OSM, bem como o registro dos veículos do transporte público. Neste local muitos recursos, tais como rebaixo de meio-fio, elevadores acessíveis, restaurante adaptado, caixas eletrônicos entre outros já foram mapeados pelo modelo de acessibilidade ubíqua Hefestos (TAVARES et al., 2015).

4.5 Considerações sobre o capítulo

Ao longo deste capítulo foram detalhados aspetos conceituais do modelo. Além disso o modelo foi apresentado e a arquitetura foi definida. Os casos de uso foram discutidos e implementados com diagramas UML. O SMA do modelo foi apresentado para definir o funcionamento de seu mecanismo de monitoramento dos usuários e seu sistema de inferências que se baseia no perfil, contexto e ambientes.

Foi apresentada a extensão proposta na ontologia de TAVARES et al. (2015). A informações sobre as trilhas foram apresentadas. Os requisitos do modelo foram introduzidos para que no próximo capítulo a implementação do protótipo seja realizada e avaliada.

Uma consulta na linguagem SPARQL foi exemplificada com uma situação real de uso. Durante a modelagem tal consulta foi indicada para fins de padronização, na próxima seção é adotado o formato SQL.

Para exemplificar as situações reais de utilização do modelo foram apresentados cenários nos quais o mesmo se aplica. Os cenários foram divididos em situações iniciais onde as PcDs se deslocavam sem que o MASC tivesse informações prévias sobre trilhas e situações posteriores, onde as trilhas foram oferecidas como serviços para acessibilidade.

5 ASPECTOS DE IMPLEMENTAÇÃO E AVALIAÇÃO

Este capítulo apresenta aspectos de implementação e avaliação do MASC. Para realizar a avaliação foi desenvolvido um protótipo do modelo contemplado MASCserver, AsP e MASCnode. A implementação do protótipo é discutida na seção 5.1, a avaliação na seção 5.2, por fim a seção 5.3 relata as considerações sobre o capítulo.

5.1 Implementação do Protótipo

O protótipo do modelo contemplou as aplicações apresentadas na Figura 47. O MASCserver utilizou *web services* e bases de dados. Para desenvolver os *web services* adotou-se o JBoss Developer Studio (JBOOS DEVELOPER, 2014). O AsP foi desenvolvido com a IDE Android Studio (ANDROID STUDIO, 2014) e Java 7. A implementação do MASCnode adotou linguagem Python e hardware Raspberry Pi. Após o desenvolvimento do protótipo o mesmo foi avaliado.

Para realização dos testes de avaliação foi desenvolvido uma aplicação composta por algoritmos em Java com API Swing na IDE Netbeans 7.4 ¹. Os *web services* do MASCserver receberam as requisições desta aplicação e os agentes do SMA PTMRB realizaram troca de mensagens, armazenamento de informações e consultas nos dados.

A seguir são apresentados MASCserver, AsP e MASCnode. Na Figura 47 também são indicados os testes de desempenho (TD), testes de funcionalidade (TF), simulação utilizada para experimentos (Siafu) e sistemas externos (OSM).

5.1.1 Implementação do MASCserver

Os recursos gerenciados pelo MASCserver podem ser estáticos ou dinâmicos. Estáticos são recursos representados com posição fixa, já recursos dinâmicos têm posição móvel, ambos podem estar ocupados, em manutenção ou desocupados. Os serviços são atendidos pelos *web services* por meio de URIs com protocolo RESTful. Os *web services* utilizam a estrutura JAX-RS que é a implementação de RESTful *web services* em Java, proposta pela especificação JSR-311 (HADLEY; SANDOZ, 2008). Os *web services* atendem um conjunto de chamadas que se concentram em nove URIs, indicadas no retângulo Serviços da Figura 47.

O MASCserver foi configurado no OpenShift ². Dentre os serviços oferecidos pelo OpenShift foram utilizados *SSH* ³, *RHC* ⁴ e *IDE Integration* ⁵. Foi utilizado o servidor de aplicações JBoss

¹Disponível em <https://netbeans.org/community/releases/74/>

²OpenShift, disponível em <https://www.openshift.com/> é um serviço de computação em nuvem que oferece PaaS gratuitamente, permitindo a criação de *web services*, bases de dados MySQL, PostgreSQL e MongoDB, com suas respectivas ferramentas de gerenciamento.

³Disponível em <https://developers.openshift.com/en/managing-remote-connection.html>

⁴Disponível em <https://developers.openshift.com/en/managing-client-tools.html>

⁵Disponível em <https://developers.openshift.com/en/getting-started-installing-jboss-studio.html>

Figura 47: Aplicações desenvolvidas para protótipo, com relação à arquitetura do MASC.

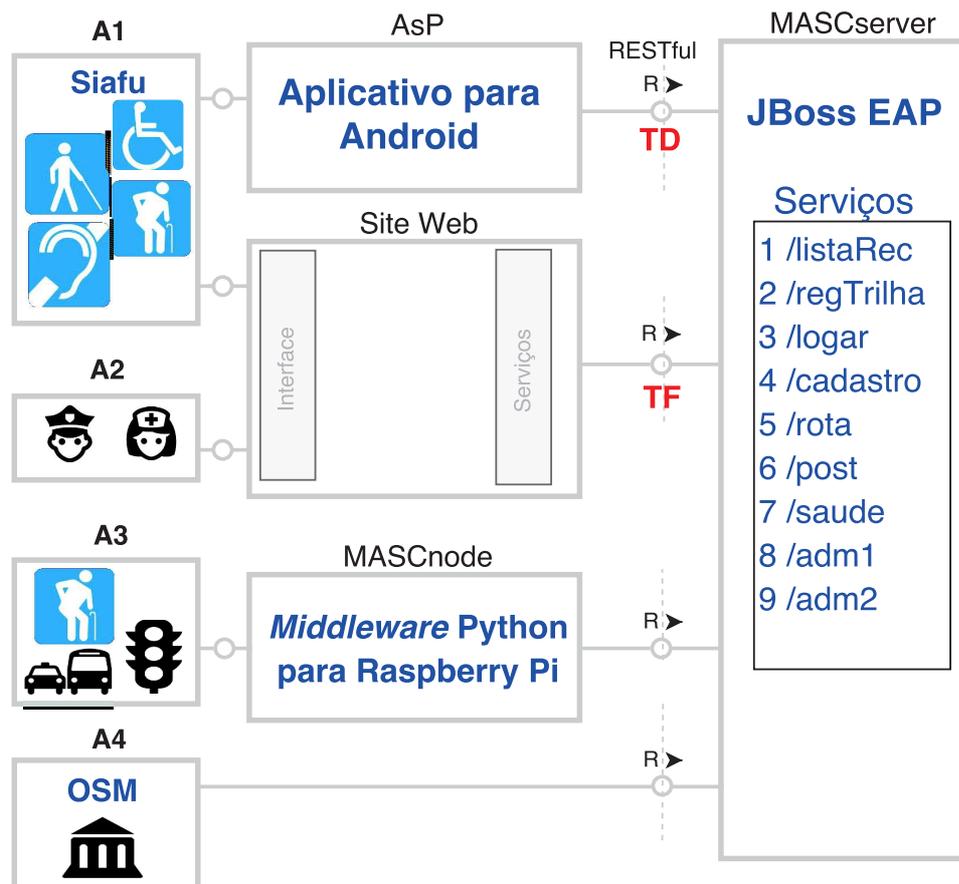
Legenda da Figura 47

TD: testes de desempenho;

TF: testes de funcionalidade;

Siafu: simulação para geração das trilhas;

OSM: sistema externo *Open Street Maps*.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

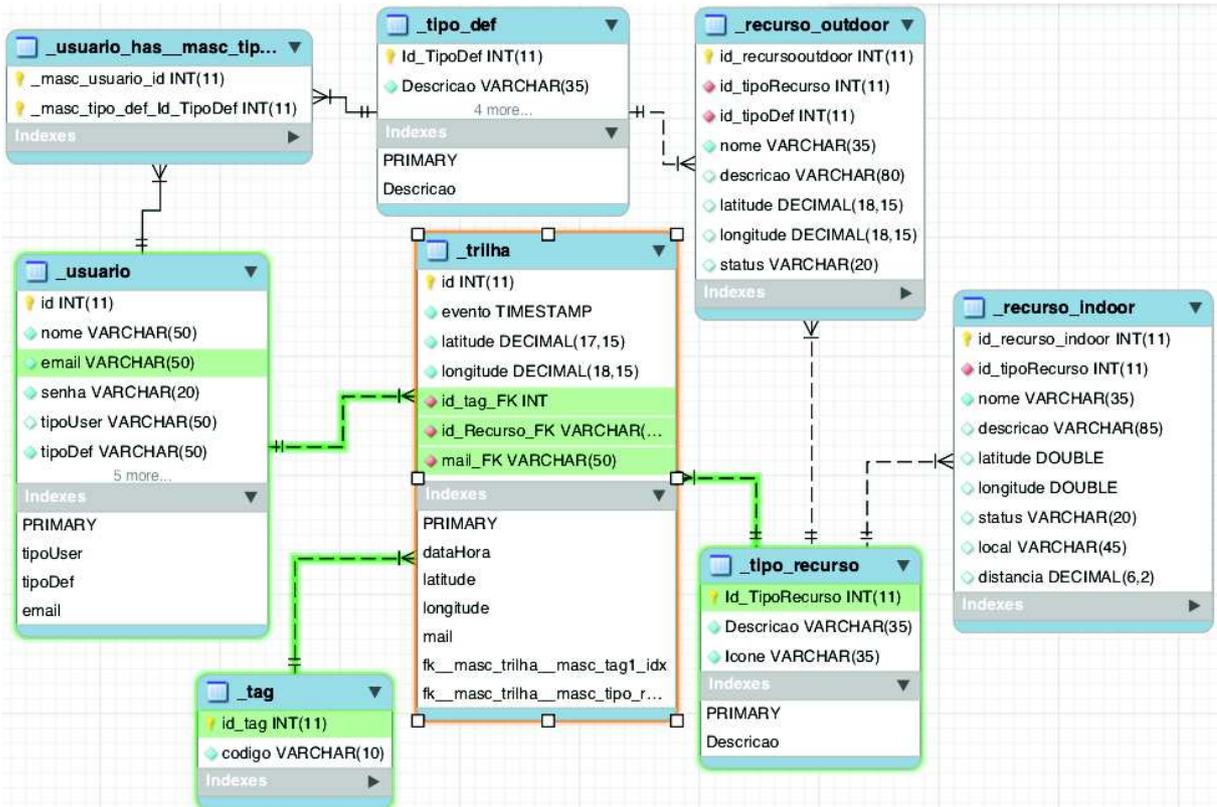
Enterprise Application Platform 6 (JBoss EAP).

O esquema de dados do MASC é composto por tabelas, relacionamentos e índices. Na Figura 48 é apresentado o esquema proposto para gerenciamento de recursos, perfil e trilhas das PcDs. Adotou-se o RDBMS MySQL 5.1.73 *Source distribution* (MYSQL, 2015) que é um sistema gerenciador de banco de dados relacional, já para armazenamento das coleções NoSQL foi utilizado o MongoDB 2.4.9 (MONGODB, 2014). As tabelas possuem relacionamentos para garantir consistência das informações. As tabelas `_usuario`, `_trilha` e `_tipo_recurso`, foram as três principais para os testes e avaliação. Para gerenciamento do perfil foi desenvolvida a tabela `_tipo_def` que é responsável por armazenar a deficiência de cada PcD. As informações da tabela `_tipo_def` foram previamente cadastradas na base de dados, assim como as informações das tabelas `_recurso_outdoor`, `_recurso_indoor` e `_tipo_recurso`. A tabela `_trilha` contém as

informações dos locais que uma PcD ou tag se deslocaram, conforme descrito na Tabela 3. Com base nestas informações foi desenvolvida a avaliação.

O armazenamento das informações enviadas pelo MASCnode não segue esquema e as informações são armazenadas em coleções no formato JSON. Um exemplo de formato é apresentado na Figura 49.

Figura 48: Esquema de dados para Recurso Perfil e Trilha.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Na Figura 49 o arquivo foi gerado pelo MASCnode 1, o qual foi desenvolvido para o protótipo. Neste arquivo estão informações de proximidade na linha 1. A proximidade identificada foi de 100 cm depois houve aproximação e registrou a proximidade de 10 cm, indicando que alguém chegou no local. O endereço IP do MASCnode é apresentado na linha 2, o número da tag lida na linha 4, a data e hora do envio das informações na linha 5, já a temperatura e umidade estão na linha 6. Como se trata de um exemplo de MASCnode móvel, as posições são apresentadas entre as linhas 7 e 18.

Para atender as requisições dos *web services* foram projetados nove serviços básicos. Os seis primeiros serviços são descritos a seguir e resumidos na Tabela 4, já os três restantes são apresentados na subseção 5.2.3 que apresenta os testes de funcionalidade.

O primeiro serviço oferece para PcDs uma lista de recursos, onde cada item da lista é composto por informações que nomeia o recurso, indica sua distância, tipo de deficiência que atende, localização e ícone para sua representação no mapa. Este serviço tem uma URI que recebe pa-

Figura 49: Exemplo de estrutura para armazenar dados do MASCnode. Este arquivo é enviado ao MASCserver.

```

1  {Proximity: [100,10],
2  IP: "189.58.183.121"
3  MASCnode: "1",
4  RFID: [718930480],
5  Date: "2015/07/24 15:49:20",
6  TempHumidity: ["17.0 40.0", "17.0 40.0"],
7  Local: {status:"Success",
8          lat:-29.687394,
9          lon:-51.107221
10         },
11 Local: {status:"Success",
12         lat:29.687478,
13         lon:-51.107240
14         },
15 Local: {status:"Success",
16         lat:-29.687632,
17         lon:-51.107270
18         },
19 }

```

Fonte: Elaborado pelo Autor.

râmetros que identifica o tipo de usuário, tipo de deficiência, latitude e longitude atual da PcD. São apresentados os recursos que se encontram a uma distância de 2 km, caso não houver recurso a resposta para requisição não é uma lista e sim o termo “no”. Este serviço foi utilizado no teste de desempenho e fica na URI <http://dissys-marcelot.rhcloud.com/rest/listaRec>.

O segundo serviço é responsável por armazenar os pontos (latitude e longitude) das trilhas. A URI deste serviço recebe como parâmetros a latitude, longitude, número da tag, descrição dos recursos e e-mail da PcD. A resposta é “trilha ok” caso o servidor realizar a gravação das informações ou “no” caso ocorrer algum problema. Este serviço também foi utilizado no teste de desempenho e fica na URI <http://dissys-marcelot.rhcloud.com/rest/regTrilha>.

O terceiro serviço é para autenticação e controla qual usuário está enviando as informações. Este serviço recebe como parâmetro o e-mail e a senha da PcD. Como resposta o servidor envia “ok” juntamente com o tipo de PcD e tipo de deficiência gravado em seu perfil. Caso ocorrer algum problema o servidor responde “no”. Este serviço fica na URI <http://dissys-marcelot.rhcloud.com/rest/logar>.

Já o quarto serviço possibilita o serviço anterior, trata-se do cadastro do usuário. Neste cadastro o usuário informa sua deficiência e informações de perfil. Os parâmetros são nome, e-mail, senha, tipo de usuário, tipo de deficiência, data de nascimento, peso e altura. Como resposta o servidor envia “E-mail já cadastrado”, “ok” ou “no”. Este serviço fica na URI <http://dissys-marcelot.rhcloud.com/rest/cadastro>.

O quinto serviço foi utilizado para o teste de funcionalidade, tem por finalidade informar uma trilha. Os parâmetros são e-mail, latitude, longitude de início da rota desejada e latitude, longitude de fim da mesma. Como resposta o servidor envia uma lista de pontos composta por latitude e longitude ou “no” caso não houver. A lista já é ordenada cronologicamente, desta forma o primeiro ponto é o ponto de início e o último é o ponto de fim da trilha. Este serviço

fica na URI <http://dissys-marcelot.rhcloud.com/rest/rota>.

Na Tabela 4 são exemplificados as URIs, na primeira coluna, exemplo de parâmetros na segunda coluna e exemplo de retornos na última coluna.

Tabela 4: Serviços básicos para protótipo do MASC

URI	Parâmetros	Exemplos de Retorno
/listaRec	PcD; Membros inferiores; -29.792839818491657; -51.15276753902435;	Rampa;9.4914;Membros Inferiores; -29.792972000000002;-51.152810666666670;amarelo Vaga estacionamento;10.4465;Membros Inferiores; -29.792990999999997;-51.152770500;azul Elevador;22.7437;Membros Inferiores; -29.793147166666667;-51.152631666666680;rosa
/regTrilha	-29.791959945956947; -51.15311086177826; 0; 0; blanch@server.com.br	trilha ok;
/logar	marcelo@server.com; abc;	ok;PcD;Membros Inferiores;
/cadastro	Marcelo Josué Telles; marcelo@server.com; abc; PcD; Membros inferiores; 1979-11-21; 75.000; 1.70;	E-mail já cadastrado;
/rota	-29.762738198684357; -51.151206493377686; marcelo@server.com; -29.768084050351185; -51.145241260528564;	-29.762738198684357,-51.151206493377686; -29.762589181311057,-51.150412559509280; -29.762421536501150,-51.149532794952390; -29.762309773138735,-51.149082183837890; -29.762272518656890,-51.148653030395510; -29.763539163268756,-51.148352622985840; -29.764936179196734,-51.148009300231934;

Fonte: Elaborado pelo Autor.

O sexto serviço armazena dados coletados pelo MASCnode em uma base NoSQL. Fica disponível na URI <http://dissys-marcelot.rhcloud.com/rest/post>, recebe como parâmetro um arquivo no formato JSON. Neste arquivo deve ter um número que identifica o MASCnode e dados sobre contexto. Um exemplo de parâmetro foi apresentado na Figura 49.

Como retorno o servidor envia um arquivo com a configuração do respectivo MASCnode. Neste arquivo de configuração são definidos os tempos de leitura dos sensores e horário de funcionamento. Na Figura 50 é apresentado um exemplo de arquivo de configuração de um MASCnode móvel, conforme indica na linha 3 (*dynamic*). Também são parametrizadas as informações sobre seu período de trabalho que é entre 7 e 19 horas, de segunda a sexta, linhas 4 e 5. Os tipos de sensores lidos são temperatura, umidade, proximidade e RFID. A cada 30 segundos o sensor de temperatura e umidade (DHT11) realiza a leitura, o sensor de proximidade faz a leitura a cada 2 segundos, já o leitor de RFID realiza leitura constantemente. A informação sobre posição é coletada a cada 20 segundos, o endereço IP a cada 120 segundos, todas informações são enviadas para o servidor a cada minuto. A informação sobre proximidade só é armazenada caso a informação identificada for diferente da última registrada, para evitar valores repetidos desnecessariamente.

Figura 50: Arquivo de configuração do MASCnode 1. Este é um arquivo de retorno.

```

1  { "_id": ObjectId("55b27533bb03721a8b000001"),
2    "MascNode": "1",
3    "Position": "dynamic",
4    "WorkTime": "7,19",
5    "WorkWeek": "2,6",
6    "Sensors": {"Types": [{"DHT11": {"sleep": "30"}},
7                      {"Proximity": {"sleep": "2"}},
8                      {"RFID": {"sleep": "0"}}
9                    ]
10   },
11   "Data": {"Intervals": [{"Position": {"interval": "20"}},
12                      {"Ip": {"interval": "120"}},
13                      {"SendData": {"interval": "60"}}
14                    ]
15   }
16 }

```

Fonte: Elaborado pelo Autor.

5.1.2 Implementação dos Clientes

Com relação aos clientes foram desenvolvidos dois níveis: Cliente AsP e Cliente MASCnode. A implantação do AsP foi por meio de aplicativo para plataforma Android e é executada em dispositivos tais como *smartphone* e *tablet*. O aplicativo adota ferramentas para exibição de mapas e armazenamento de dados locais baseado no sistema de mapas abertos OSM.

5.1.2.1 Cliente AsP

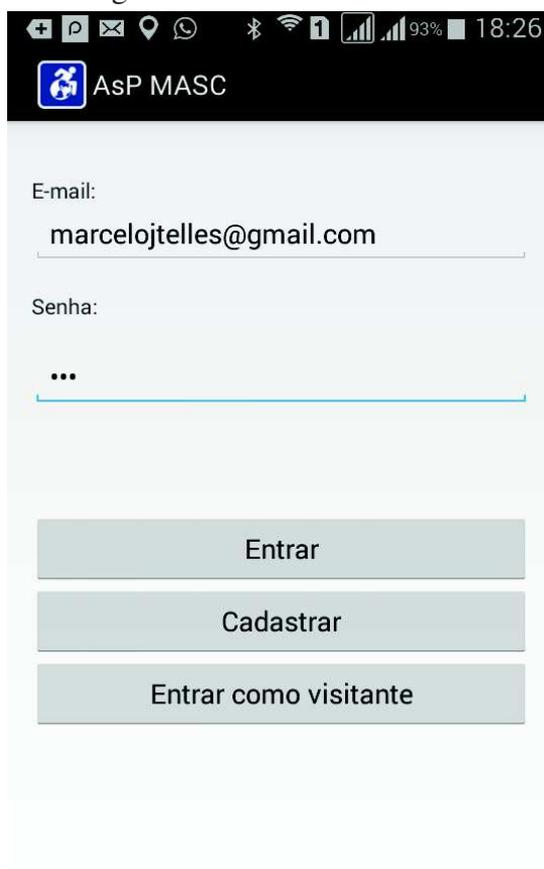
No AsP é possível realizar o cadastro da PcD e também visualizar um mapa centralizado na posição atual da PcD com os recursos relacionados à sua deficiência. Na Figura 51 é apresentada a tela inicial do aplicativo, onde o usuário pode optar em realizar seu cadastro, entrar no sistema ou apenas acessar como visitante. Na opção de visitante os recursos não são filtrados de acordo com a deficiência do usuário, sendo assim todos recursos aparecem no mapa.

Um mapa de exemplo é apresentado na Figura 52, onde mapa foi posicionado no *campus* da UNISINOS. Neste local os recursos relacionados à acessibilidade foram previamente cadastrados no MASCserver. Com o AsP é possível solicitar rotas e verificar os recursos ao longo das mesmas. Também é possível verificar recursos de locais específicos, bastando posicionar o mapa na posição desejada, conforme mostra a Figura 52.

O aplicativo para Android coleta informações para composição das trilhas. Para possibilitar a coleta das trilhas percorridas pelas PcDs, o AsP na configuração padrão, envia ao MASCserver as posições nas quais a PcD se deslocou, assim que o *smartphone* tiver conectividade com a internet. Caso o usuário entrar como visitante as posições não são enviadas ao MASCserver.

No exemplo apresentado na Figura 53 são apresentados os recursos para PcD com limitações nos membros inferiores tais como rebaixo de meio fio, estacionamento, rampa de acesso e também a posição atual da PcD, no centro do mapa.

Figura 51: Tela inicial do AsP.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

5.1.2.2 Cliente MASCnode

Foi desenvolvido um *middleware* para sensores visando coleta de informações sobre o ambiente e sobre PcDs que não utilizam o AsP. Por meio de leitor de RFID o *middleware* identifica a presença das PcDs que utilizem tag e envia tais informações para as bases de dados do MASC-server.

A implementação do Cliente MASCnode pode ser desenvolvida em diversos dispositivos, tais como os microprocessadores BeagleBone, Raspberry Pi, Intel® Edison, Linino™ One, Domino WiFi4Things, Artik 5, Nanode, PcDuino, Waspnote ou mesmo o microcontrolador Arduino. Todos estes dispositivos suportam conexão WiFi, 3G, módulo RFID e podem ser incrementados com sensores. O dispositivo Waspnote (WASPMOTE, 2015) foi utilizado em SANCHEZ et al. (2014) e ALY (2014), no entanto se trata de um hardware de custo elevado. Pode ser utilizado no modelo, mas não será adotado para implementação do protótipo. Já o hardware Arduino tem custo acessível, assim como Raspberry Pi. Para o protótipo do MASCnode, pode ser adotado um dos seguintes conjuntos de hardware.

Figura 52: Mapa com os recursos para PcDs.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

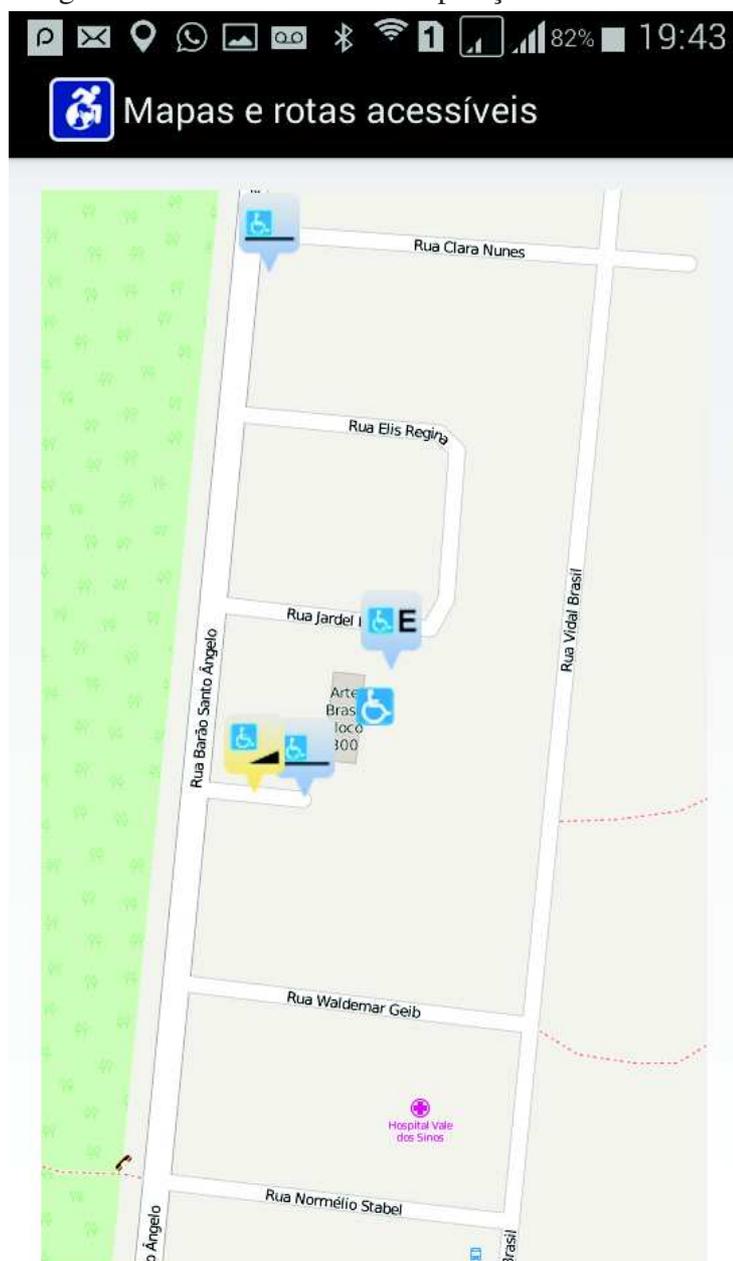
Conjunto 1

- Arduino YÚN
- Shield GPS/GSM Arduino

Conjunto 2

- Raspberry Pi B+
- Adaptador WiFi chipset Realtek 5370

Figura 53: Tela com recursos e posição atual da PcD.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

- GPRS/GSM Quadband SIM 900

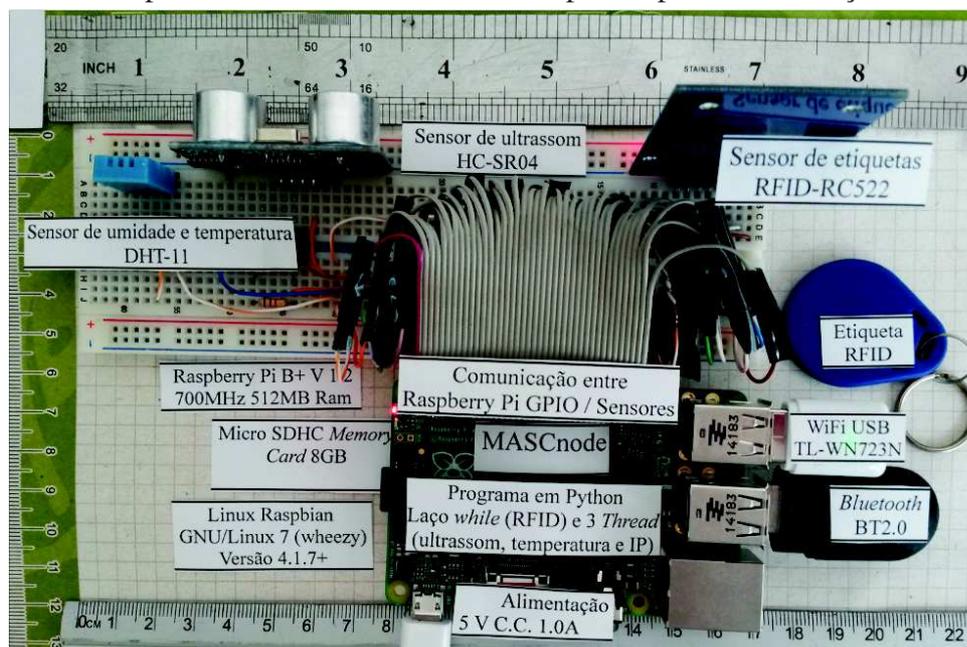
Os seguintes dispositivos eletrônicos podem ser adicionados ao MASCnode:

- Módulo Leitor RFID 522 13.56MHz
- Leitor UHF Astra-EX
- Bluetooth USB (BT2.0)
- Sensor de Temperatura/Umidade (DHT11) ou sensor de Pressão/Temperatura (Bmp085);
- Sensor de monóxido de carbono – CO (MQ-7) e sensor de gás carbônico – CO₂ (MG-811)

- Sensor Ultrassom (HC-SR04)

Para atender a necessidade de coleta de informações sobre o ambiente foi desenvolvido um protótipo para o MASCnode, apresentado na Figura 54. Sua configuração pode ser parametrizada de acordo com fluxo do local, ou de acordo com particularidades de cada região da cidade.

Figura 54: Protótipo do MASCnode com sensores para capturar informações do ambiente.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

O MASCnode foi configurado com um *middleware* desenvolvido na linguagem Python, que é responsável pelo funcionamento do mesmo. O *middleware* faz conexão com redes WiFi, conforme mostra a Figura 55, nesta figura o MASCnode estava conectado na rede WiFi de testes chamada “_1234”. Além de identificar a presença de PcDs, o MASCnode também pode ser aplicado para coleta de informações contextuais tais como monitoramento de recursos, temperatura, umidade, hora, qualidade do ar, monitoramento de gases e detectar a presença de pessoas pelo sensor ultrassom.

O MASCnode é capaz de coletar informações sobre a posição das PcDs que não utilizem o AsP. Por meio de leitor de RFID o MASCnode identifica a presença da PcD e envia tais informações para as bases de dados do MASC. O MASCnode foi desenvolvido utilizando tecnologias de padrão aberto, tanto seu hardware e software. O sistema operacional adotado foi o Linux Raspbian GNU/Linux 7 (wheezy) versão 4.1.7+. O MASCnode pode ser acessado remotamente via SSH (do inglês *Secure Shell*), por meio de serviços *online*⁶. Para acesso remoto em rede local é necessário o endereço IP do respectivo MASCnode, assim como o usuário e senha do sistema operacional instalado. Na Figura 56 é apresentado um exemplo de MASCnode

⁶Disponível em: <https://dataplicity.com/> ou <https://www.weaved.com/>

Figura 55: Console do protótipo para MASCnode com sua interface de rede WiFi.

```

marcelotelles — marcelot@raspberrypi: ~ — ssh — 80x25
RX bytes:42084 (41.0 KiB) TX bytes:42084 (41.0 KiB)

wlan0    Link encap:Ethernet HWaddr c4:e9:84:12:18:f1
         inet addr:192.168.1.5 Bcast:192.168.1.255 Mask:255.255.255.0
         UP BROADCAST RUNNING MULTICAST MTU:1500 Metric:1
         RX packets:29090 errors:0 dropped:66684 overruns:0 frame:0
         TX packets:12360 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
         collisions:0 txqueuelen:1000
         RX bytes:7144860 (6.8 MiB) TX bytes:3957873 (3.7 MiB)

marcelot@raspberrypi ~ $ iwconfig
wlan0    IEEE 802.11bg ESSID:"_1234"  Nickname:"<WIFI@REALTEK>"
         Mode:Managed Frequency:2.437 GHz Access Point: 7C:4F:B5:91:3F:64
         Bit Rate:54 Mb/s   Sensitivity:0/0
         Retry:off   RTS thr:off   Fragment thr:off
         Power Management:off
         Link Quality=2/100  Signal level=49/100  Noise level=0/100
         Rx invalid nwid:0  Rx invalid crypt:0  Rx invalid frag:0
         Tx excessive retries:0  Invalid misc:0  Missed beacon:0

lo       no wireless extensions.

eth0     no wireless extensions.

marcelot@raspberrypi ~ $

```

Fonte: Elaborado pelo Autor.

sendo acessado em rede local, neste exemplo o MASCnode tinha o endereço IP 192.168.1.5.

Na Figura 57 é apresentado o terminal Linux do MASCnode via internet. No protótipo foi utilizado o serviço *online Weaved*. Na seta é indicado o endereço gerado automaticamente para acesso ao mesmo.

5.2 Aspectos de avaliação

Para avaliação foi utilizada a implementação do protótipo MASCserver. Os dados para realização da avaliação foram obtidos através de simulação. A simulação gerou informações contextuais dos cenários, recursos e usuários. O cenário para avaliação foi na cidade de São Leopoldo - RS incluindo áreas residenciais, comerciais, lazer, praças e centro da cidade.

Realizar uma avaliação com dados reais contemplando ambiente público, seria possível mas por questões de segurança, o mesmo foi avaliado somente com dados gerados pelo simulador de contextos Siafu (MARTIN; NURMI, 2006). Para garantir a simulação mais real possível foi utilizada a plataforma *Open Street Map*, pois com este recurso é possível realizar a simulação em um local real e também estender a cobertura do modelo para qualquer ambiente.

A avaliação contemplou testes de desempenho e funcionalidade. Os testes de desempenho consistiram no envio de dados para o modelo e realização de consultas, visando verificar se o MASCserver atende requisições massivas tanto para gravação de informações, quanto realização de consultas nos históricos armazenados (gerados na simulação). Os testes de fun-

Figura 56: Acessando MASCnode local.

```

marcelotelles — marcelot@raspberrypi: ~ — ssh — 80x25
marcelot@raspberrypi: ~
marcelot@raspberrypi: ~
MarcelotMacBook:~ marcelotelles$ ssh -l marcelot 192.168.1.5
0000 0000 0 00000 00000 00
0000 0000 00 000 0000 00000000 00
0000 0000 000 00 00 00 000 00 000 00000 000 0000
000000 00000 000000 000 000 00000000 00000000 0000000 000000
000000 000000 00 00 00000000 000 000 00 00 00 00 000 000
000000 000000 00 00 0000000 000 00 00 000 000 00 00 000 000
00 00000000 00000000 000 000 000 00 00 000 000 00 00000000
00 000 000 0000000000 00 00 00 000 00 00 00 000 00 00
000 000 000 000 000 000000000 000000000 00 00 000 000 00000000 000 00
000 00 000 000 000 0000000 0000000 00 00 00000 0000000 000000
000 000 000 000 000 00 00 00 00 00 000 0000000000 0000 00

marcelot@192.168.1.5's password:
Linux raspberrypi 4.1.7+ #817 PREEMPT Sat Sep 19 15:25:36 BST 2015 armv6l

The programs included with the Debian GNU/Linux system are free software;
the exact distribution terms for each program are described in the
individual files in /usr/share/doc/*/copyright.

Debian GNU/Linux comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY, to the extent
permitted by applicable law.
Last login: Mon Nov 2 17:10:59 2015 from 192.168.1.4
marcelot@raspberrypi ~ $

```

Fonte: Elaborado pelo Autor.

cionalidade tiveram como objetivo verificar se o modelo antede necessidades de serviços de acessibilidade para PcDs, profissionais de saúde e administração pública. A seguir a simulação e testes são apresentados.

5.2.1 Simulação

A simulação foi parametrizada com quantidade de pessoas, região da simulação (latitude e longitude), locais das residências, trabalho e lazer, para que as pessoas se deslocassem. Também é possível configurar o percentual de pessoas que utilizam automóvel como meio de transporte, nos testes este percentual foi configurado com o valor 0 (zero). Outras configurações são possíveis, tais como horário de trabalho, período de sono, zonas de calor, zonas de cobertura de WiFi, índice de assalto entre outras.

A simulação gerou as interações das pessoas no centro da cidade tomando como base latitude e longitude reais. Na Figura 58 é apresentada uma animação do primeiro dia de simulação. Foram considerados 125 agentes (PcDs) posicionadas nas regiões residenciais, na periferia do mapa. Na Figura 59 são apresentados os agentes nas posições iniciais.

No início do dia os agentes da simulação se deslocaram para os locais de trabalho, criados na região central do mapa. Foram definidos 43 locais de trabalho. A Figura 60 apresenta os agentes já posicionados nestes locais.

Figura 57: Acessando MASCnode pela internet.

```

marcelotelles — marcelot@raspberrypi: ~ — ssh — 80x25
marcelot@raspberrypi: ~
marcelot@raspberrypi: ~
MarcelotMacBook:~ marcelotelles$ ssh -l marcelot proxy8.yoics.net -p 37715
0000 0000 0 00000 00000
0000 0000 00 000 0000 00000000
0000 0000 000 00 00 00 000 00 0000 000 0000
000000 0000 00000 000 000 00000000 0000000 0000000 0000000 0000000
000000 000000 00 00 0000000 000 000 00 00 00 00 000 000
000000 000000 00 00 000000 000 00 00 000 000 00 00 000 000
00 00000000 00000000 000 000 000 00 00 000 000 00 00 00000000
00 000 000 0000000000 00 00 00 000 00 00 00 00 000 00 00
000 000 000 000 000 000000000 000000000 00 00 000 000 00000000 000 00
000 00 000 000 000 0000000 0000000 00 00 00 00000 0000000 0000000
000 000 000 000 000 00 00 00 00 00 000 000000 000000 0000000
marcelot@proxy8.yoics.net's password:
Linux raspberrypi 4.1.7+ #817 PREEMPT Sat Sep 19 15:25:36 BST 2015 armv6l

The programs included with the Debian GNU/Linux system are free software;
the exact distribution terms for each program are described in the
individual files in /usr/share/doc/*/copyright.

Debian GNU/Linux comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY, to the extent
permitted by applicable law.
Last login: Mon Nov 2 17:13:16 2015 from marcelotmacbook.local
marcelot@raspberrypi ~ $

```

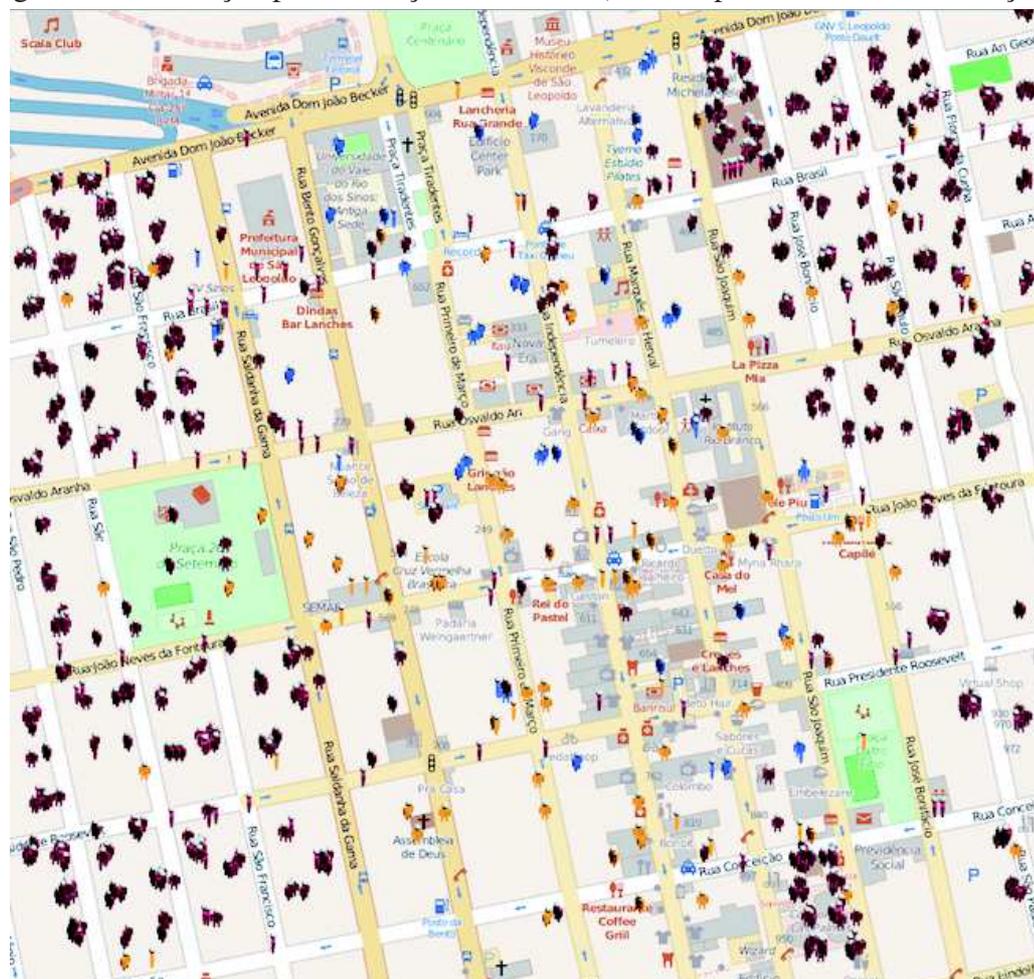
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Ao final do dia alguns agentes permaneciam no local de trabalho, alguns se deslocavam para sua residência, outros se deslocavam para um local de lazer, foram definidos 37 locais de lazer. A Figura 58 apresenta os agentes neste momento da simulação.

Os dados da simulação foram exportados para um arquivo no formato CSV (do inglês *Comma Separated Value*), para depois serem enviados ao MASCserver. O período de simulação foi 7 dias, ao todo foram gerados 270.000 registros de histórico, formando as trilhas. Foram inseridos atributos manualmente, para completar as informações geradas na simulação, como exemplo, a deficiência de cada agente, e-mail e peso.

Em uma situação do mundo real os dados sobre acessibilidade devem ser obtidos em fontes de dados abertas, tais como dados sobre mobilidade urbana (SOZIALHELDEN, E. V., 2015) e acessibilidade (DING; WALD; WILLS, 2014), (DING; WALD; WILLS, 2015). As iniciativas propostas pela Web Semântica (BERNERS-LEE; HENDLER; LASSILA, 2001) também constituem importantes mecanismos a serem utilizados pelo MASC. As informações públicas conhecidas como fontes de dados abertos e dados ligados (BIZER; HEATH; BERNERS-LEE, 2009) também devem ser utilizadas na implementação do MASC.

Figura 58: Simulação para obtenção das trilhas (final do primeiro dia de simulação).



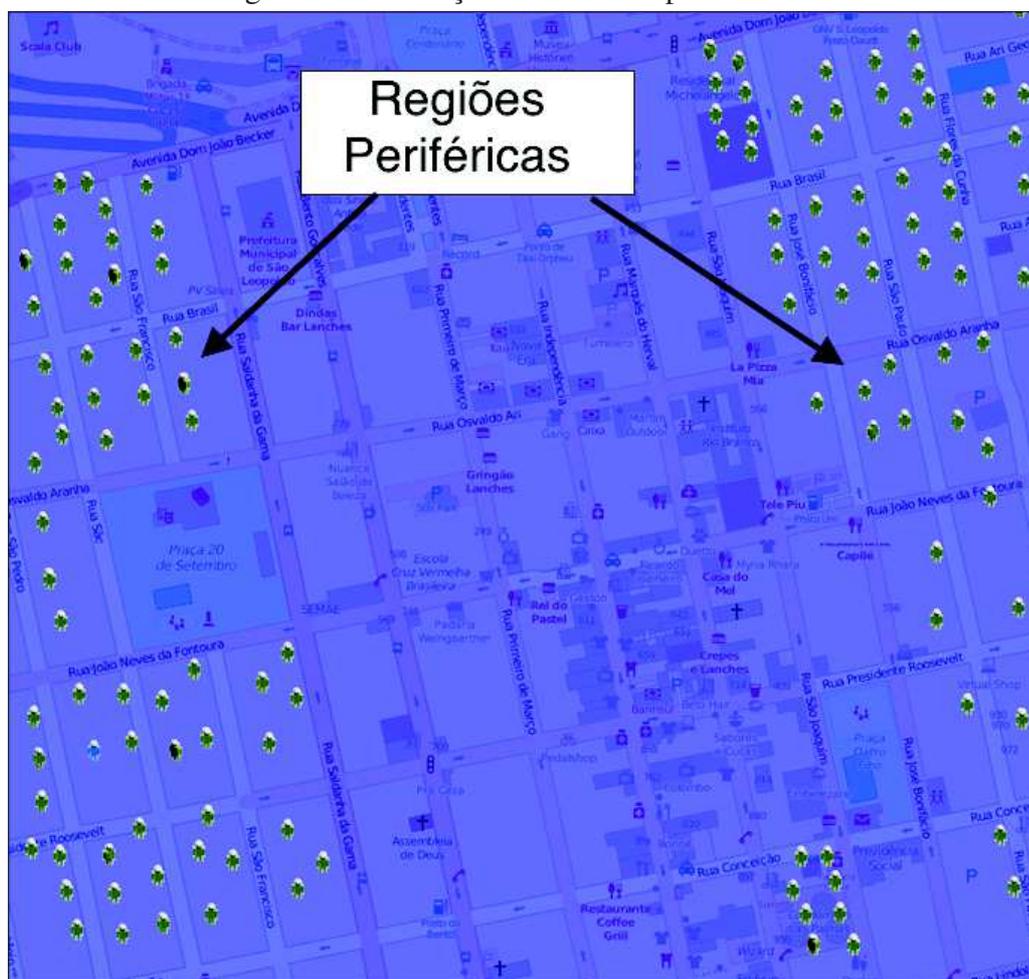
Fonte: Elaborado pelo Autor.

5.2.2 Testes de desempenho

O teste de desempenho foi implementado com auxílio algoritmos utilizando processos paralelos (*Threads*) para simular PcDs enviando dados de trilhas para o MASCserver. Para o desempenho foi realizado envio de dados ao servidor e requisições de consultas. A métrica para testar o desempenho foi o tempo de resposta.

No teste de desempenho a aplicação desenvolvida enviou os dados contextuais gerados na ferramenta Siafu, com objetivo de simular históricos das PcDs na cidade São Leopoldo - RS. Durante o envio dos dados para o MASCserver e sua respectiva inserção na base de dados, foi realizado monitoramento do tempo de resposta. Todos testes foram assíncronos, concorrentes, sendo que o tempo de resposta foi considerado desde o envio da requisição até seu respectivo recebimento pelo cliente (KIM, 2012). Na Figura 61 são apresentados os momentos que compõem o tempo de resposta. O gráfico com os tempos de resposta é apresentado na Figura 62. Foram executados 125 processos em paralelo, sendo que cada um ficou responsável por enviar 2160 pontos do arquivo CSV.

Figura 59: Simulação no início do primeiro dia.

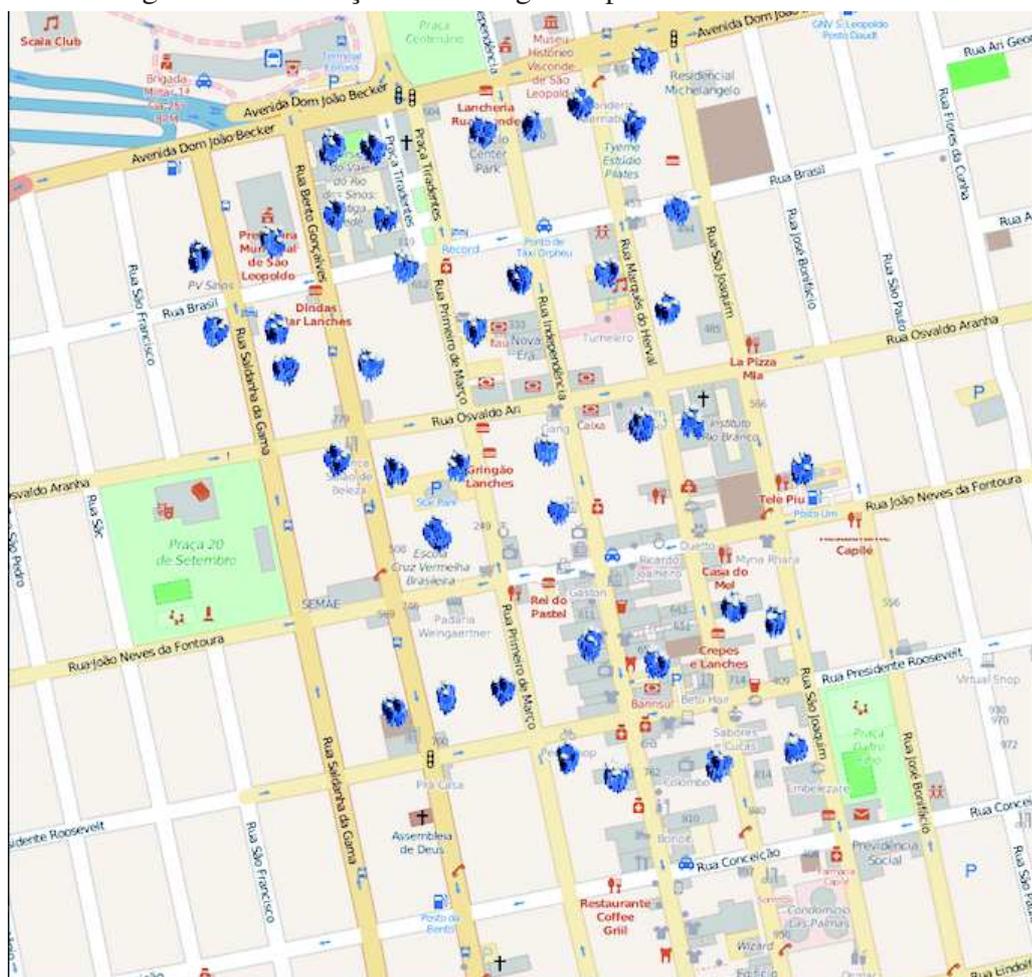


Fonte: Elaborado pelo Autor.

A média observada para o tempo de resposta foi 286 ms (milissegundos), o menor tempo de resposta foi 164 ms, mesmo que o maior tempo de resposta tenha sido 33006 ms, o desvio padrão foi 858 ms. O total de requisições com tempo de resposta maior ou igual a 2000 ms foi 836. A grande maioria das requisições foram atendidas em torno de 200 ms e 400 ms, conforme mostra o gráfico da Figura 62. Descartando as requisições que levaram 2000 ms ou mais, pode-se considerar que o serviço atendeu 99,6904 % das requisições em menos de 2 segundos, que é o valor aceitável para este tipo de aplicação (MOLYNEAUX, 2014). Este percentual representa a garantia de que as informações para construção das trilhas sejam armazenadas, pois a perda de 0,3096 % das requisições não compromete a construção das trilhas. As requisições que levaram 2000 ms ou mais, ficaram dispersas, não concentradas em um momento, indicando que as requisições não atendidas são apenas uma ou duas de cada trilha.

Para testar o desempenho, além do teste para geração de trilhas, foi conduzido um teste utilizando algoritmo em Java, para requisições de consultas ao MASCserver. Neste teste foi processada a rotina que é mais utilizada nos testes de funcionalidade. Tal rotina é apresentada na Figura 63 e é uma implementação SQL da consulta em SPARQL apresentada no capítulo

Figura 60: Simulação com os agentes posicionados no trabalho.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

anterior seção 4.3, subseção 4.3.2. A rotina realiza comparação da distância entre uma posição, geralmente a posição atual da PcD e as posições dos recursos. Além disso a rotina faz junções (*RIGHT JOIN*) das tabelas para obter informações dos tipos de recursos e tipos de deficiências das PcDs.

O algoritmo responsável por este teste gerou *Threads* para simular PcDs. A medida em que eram iniciados os *Threads*, os tempos de resposta das requisições foram armazenados para análise. Foi definido que a cada 100 ms, mais uma PcD iniciaria requisições ao MASCserver. Cada PcD realizava 1 requisição a cada 5 segundos. O teste tinha por objetivo identificar qual o máximo de PcDs suportadas, desta forma ao identificar a primeira requisição sem retorno o teste foi finalizado. Ao final do teste 415 *Threads* haviam sido gerados. O total de requisições atendidas foram 1925 em 42 segundos. Na Figura 64 são apresentados os tempos de resposta para consultas de recursos.

Figura 61: Tempo de resposta considerado nos testes.

Legenda da Figura 61

CL: Latência Cliente;

RL: Latência Rede;

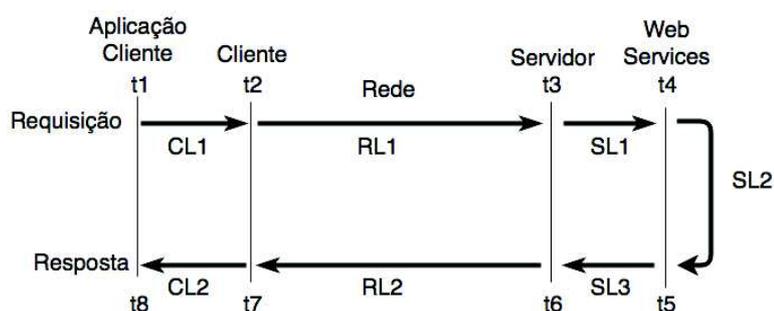
SL: Latência Servidor;

$CL = CL1 + CL2$;

$RL = RL1 + RL2$;

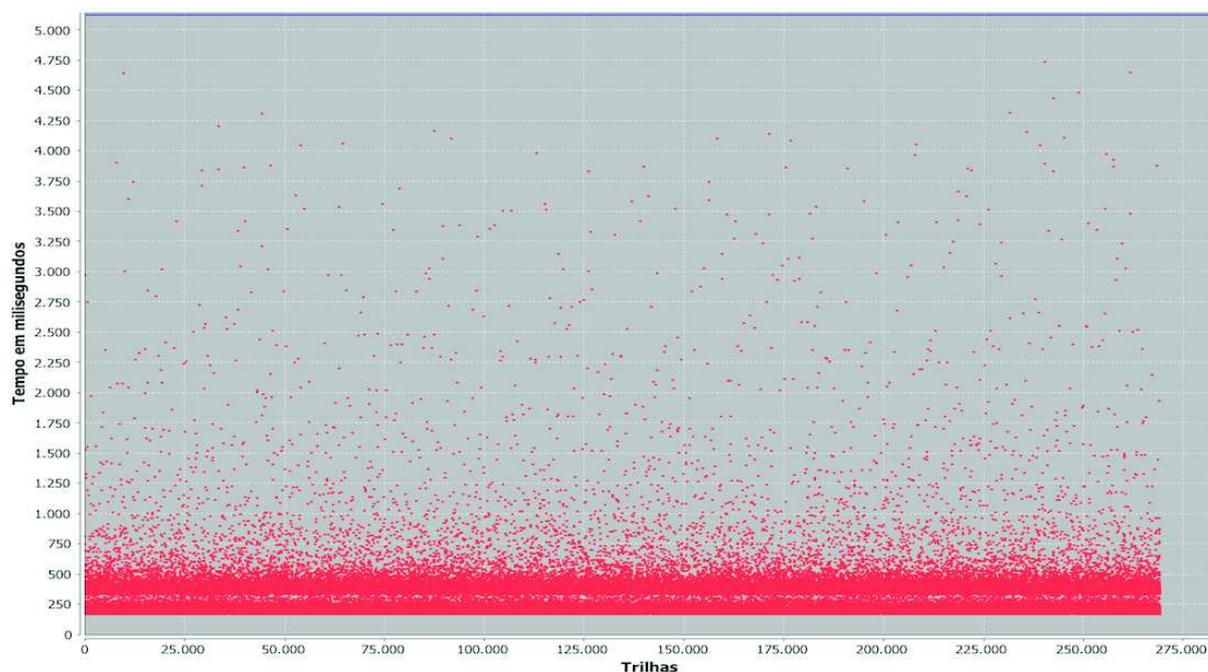
$SL = SL1 + SL2 + SL3$;

Tempo de resposta = $CL + RL + SL$.



Fonte: Adaptado de KIM (2012).

Figura 62: Tempo de resposta para envio das trilhas.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

5.2.3 Testes de funcionalidade

Os testes de funcionalidade consistiram em atender serviços de acessibilidade para PcDs, profissionais da área da saúde e administração pública. Para PcDs foi testado um serviço para

Figura 63: Rotina para consultar recursos próximos da PcD.

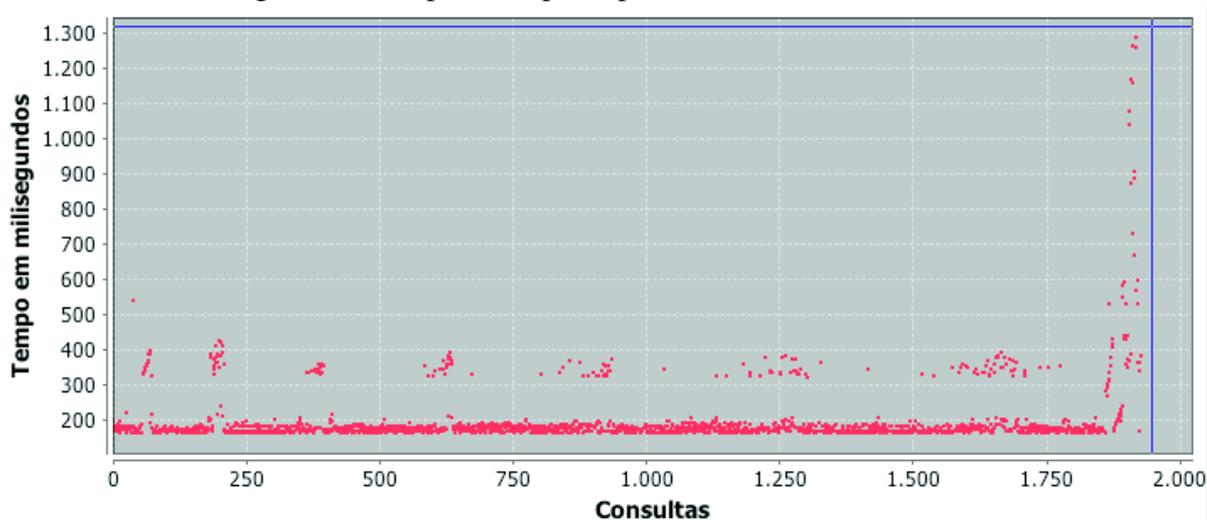
```

1  SELECT nome, ((ACOS( SIN( -29.68738944 * PI( ) /180 ) *
      SIN( latitude * PI( ) /180 ) + COS( -29.68738944 *
      PI( ) /180 ) * COS( latitude * PI( ) /180 ) * COS(
      (-51.10722487 - longitude) * PI( ) /180 ) ) *180 /
      PI( ) ) * 60 * 1.1515) * 1000 AS 'distance',
2  _masc_tipo_def.descricao,
3  _masc_recurso_outdoor.latitude,
4  _masc_recurso_outdoor.longitude,
5  _masc_tipo_recurso.icone
6  FROM '_masc_recurso_outdoor'
7  RIGHT JOIN _masc_tipo_def
8  ON _masc_tipo_def.id_tipodef =
      _masc_recurso_outdoor.id_tipodef
9  RIGHT JOIN _masc_tipo_recurso
10 ON _masc_tipo_recurso.id_tipoRecurso =
      _masc_recurso_outdoor.id_tiporecurso
11 WHERE _masc_tipo_def.Descricao = 'Membros Inferiores'
      HAVING 'distance' <= 2000 ORDER BY 'distance' ASC;

```

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 64: Tempo de resposta para consultas dos recursos.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

composição de trilhas (/rota já apresentado na Tabela 4). Os serviços para profissionais de saúde e administração pública são apresentados na Tabela 5.

5.2.3.1 Serviços para PcDs

O serviço para este teste recebe como parâmetro um ponto de início, e-mail e ponto de fim, conforme exemplo na última linha da Tabela 4. Ao receber esta entrada o serviço busca pontos próximos do ponto de início, em seguida é composta a trilha de cada ponto. São consideradas apenas trilhas de PcDs com perfil semelhante ao PcD requisitante, comparando-se tipo de deficiência da pessoa. Começando pela trilha mais próxima e com mais recursos, é realizada a

verificação se ao longo desta existe um ponto próximo (10 metros) ao ponto de fim, se existe, esta trilha é indicada e o MASCserver retorna a trilha. Na Figura 65 é apresentado um mapa com o resultado desta busca. Neste exemplo a trilha indicada (linha contínua) não é o caminho mais curto, mas sim o caminho acessível para a PcD requisitante. Na Figura 65 é indicada a rota mais curta pela linha tracejada.

Figura 65: Serviço para PcDs, mapa com trilha acessível.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Na Figura 66 é apresentado um mapa com o resultado da mesma busca, porém com pontos de início e fim distintos. No teste a consulta apresentou a trilha com mais recursos que passa pela região mais central do mapa.

Além do caminho informado pela trilha, outras alternativas eram possíveis, mas como a busca ordena as trilhas pela quantidade de recursos, foi indicada a trilha que passava pela rua com mais recursos. Outras implementações são possíveis, por exemplo caso a PcD seja deficiente visual, indicar a trilha com menos concentração de pessoas.

5.2.3.2 Serviços para Profissionais da Saúde

O serviço disponível na URI /saude recebe um identificador seguido de um texto. Identificador 0 e e-mail de uma PcD ou identificador 1 e um tipo de deficiência ou identificador 2 e uma lista de e-mail de PcDs. O resultado são pontos com a última posição registrada de cada PcD. Este serviço é destinado para monitoramento de PcDs, seja para familiares acompanhar

Figura 66: Serviço para PcDs segunda trilha.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

em tempo real a localização ou para profissionais da saúde monitorar diversas PcDs simultaneamente. Na Figura 67 é apresentado um mapa com as posições de um conjunto de PcDs, já na Figura 68 é apresentado um mapa com as últimas posições de todas PcDs com limitações nos membros inferiores. Na Tabela 5 são apresentados três exemplos deste serviço.

5.2.3.3 Serviços para Administração Pública

Foram desenvolvidos dois serviços para este teste, um na URI /adm1, outro em /adm2. O primeiro recebe o e-mail de uma PcD e uma data, retorna uma lista com os pontos que a PcD se deslocou na data informada. Na Tabela 5 linha /adm1 é apresentado exemplo deste serviço. A quantidade de pontos foi limitada em 5.

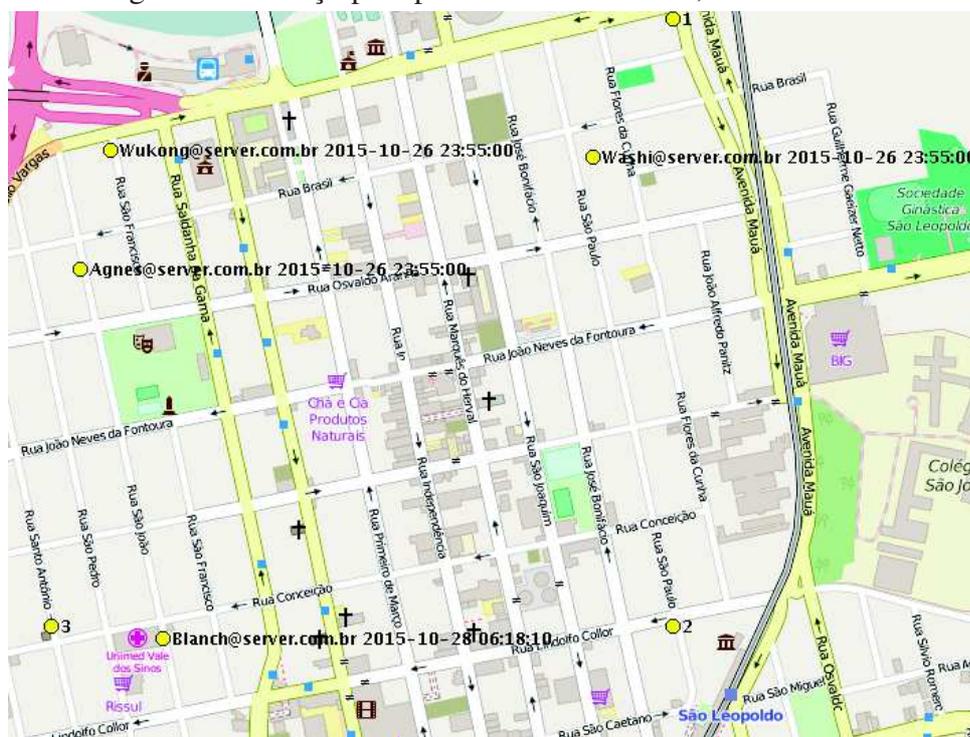
O segundo serviço recebe um ponto e uma distância que é utilizada como raio. Tais informações delimitam uma área de interesse para buscar as rotas que passam nesta área. Para cada ponto encontrado na área definida, é formada sua trilha. Na última linha da Tabela 5 é apresentado exemplo deste serviço. Com este serviço a prefeitura da cidade pode identificar o fluxo de PcDs para instalação de equipamentos de acessibilidade, dimensionar recursos no transporte público, providenciar instalação de equipamentos de segurança em locais que se concentram

Tabela 5: Serviços para profissionais da saúde e administração pública

URI	Exemplo	Parâmetros	Exemplos de Retorno
/saude	e-mail de uma PcD	0; marcelo@server.com;	marcelo@server.com.br;2015-10-27 22:15:05;-29.76739487991662, -51.143932342529;
/saude	por deficiência	1; Membros Inferiores;	blanch@server.com.br;2015-10-31 06:42:10;-29.76498274605886;-51.14484429359436; washi@server.com.br;2015-10-26 23:55:00;-29.76161164763318;-51.14318655816135; agnes@server.com.br;2015-10-26 23:55:00;-29.76313796204300;-51.15116561485442; wukong@server.com.br;2015-10-26 23:55:00;-29.7615156530162;-51.1506956302567;
/saude	lista de e-mail	2; rusa@server.com.br; sophie@server.com.br; hikaa@server.com.br; zoraida@server.com.br; tapah@server.com.br;	rusa@server.com.br;2015-10-26 23:55:00;-29.76364673351294;-51.15146469596206; sophie@server.com.br;2015-10-26 23:55:00;-29.76485626568676;-51.14210772988022; hikaa@server.com.br;2015-10-26 23:55:00;-29.76780330042773;-51.14403039414361; zoraida@server.com.br;2015-10-26 23:55:00;-29.76463547806773;-51.15124038513133; tapah@server.com.br;2015-10-26 23:55:00;-29.76502905599730;-51.15119765925881;
/adm1	trilha de PcD	blanch@server.com.br; 2015-10-31;	1;-29.761927914043167;-51.150659322738650; 2;-29.761918600388520;-51.150541305541990; 3;-29.762123500590990;-51.150498390197754; 4;-29.762542613336443;-51.150412559509280; 5;-29.762542613336443;-51.150187253952026; ...
/adm2	área de interesse	-29.76348328222645; -51.14838480949402; 12;	n conjuntos de pontos, sendo que cada conjunto é formado por uma sequência com identificador, latitude e longitude no mesmo formato do serviço /adm1

Fonte: Elaborado pelo Autor.

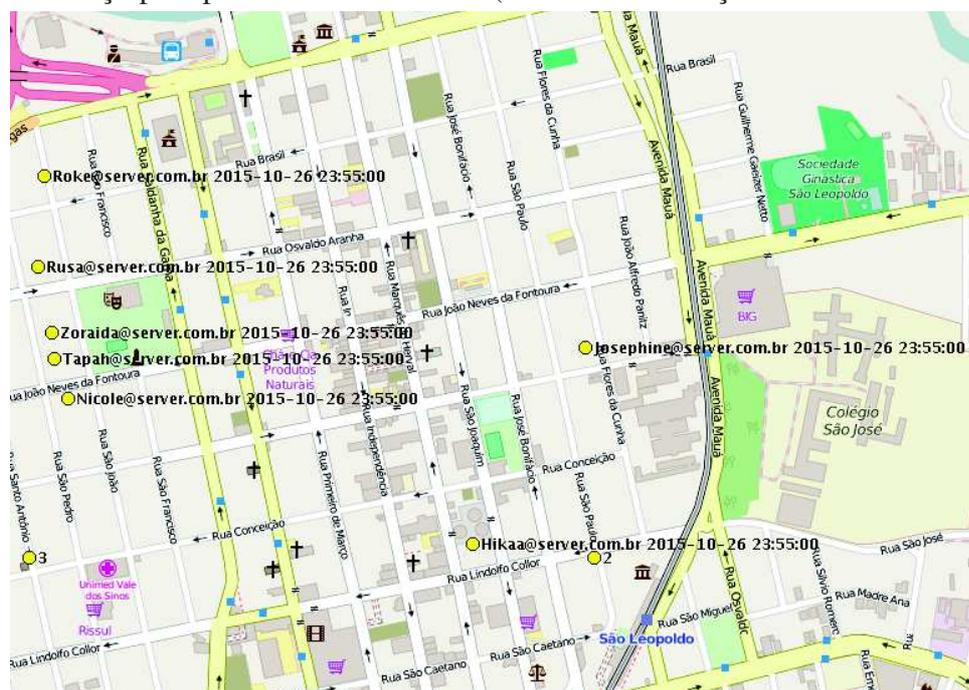
Figura 67: Serviço para profissionais da saúde, lista de PcDs.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

mais PcDs, alocar guardas e agentes de segurança em locais estratégicos, identificar locais para instalação de rampas de acesso e previsão de fluxo para tomada de decisão. A Figura 69 apresenta um mapa com a área interesse, já a Figura 70 apresenta as trilhas que passam pela referida área.

Figura 68: Serviço para profissionais da saúde (PcDs com limitações nos membros inferiores).



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 69: Serviço para prefeitura, ponto e área de interesse.



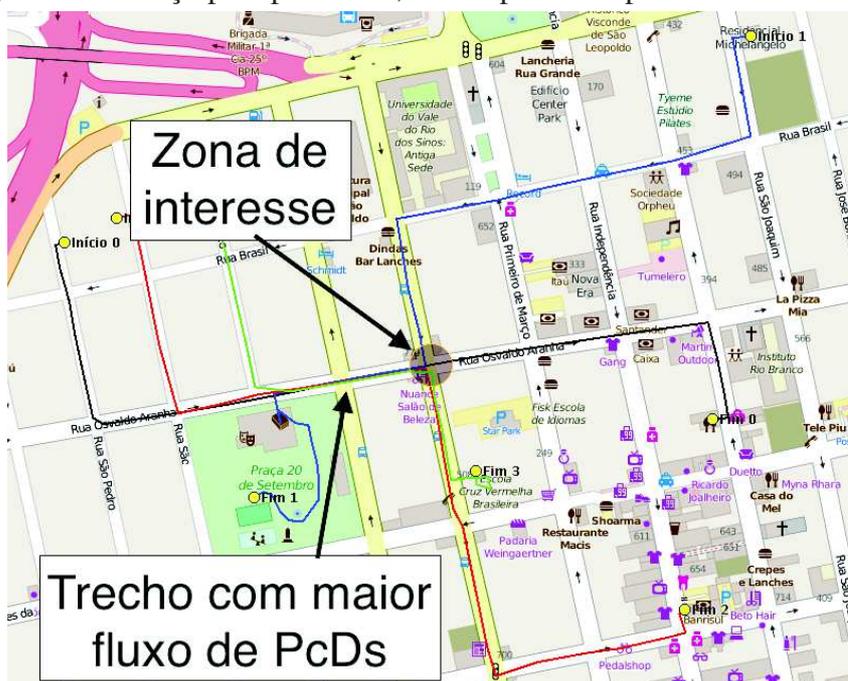
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Os testes de funcionalidade consistiram em atender situações de serviços para três segmentos. Foi realizado teste para serviços destinados a PcDs, serviços para profissionais da área da saúde e serviços para administração pública.

Além dos nove serviços apresentados, outro serviço é descrito para finalizar o capítulo. Uma funcionalidade para administração pública é a identificação automática de locais com concentração de PcDs não só em tempo real mas ao longo do tempo. Para tanto foi desenvolvido um serviço que recebe como parâmetro um ponto, uma distância e uma ou duas datas.

Ao receber um ponto, uma distância e uma data o serviço parte do ponto e encontra locais

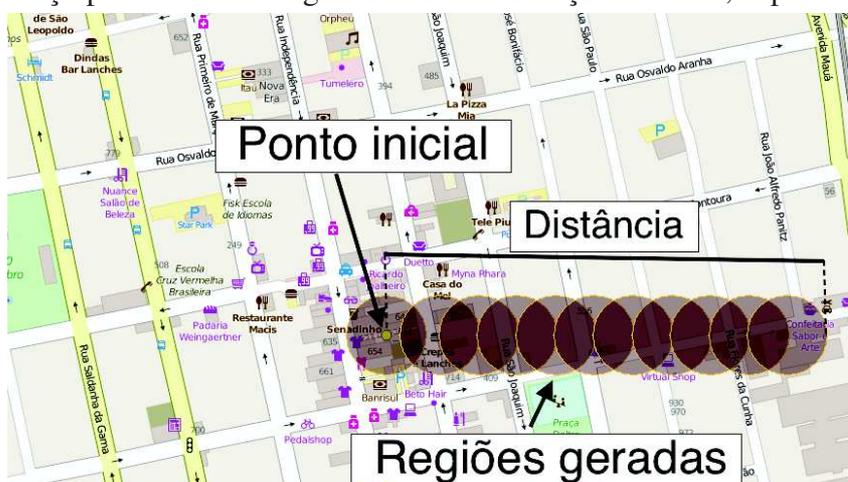
Figura 70: Serviço para prefeitura, trilhas passando pela área de interesse.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

com concentração de trilhas na data informada. A técnica adotada é semelhante do serviço da URI /adm2 pois são geradas regiões de interesse. No teste realizado foram geradas regiões de interesse obedecendo a média das dimensões dos quarteirões da região da simulação. As áreas de interesse são geradas com 55 metros de raio até atingir a distância informada por parâmetro, conforme Figura 71 que apresenta a geração das regiões, para a direita do ponto informado, ou seja leste no mapa.

Figura 71: Serviço para encontrar regiões com concentração de PcDs, expandindo para leste.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

O algoritmo do serviço segue gerando áreas de interesse para oeste, norte e sul, conforme

Com os três testes de funcionalidade percebe-se que novas funcionalidades podem ser desenvolvidas sem a necessidade de novos componentes no modelo, apenas tomando como base trilhas como serviços é possível disponibilizar as informações armazenadas no MASCserver, de diversas formas, seja em aplicações específicas para PcDs, seja para profissionais relacionados a este segmento.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta dissertação apresentou o MASC que é um modelo focado na acessibilidade ubíqua em cidades inteligentes. O objetivo do modelo é proporcionar uma cidade inteligente assistiva para PcDs. A infraestrutura proposta oferece suporte, uma vez que monitora ambientes, recursos e usuários, integrando-os. Além disso utiliza as informações geradas nas interações das próprias PcDs, agregado informações detalhadas para posterior utilização e oferta de TaaS.

O modelo utiliza perfil dos usuários, monitora e gerencia trilhas de entidades disponibilizando as informações, por meio de *web services*, computação em nuvem, IoT e Site Web. A computação ubíqua é o ponto de partida para o modelo proposto, integrando as demais tecnologias, inclusive possibilitando a adição de outros dispositivos, tais como computação vestível ou outros sensores.

No início do capítulo 2 foram introduzidos os conceitos sobre tecnologias adotadas e também uma visão geral sobre a classificação das cidades foi explorada. No capítulo 3 foram apresentados trabalhos relacionados ao MASC, bem como uma relação de critérios para compará-los. Após a comparação entre os trabalhos relacionados o capítulo 4 descreveu o MASC, com seus casos de uso, arquitetura, ontologia e SMA.

No capítulo 5 foram apresentados os aspectos de implementação e avaliação do MASC, detalhando tecnologias do MASCserver, Site Web, AsP e MASCnode. Em especial foi detalhada a implementação do protótipo do MASCserver, seus componentes e serviços básicos. O AsP e MASCnode não foram utilizados para avaliação do modelo, mas mesmo assim foram desenvolvidos para completar o protótipo. Para avaliação foi relatada uma proposta, contemplando recursos dinâmicos, estáticos, profissionais para suporte a PcDs, PcDs e administração pública. Por fim foram realizados testes de desempenho e funcionalidade.

6.1 Contribuições do MASC

No trabalho de MIRRI et al. (2014), um aspecto observado é que o ônibus pode estar com a vaga para usuário de cadeira de rodas ocupada, o modelo não faz interpretação da informação sobre o estado das vagas disponíveis nos veículos de transporte público. O mesmo aspecto deve ser observado para vagas de estacionamento ou outros recursos que apresentem o estado de ocupado/desocupado.

Durante a avaliação do modelo Hefestos desenvolvido por TAVARES et al. (2015), foi possível oferecer suporte a PcDs, utilizando computação ubíqua, para informar aos usuários os recursos que podem auxiliar nas suas atividades no *campus*. Algumas implementações foram indicadas como trabalhos futuros, tais como: a implementação e validação de recursos dinâmicos, tolerância a falhas, testes de carga para verificar a escalabilidade do modelo e suporte a aplicações massivas. Estas implementações são estrategicamente modeladas no MASC, utilizando computação em nuvem, *web services* e IoT.

A contribuição do MASC consiste na infraestrutura proporcionada, a qual pode ser aplicada em larga escala, atendendo sistemas com grande número de usuários e diferentes tipos de deficiência. A representação dos ambientes, usuários e recursos é constituída de forma semântica pois adota conceitos de IoT e ontologia. A semântica é possível com uso da ontologia proposta pelo MASC e pelas informações, coletadas em intervalos regulares, dos diversos ambientes. O servidor do MASC contém as informações registradas pelo MASCnode que é responsável pelo gerenciamento dos sensores instalados nos ambientes monitorados. Como resultado tem-se um modelo para suporte na área da acessibilidade com base em trilhas onde dados sobre interações são utilizados para auxiliar PcDs e usuários relacionados, tais como familiares, profissionais da área da saúde e administração pública.

O MASC contribui com a acessibilidade nas cidades inteligentes. O modelo atende critérios de aplicações massivas, gerencia usuários, adota perfil, trilhas e contextos. Os componentes do MASCserver gerenciam recursos estáticos e dinâmicos, utilizando computação ubíqua, computação em nuvem, IoT, dados abertos e redes de sensores. Como o modelo é genérico o mesmo pode atender diferentes tipos de PcDs, tais como: deficiência visual, deficiência auditiva, deficiência mental, idosos, limitações nos membros inferiores e limitações nos membros superiores.

A oferta de trilhas como serviço para PcDs, profissionais de saúde, familiares e administração pública também é uma contribuição do MASC, assim como a extensão proposta na ontologia de TAVARES et al. (2015). Na extensão são previstos outros tipos de pessoas, locais e seus contextos. Na ontologia original já era prevista a localização de recursos, no entanto os ambientes não eram relacionados e compostos por pessoas e recursos. Com a extensão os ambientes são classificados e caracterizados, possuindo informações atualizadas, visando manter os dados históricos e atuais de cada ambiente atendido pelo MASC.

O protótipo do MASCserver foi composto por um conjunto de serviços web que ficam a disposição para que sistemas externos realizem consultas. Desta forma o MASC contribui com a acessibilidade nas cidades, gerenciando recursos e trilhas das PcDs, oferecendo rotas baseando-se no perfil e contextos dos mesmos.

Por se tratar de um modelo capaz de atender PcDs, profissionais da área de saúde e administração pública, o MASC é capaz de gerenciar recursos de acessibilidade para usuários diversos. Com os serviços disponibilizados podem ser desenvolvidas outras aplicações para áreas diversas, fazendo uso de informações sobre deslocamento de outras pessoas, tais como profissionais de um segmento, estudantes, veículos ou mesmo para controle de cargas.

6.2 Trabalhos Futuros

Como trabalhos futuros destaca-se a necessidade de segmentar o armazenamento dos dados, a fim de garantir buscas otimizadas. A geração de fontes de dados RDF também é uma tarefa a ser realizada, bem como a definição de seu local de armazenamento. Outra seção do MASC

a ser otimizada são os serviços, para atender necessidades de outras áreas, tais como segurança, transporte e planejamento urbano. Também são trabalhos futuros o desenvolvimento de novas funcionalidades no AsP e Site Web. O último serviço descrito também motiva o monitoramento de locais a fim de identificar ociosidade de recursos.

Com relação ao assistente pessoal AsP, o mesmo pode ficar a disposição para as PcDs na *Google Play*, para que seja utilizado em consultas de recursos sobre acessibilidade. Com relação ao MASCnode, basta estender sua área de cobertura desenvolvendo mais unidades com as mesmas tecnologias adotadas. A utilização de mais unidades permite uma rede de sensores para cobrir uma área metropolitana. O MASCnode pode ser utilizado em conjunto com o MASCserver provendo informações coletadas pelos sensores. Tanto o MASCserver, AsP e o MASCnode são contribuições do MASC.

Técnicas de mineração de dados também são necessárias para aprimoramento das buscas, principalmente buscas por trilhas. Mesmo que no protótipo as buscas tenham sido realizadas em tempos adequados, ou seja, menos de 2 segundos, ao longo do uso do sistema as buscas tendem a ser mais complexas em função do volume de dados. Diante desta possibilidade são importantes técnicas de classificação de dados e tratamento destes, a fim de manter os tempos de resposta adequados.

No protótipo do modelo não foi desenvolvida uma camada de autenticação para uso dos serviços, ficando estes abertos para qualquer usuário que tenha acesso a internet. Por questões de segurança e privacidade dos dados, desenvolver uma camada de autenticação, com registros dos acessos e identificação dos usuários é um trabalho a ser considerado em um futuro próximo.

As trilhas oferecidas como serviço podem ser compostas por partes de diferentes trilhas, atualmente são oferecidas trilhas que tenham tanto o ponto de início quanto o ponto de fim. Ao proporcionar trilhas com composição é possível melhorar a oferta de trilhas.

Dentre as alternativas para composição de trilhas pela junção de trechos de diferentes PcDs tem-se algoritmos de caminho mínimo (CORMEN et al., 2001) e (SNIEDOVICH, 2006), onde os vértices conhecidos de trilhas já realizadas podem ser utilizados para geração de uma trilha composta por vértices já visitados por diferentes PcDs. Como alternativa também pode ser utilizado o algoritmo do caixeiro viajante, mas não do carteiro chinês que tem a possibilidade de visitar um local já visitado, o que não é interessante no suporte a PcDs. Outras técnicas presentes na área de complexidade de algoritmos também são possíveis, como exemplo o algoritmo de Floyd (CORMEN et al., 2001) que utiliza programação dinâmica.

Nota-se que o modelo tende a contemplar todas as trilhas possíveis para todos tipos de deficiências, desta forma seria útil desenvolver alguma rotina que identifique isso e elimine o armazenamento, visto que não são mais necessários. Ainda se identifica que um local pode ter todas trilhas possíveis, ou seja, pode ter todas trilhas para todas deficiências, sendo assim, sobre este local não é mais necessário o armazenamento de trilhas.

REFERÊNCIAS

ABASCAL, J.; BONAIL, B.; CASAS, R.; MARCO, A.; SEVILLANO, J. L.; CASCADO, D. Towards an Intelligent and Supportive Environment for People with Physical or Cognitive Restrictions. In: ND INTERNATIONAL CONFERENCE ON PERVASIVE TECHNOLOGIES RELATED TO ASSISTIVE ENVIRONMENTS, 2., 2009, New York, NY, USA. **Proceedings...** ACM, 2009. p. 10:1–10:8. (PETRA '09).

ABOWD, G. D.; DEY, A. K.; BROWN, P. J.; DAVIES, N.; SMITH, M.; STEGGLES, P. Towards a Better Understanding of Context and Context-Awareness. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON HANDHELD AND UBIQUITOUS COMPUTING, 1., 1999, London, UK, UK. **Proceedings...** Springer-Verlag, 1999. p. 304–307. (HUC 99).

ALBARELLO, P. C. **Controle de Acesso Sensível ao Contexto Baseado na Inferência em Trilhas**. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) — Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada (PIPICA), São Leopoldo, Brasil, 2013.

ALBINO, V.; BERARDI, U.; DANGELICO, R. M. Smart Cities: definitions, dimensions, performance, and initiatives. **Journal of Urban Technology**, United Kingdom, v. 22, n. 1, p. 3–21, 2015.

ALMEIDA, M. B.; BAX, M. P. Uma visão geral sobre ontologias: pesquisa sobre definições, tipos, aplicações, métodos de avaliação e de construção. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 32, p. 7–20, Dez 2003.

ALY, W. H. F. MND WSN for Helping People with Different Disabilities. **International Journal of Distributed Sensor Networks**, Cairo, Egypt, v. 2014, n. Article ID 489289, 2014.

ANDROID Studio. Site oficial do IDE Android Studio, Disponível em: <<http://developer.android.com/sdk/index.html>>. Acesso em: 18 mar. 2014.

ANTHOPOULOS, L.; FITSILIS, P. From Digital to Ubiquitous Cities: defining a common architecture for urban development. In: SIXTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTELLIGENT ENVIRONMENTS, 2010., 2010, Washington, DC, USA. **Proceedings...** IEEE Computer Society, 2010. p. 301–306. (IE '10).

ARMBRUST, M.; FOX, A.; GRIFFITH, R.; JOSEPH, A. D.; KATZ, R.; KONWINSKI, A.; LEE, G.; PATTERSON, D.; RABKIN, A.; STOICA, I.; ZAHARIA, M. A View of Cloud Computing. **Communications of the ACM**, New York, NY, USA, v. 53, n. 4, p. 50–58, Apr 2010.

ATZORI, L.; IERA, A.; MORABITO, G. The Internet of Things: a survey. **Computer Networks**, Atlanta, GA, US, v. 54, n. 15, p. 2787–2805, 2010.

BARBA, C.; MATEOS, M.; SOTO, P.; MEZHER, A.; IGARTUA, M. Smart city for VANETs using warning messages, traffic statistics and intelligent traffic lights. In: INTELLIGENT VEHICLES SYMPOSIUM (IV), 2012 IEEE, 2012. **Anais...** IEEE, 2012. p. 902–907.

BARBOSA, D. N.; GEYER, C. F.; BARBOSA, J. L. Globaledu - An Architecture to Support Learning in a Pervasive Computing Environment. In: RETTBERG, A.; BOBDA, C. (Ed.). **New Trends and Technologies in Computer-Aided Learning for Computer-Aided Design**. US: Springer, 2005. p. 1–10. (IFIP — The International Federation for Information Processing, v. 192).

BARBOSA, J.; HAHN, R.; BARBOSA, D. N. F.; GEYER, C. F. R. Learning in Small and Large Ubiquitous Computing Environments. In: IEEE/IFIP INTERNATIONAL CONFERENCE ON EMBEDDED AND UBIQUITOUS COMPUTING - VOLUME 01, 2008., 2008, Washington, DC, USA. **Proceedings...** IEEE Computer Society, 2008. p. 401–407. (EUC '08).

BATISTATOS, M. C.; TSOULOS, G. V.; ATHANASIADOU, G. E. Mobile Telemedicine for Moving Vehicle Scenarios: wireless technology options and challenges. **J. Netw. Comput. Appl.**, London, UK, UK, v. 35, n. 3, p. 1140–1150, May 2012.

BERNERS-LEE, T.; HENDLER, J.; LASSILA, O. The Semantic Web. **Scientific American**, [S.l.], v. 284, n. 5, p. 34–43, May 2001.

BIZER, C.; HEATH, T.; BERNERS-LEE, T. Linked Data - The Story So Far. **International Journal on Semantic Web and Information Systems**, [S.l.], v. 5, n. 3, p. 1–22, 2009.

BOBADILLA, J.; ORTEGA, F.; HERNANDO, A.; GUTIÉRREZ, A. Recommender systems survey. **Knowledge-Based Systems**, Iwate, Japan, v. 46, n. 0, p. 109–132, 2013.

BORGES, A. **Motrix, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Núcleo de Computação Eletrônica**. 2002.

BORGES, J. A. **Dosvox, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Núcleo de Computação Eletrônica**. 2002.

BORGES, J. A.; MONNERAT, L.; TOSO, V.; SÉRGIO, J. **MECDaisy, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Núcleo de Computação Eletrônica**. 2002.

BORGIA, E. **The Internet of Things vision: key features, applications and open issues**. Pisa, Italy: Elsevier, 2014. 1–31 p. v. 54.

BRASIL. **Lei nº 9.503 de 23 de setembro de 1997**. Código de Trânsito Brasileiro, Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19503.htm>. Acesso em: 04 mai. 2015.

BRASIL. **Decreto nº 3.298 de 20 de dezembro de 1999**. Regulamenta a Lei nº 7.853 de 24 de outubro de 1989, que dispõe sobre a Política Nacional para a Integração da Pessoa Portadora de Deficiência, consolida as normas de proteção e dá outras providências, Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d3298.htm>. Acesso em: 02 mai. 2015.

BRASIL. **Lei nº 10.098 de 19 de dezembro de 2000**. Normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida, Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/110098.htm>. Acesso em: 02 mai. 2015.

BRASIL. **Lei nº 10.436 de 24 de abril de 2002**. Dispõe sobre a Língua Brasileira de Sinais - Libras e dá outras providências, Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/110436.htm>. Acesso em: 28 mai. 2015.

BRASIL. **Decreto nº 5.296 de 2 de dezembro de 2004.** Regulamenta a Leis nº 10.048, de 8 de novembro de 2000, que dá prioridade de atendimento às pessoas que especifica, e 10.098, de 19 de dezembro de 2000, que estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida, e dá outras providências, Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5296.htm>. Acesso em: 04 mai. 2015.

BRASIL. **Lei nº 11.126 de 27 de junho de 2005.** Dispõe sobre o direito do portador de deficiência visual de ingressar e permanecer em ambientes de uso coletivo acompanhado de cão-guia, Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/Lei/L11126.htm>. Acesso em: 28 mai. 2015.

BRASIL. **Decreto nº 6.949, de 25 de agosto de 2009.** Promulga a Convenção Internacional sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência e seu Protocolo Facultativo, assinados em Nova York, em 30 de março de 2007., Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/decreto/d6949.htm>. Acesso em: 04 mai. 2015.

BRASIL. **Lei 12.587, de 3 de janeiro de 2012.** Política Nacional de Mobilidade Urbana, Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2012/lei-12587-3-janeiro-2012-612248-normaatualizada-pl.pdf>>. Acesso em: 04 mai. 2015.

BUSINESS GS1, T. G. L. of. **Funcionamento do EPCIS.** 2015.

CABALLER, M.; DE ALFONSO, C.; ALVARRUIZ, F.; MOLTÓ, G. EC3: elastic cloud computing cluster. **Journal of Computer and System Sciences**, Orlando, FL, USA, v. 79, n. 8, p. 1341–1351, Dec 2013.

CACERES, R.; FRIDAY, A. Ubicomp Systems at 20: progress, opportunities, and challenges. **Pervasive Computing, IEEE**, Washington, DC, USA, v. 11, n. 1, p. 14–21, Jan 2012.

CAPORUSCIO, M.; GHEZZI, C. Engineering Future Internet Applications: the prime approach. **Journal of Systems and Software**, Amsterdam, The Netherlands, 2015.

CARDONHA, C.; GALLO, D.; AVEGLIANO, P.; HERRMANN, R.; KOCH, F.; BORGER, S. A Crowdsourcing Platform for the Construction of Accessibility Maps. In: INTERNATIONAL CROSS-DISCIPLINARY CONFERENCE ON WEB ACCESSIBILITY, 10., 2013, New York, NY, USA. **Proceedings...** ACM, 2013. p. 26:1–26:4. (W4A '13).

CARROLL, J. J.; DICKINSON, I.; DOLLIN, C.; REYNOLDS, D.; SEABORNE, A.; WILKINSON, K. Jena: implementing the semantic web recommendations. In: INTERNATIONAL WORLD WIDE WEB CONFERENCE ON ALTERNATE TRACK PAPERS & POSTERS, 13., 2004, New York, NY, USA. **Proceedings...** ACM, 2004. p. 74–83. (WWW Alt. '04).

CHEN, G.; KOTZ, D. **A Survey of Context-Aware Mobile Computing Research.** Hanover, NH, USA: Dartmouth College, 2000.

CHIN, K.-Y.; CHEN, Y.-L. A Mobile Learning Support System for Ubiquitous Learning Environments. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, Budapest, Hungary, v. 73, n. 0,

p. 14–21, 2012. Proceedings of the 2nd International Conference on Integrated Information (IC-ININFO 2012).

CHOURABI, H.; NAM, T.; WALKER, S.; GIL-GARCIA, J.; MELLOULI, S.; NAHON, K.; PARDO, T.; SCHOLL, H. J. **Understanding Smart Cities: an integrative framework**. Wailea, Maui, Hawaii, 2012. 2289–2297 p.

CIMMINO, A.; PECORELLA, T.; FANTACCI, R.; GRANELLI, F.; RAHMAN, T. F.; SACCHI, C.; CARLINI, C.; HARSH, P. The role of small cell technology in future Smart City applications. **Transactions on Emerging Telecommunications Technologies**, London, UK, v. 25, n. 1, p. 11–20, 2014.

CLOUD 4all. Working to make a more accessible world, Disponível em: <<http://www.cloud4all.info/>>. Acesso em: 20 nov. 2014.

COEN, M. H. Design Principles for Intelligent Environments. In: FIFTEENTH NATIONAL/TENTH CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE/INNOVATIVE APPLICATIONS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE, 1998, Menlo Park, CA, USA. **Proceedings...** American Association for Artificial Intelligence, 1998. p. 547–554. (AAAI '98/IAAI '98).

CORMEN, T. H.; STEIN, C.; RIVEST, R. L.; LEISERSON, C. E. **Introduction to Algorithms**. 2nd. ed. Cambridge, Massachusetts: McGraw-Hill Higher Education, 2001.

COSTA, C. A. da. **Software Infrastructure for Ubiquitous Computing: a context-aware service-based approach**. Saarbrücken, Germany, Germany: VDM Verlag, 2009.

COSTA, C. A. da; YAMIN, A. C.; GEYER, C. F. R. Toward a General Software Infrastructure for Ubiquitous Computing. **IEEE Pervasive Computing**, Piscataway, NJ, USA, v. 7, n. 1, p. 64–73, Jan 2008.

CRAWFORD, K.; BOYD, D. Six provocations for big data. **A Decade in Internet Time: Symposium on the Dynamics of the Internet and Society**, Cambridge, MA, United States, 2011.

DATAPOA. Dados coletados referentes acidentes de trânsito, Disponível em: <<http://www.datapoa.com.br/>>. Acesso em: 14 out. 2014.

DEAKIN, M. Smart cities: the state-of-the-art and governance challenge. **Triple Helix**, Bonn, Germany, v. 1, n. 1, 2014.

DEAN, J.; GHEMAWAT, S. MapReduce: simplified data processing on large clusters. **Communications of the ACM**, New York, NY, USA, v. 51, n. 1, p. 107–113, Jan 2008.

DEY, A.; ABOWD, G.; SALBER, D. A Context-Based Infrastructure for Smart Environments. In: NIXON, P.; LACEY, G.; DOBSON, S. (Ed.). **Managing Interactions in Smart Environments**. London: Springer, 2000. p. 114–128.

DEY, A. K. Understanding and Using Context. **Personal Ubiquitous Comput.**, London, UK, UK, v. 5, n. 1, p. 4–7, Jan 2001.

DEY, A. K.; ABOWD, G. D.; SALBER, D. A Conceptual Framework and a Toolkit for Supporting the Rapid Prototyping of Context-aware Applications. **Human-Computer Interaction**, Hillsdale, NJ, USA, v. 16, n. 2, p. 97–166, Dec 2001.

DING, C.; WALD, M.; WILLS, G. A Survey of Open Accessibility Data. In: WEB FOR ALL CONFERENCE, 11., 2014, New York, NY, USA. **Proceedings...** ACM, 2014. p. 37:1–37:4. (W4A '14).

DING, C.; WALD, M.; WILLS, G. Linked Data-driven Decision Support for Accessible Travelling. In: WEB FOR ALL CONFERENCE, 12., 2015, New York, NY, USA. **Proceedings...** ACM, 2015. p. 39:1–39:2. (W4A '15).

DOMINGO, M. C. An overview of the Internet of Things for people with disabilities. **Journal of Network and Computer Applications**, Norman, Oklahoma, USA, v. 35, n. 2, p. 584–596, 2012. Simulation and Testbeds.

DOUKAS, C.; METSIS, V.; BECKER, E.; LE, Z.; MAKEDON, F.; MAGLOGIANNIS, I. Digital cities of the future: extending @home assistive technologies for the elderly and the disabled. **Telematics and Informatics**, Kowloon, Hong Kong, v. 28, n. 3, p. 176–190, 2011. Digital Cities.

ESTELLÉS AROLAS, E.; GONZÁLEZ LADRÓN DE GUEVARA, F. Towards an integrated crowdsourcing definition. **Journal of Information Science**, Thousand Oaks, CA, USA, v. 38, n. 2, p. 189–200, 2012.

EUROPEAN. Smart Cities, Disponível em: <http://www.smart-cities.eu/download/smart_cities_final_report.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2014.

FALK, R. A.; TAVARES, J. E. d. R.; BARBOSA, J. L. Tirésias: um modelo para acessibilidade ubíqua orientado à deficiência visual. **Revista Brasileira de Computação Aplicada: RBCA**, Passo Fundo, Brasil, v. 5, n. 1, Mai 2013.

FANO, A.; GERSHMAN, A. The Future of Business Services in the Age of Ubiquitous Computing. **Communications of the ACM**, New York, NY, USA, v. 45, n. 12, p. 83–87, Dec 2002.

FARIA, J.; LOPES, S.; FERNANDES, H.; MARTINS, P.; BARROSO, J. **Electronic white cane for blind people navigation assistance**. Kobe, Japan, 2010. 1–7 p.

Fast Company. **Moovit: metro, Ônibus e trens**. Aplicativo para transporte público, Disponível em: <<http://moovitapp.com>>. Acesso em: 15 mar. 2015.

FAZEL, R. R. Recent advances in brain–computer interface systems. **InTech**, Croatia, 2011.

FELTES, L. H.; BARBOSA, J. L. MD-UTS: um modelo para desenvolvimento de sistemas ubíquos de transporte. **IX Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação (SBSI)**, João Pessoa, p. 649–660, 2013.

FERNANDES, H.; CONCEIÇÃO, N.; PAREDES, H.; PEREIRA, A.; ARAÚJO, P.; BARROSO, J. Providing accessibility to blind people using GIS. **Universal Access in the Information Society**, London, United Kingdom, v. 11, n. 4, p. 399–407, 2012.

FERNANDES, H.; FILIPE, V.; COSTA, P.; BARROSO, J. Location based Services for the Blind Supported by RFID Technology. **Procedia Computer Science**, Vigo, Spain, v. 27, n. 0, p. 2–8, 2014. 5th International Conference on Software Development and Technologies for Enhancing Accessibility and Fighting Info-exclusion, DSAI 2013.

- FERRARI, L.; BERLINGERIO, M.; CALABRESE, F.; READES, J. Improving the accessibility of urban transportation networks for people with disabilities. **Transportation Research Part C: Emerging Technologies**, Wisconsin, Madison, USA, v. 45, n. 0, p. 27–40, 2014. Advances in Computing and Communications and their Impact on Transportation Science and Technologies.
- FILIPPONI, L.; VITALETTI, A.; LANDI, G.; MEMEO, V.; LAURA, G.; PUCCI, P. **Smart City**: an event driven architecture for monitoring public spaces with heterogeneous sensors. Venice, 2010. 281–286 p.
- FINGUERUT, S.; FERNANDES, J. d. M.; VEGARA, A.; LEITE, C.; MONZONI, M.; COSTA, C. A.; JUNQUEIRA, P.; RUIZ, I.; TIGRE, A.; FRARE, I.; OSIAS, C. d. S.; CONTARDI, M.; ; RISTUCCIA, M. S.; NOBRE, L.; ANDRADE, M. d.; REIS, S. **Cidades Inteligentes e Mobilidade Urbana**. 2014. v. 24.
- FÓRUM TÉCNICO Mobilidade Urbana – Construindo Cidades Inteligentes. Plenário da Assembleia de Minas, 2013.
- GILART-IGLESIAS, V.; MORA, H.; PÉREZ-DELHOYO, R.; GARCÍA-MAYOR, C. A Computational Method based on Radio Frequency Technologies for the Analysis of Accessibility of Disabled People in Sustainable Cities. **Sustainability**, Basel, Switzerland, v. 7, n. 11, p. 14935–14963, 2015.
- GOUVEIA, C.; RUA, D.; SOARES, F.; MOREIRA, C.; MATOS, P.; LOPES, J. P. Development and implementation of Portuguese smart distribution system. **Electric Power Systems Research**, Bologna, Italy, v. 120, n. 0, p. 150–162, 2015. Smart Grids: World’s Actual Implementations.
- GRUBER, T. R. Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing. **International Journal of Human-Computer Studies.**, Duluth, MN, USA, v. 43, n. 5-6, p. 907–928, Dec 1995.
- GUARINO, N. Understanding, Building and Using Ontologies. **International Journal of Human-Computer Studies**, Duluth, MN, USA, v. 46, n. 2-3, p. 293–310, Mar 1997.
- GUARINO, N. **Formal Ontology in Information Systems**: proceedings of the 1st international conference june 6-8, 1998, trento, italy. 1st. ed. Amsterdam, The Netherlands, The Netherlands: IOS Press, 1998.
- HAARSLEV, V.; MÖLLER, R. Automated Reasoning: first international joint conference, ijcar 2001 siena, italy, june 18–22, 2001 proceedings. In: _____. . Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2001. p. 701–705.
- HADA, H.; MITSUGI, J. **EPC based internet of things architecture**. Sitges, Spain, 2011. 527–532 p.
- HADLEY, M.; SANDOZ, P. **JAX-RS**: java api for restful web services. Sun Microsystems, Inc. 4150 Network Circle, Santa Clara, CA 95054 USA 180, Avenue de L’Europe, 38330 Montbonnot Saint Martin, France, 2008.
- HAHN, R. **SIM**: uma arquitetura para determinação de similaridade entre trilhas. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) — Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada (PIPICA), São Leopoldo, Brasil, 2011.

HAKOBYAN, L.; LUMSDEN, J.; O'SULLIVAN, D.; BARTLETT, H. Mobile assistive technologies for the visually impaired. **Survey of Ophthalmology**, Plymouth, Massachusetts, USA, v. 58, n. 6, p. 513–528, 2013.

HAND Talk. Aplicativo para surdos, Disponível em: <www.handtalk.me>. Acesso em: 24 mai. 2015.

HASHEM, I. A. T.; YAQOOB, I.; ANUAR, N. B.; MOKHTAR, S.; GANI, A.; KHAN, S. U. The rise of big data on cloud computing: review and open research issues. **Information Systems**, Muenster, Germany, v. 47, n. 0, p. 98–115, 2015.

HASSAN, M. M.; ALBAKR, H. S.; AL-DOSSARI, H. A Cloud-Assisted Internet of Things Framework for Pervasive Healthcare in Smart City Environment. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON EMERGING MULTIMEDIA APPLICATIONS AND SERVICES FOR SMART CITIES, 1., 2014, New York, NY, USA. **Proceedings...** ACM, 2014. p. 9–13. (EMASC '14).

HIGHTOWER, J.; BORRIELLO, G. Location Systems for Ubiquitous Computing. **Computer**, Los Alamitos, CA, USA, v. 34, n. 8, p. 57–66, Aug 2001.

HU, B.; XIAO, L.; DUPPLAW, D. **Knowledge Management in Ubiquitous Healthcare**. Birmingham, England, 2007. 624–629 p.

IBGE. Censo Demográfico, Características gerais da população, Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/caracteristicas_religiao_deficiencia/default_caracteristicas_religiao_deficiencia.shtm>. Acesso em: 10 nov. 2014.

ISO. **Assistive products for persons with disability - Classification and terminology**. International Organization for Standardization, Disponível em: <http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=50982>. Acesso em: 20 jan. 2016.

ISOTANI, S.; IBERT BITTENCOURT, I.; FRANCINE BARBOSA, E.; DERMEVAL, D.; OSCAR ARAUJO PAIVA, R. Ontology Driven Software Engineering: a review of challenges and opportunities. **Latin America Transactions, IEEE (Revista IEEE America Latina)**, America Latina, v. 13, n. 3, p. 863–869, 2015.

JANG, M.; SUH, S.-T. U-city: new trends of urban planning in korea based on pervasive and ubiquitous geotechnology and geoinformation. In: **Computational Science and Its Applications–ICCSA 2010**. Fukuoka, Japan: Springer, 2010. p. 262–270.

JBOOS Developer. Site oficial do JBoos Developer Studio, Disponível em: <<http://www.jboss.org/products/devstudio/get-started/#!project=devstudio>>. Acesso em: 16 mai. 2014.

KARNOUSKOS, S.; HOLANDA, T. de. **Simulation of a Smart Grid City with Software Agents**. Athens Greece, 2009. 424–429 p.

KBAR, G.; ALY, S.; ELSHARAWY, I.; BHATIA, A.; ALHASAN, N.; ENRIQUEZ, R. Smart Help at the Workplace for Persons with Disabilities (SHW-PWD). **International Journal of Computer, Control, Quantum and Information Engineering**, Marrakech, Maroc, v. 9, n. 1, p. 84–90, 2015.

- KIM, E. **OASIS Advancing Open Standards for the Information Society**. Web Services Quality Factors Version 1.0. 31 Oct., Disponível em: <<http://docs.oasis-open.org/wsrm/WS-Quality-Factors/v1.0/WS-Quality-Factors-v1.0.html>>. Acesso em: 15 jan. 2016.
- KIM, H.-K. Convergence agent model for developing u-healthcare systems. **Future Generation Computer Systems**, Amsterdam, Netherlands, v. 35, n. 0, p. 39–48, 2014. Special Section: Integration of Cloud Computing and Body Sensor Networks; Guest Editors: Giancarlo Fortino and Mukaddim Pathan.
- KITCHIN, R. The real-time city? Big data and smart urbanism. **GeoJournal**, Ohio, USA, v. 79, n. 1, p. 1–14, 2014.
- KNAPPMAYER, M.; KIANI, S.; REETZ, E.; BAKER, N.; TONJES, R. Survey of Context Provisioning Middleware. **Communications Surveys Tutorials, IEEE**, Athens, v. 15, n. 3, p. 1492–1519, Mar 2013.
- KNUBLAUCH, H.; FERGERSON, R. W.; NOY, N. F.; MUSEN, M. A. The Protégé OWL plugin: an open development environment for semantic web applications. In: **THE SEMANTIC WEB - ISWC, 2004. Anais...** Springer, 2004. p. 229–243.
- KOMNINOS, N. The architecture of intelligent cities: integrating human, collective and artificial intelligence to enhance knowledge and innovation. In: **INTELLIGENT ENVIRONMENTS, 2006. IE 06. 2ND IET INTERNATIONAL CONFERENCE ON, 2006, Athens. Anais...** IET, 2006. v. 1, p. 13–20.
- KOMNINOS, N.; BRATSAS, C.; KAKDERI, C.; TSARCHOPOULOS, P. Smart city ontologies: improving the effectiveness of smart city applications. **Journal of Smart Cities**, URENIO Research, Department of Urban and Regional Development and Planning, Aristotle University of Thessaloniki, 54124, Thessaloniki, Greece; Email: komninos@urenio.org, v. 1, Sep 2015.
- KOMNINOS, N.; PALLOT, M.; SCHAFFERS, H. Special Issue on Smart Cities and the Future Internet in Europe. **Journal of the Knowledge Economy**, Washington, USA, v. 4, n. 2, p. 119–134, 2013.
- KOMNINOS, N.; TSARCHOPOULOS, P.; KAKDERI, C. New Services Design for Smart Cities: a planning roadmap for user-driven innovation. In: **ACM INTERNATIONAL WORKSHOP ON WIRELESS AND MOBILE TECHNOLOGIES FOR SMART CITIES, 2014., 2014, New York, NY, USA. Proceedings...** ACM, 2014. p. 29–38. (WiMobCity '14).
- KWON, O.; YOO, K.; SUH, E. UbiDSS: a proactive intelligent decision support system as an expert system deploying ubiquitous computing technologies. **Expert Systems with Applications**, Louisiana, USA, v. 28, n. 1, p. 149–161, 2005.
- LAURILA, J. K.; GATICA-PEREZ, D.; AAD, I.; BORNET, O.; DO, T.-M.-T.; DOUSSE, O.; EBERLE, J.; MIETTINEN, M. et al. **The mobile data challenge: big data for mobile computing research**. Paris, France: CiteSeerX, 2012. n. EPFL-CONF-192489.
- LE, T. D.; KIM, S. H.; NGUYEN, M. H.; KIM, D.; SHIN, S. Y.; LEE, K. E.; RIGHI, R. d. R. **EPC information services with No-SQL datastore for the Internet of Things**. Orlando, FL, USA: IEEE, 2014. 47–54 p.

LEE, J. H.; HANCOCK, M. G.; HU, M.-C. Towards an effective framework for building smart cities: lessons from seoul and san francisco. **Technological Forecasting and Social Change**, New York, USA, v. 89, n. 0, p. 80–99, 2014.

LEE, J. H.; PHAAL, R.; LEE, S.-H. An integrated service-device-technology roadmap for smart city development. **Technological Forecasting and Social Change**, New York, USA, v. 80, n. 2, p. 286–306, 2013. World problems, Emerging technologies and Creative Enterprise.

LEE, R. C.; TEPFENHART, W. M. **UML and C++: a practical guide to object-oriented development**. 2nd. ed. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall PTR, 2000.

LEE, S. H.; HAN, J. H.; LEEM, Y. T.; YIGITCANLAR, T. Towards ubiquitous city : concept, planning, and experiences in the republic of korea. In: YIGITCANLAR, T.; VELIBEYOGLU, K.; BAUM, S. (Ed.). **Knowledge-Based Urban Development : planning and applications in the information era**. Hershey, Pa.: IGI Global, Information Science Reference, 2008. p. 148–169.

LEEM, C. S.; KIM, B. G. Taxonomy of Ubiquitous Computing Service for City Development. **Personal Ubiquitous Computing**, London, UK, UK, v. 17, n. 7, p. 1475–1483, Oct 2013.

LEIJDEKKERS, P.; GAY, V. **A Self-Test to Detect a Heart Attack Using a Mobile Phone and Wearable Sensors**. Jyvaskyla: IEEE, 2008. 93–98 p.

LYYTINEN, K.; YOO, Y. Introduction. **Communications of the ACM**, New York, NY, USA, v. 45, n. 12, p. 62–65, Dec 2002.

MAHENGE, M. P.; MWANGOKA, J. W. Mobile-based system for cost-effective e-learning contents delivery in resource and bandwidth constrained learning environments. **Knowledge Management & E-Learning: An International Journal (KM&EL)**, Hong King, v. 6, n. 4, p. 449–463, 2015.

MARTIN, M.; NURMI, P. A Generic Large Scale Simulator for Ubiquitous Computing. In: **THIRD ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE ON MOBILE AND UBIQUITOUS SYSTEMS: NETWORKING & SERVICES, 2006 (MOBIQUITOUS 2006)**, 2006, San Jose, California, USA. **Anais...** IEEE Computer Society, 2006.

MARTINS, M. V. L. **FrameTrail: um framework para o desenvolvimento de aplicações orientadas a trilhas**. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) — Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada (PIPICA), São Leopoldo, Brasil, 2011.

MELL, P. M.; GRANCE, T. **SP 800-145. The NIST Definition of Cloud Computing**. Gaithersburg, MD, United States: National Institute of Standards & Technology, 2011.

MIDDLETON, S. E.; SHADBOLT, N. R.; DE ROURE, D. C. Ontological User Profiling in Recommender Systems. **ACM Transactions on Information Systems**, New York, NY, USA, v. 22, n. 1, p. 54–88, Jan 2004.

MIRRI, S.; PRANDI, C.; SALOMONI, P.; CALLEGATI, F.; CAMPI, A. **On Combining Crowdsourcing, Sensing and Open Data for an Accessible Smart City**. Oxford: IEEE, 2014. 294–299 p.

MOLYNEAUX, I. The art of application performance testing. From Strategy to Tools. **SciTech Book News**, Sebastopol, CA, USA, 2014.

MONGODB. Site oficial do MongoDB, Disponível em: <<https://www.mongodb.org/>>. Acesso em: 05 fev. 2014.

MOTIK, B.; SHEARER, R.; HORROCKS, I. Hypertableau reasoning for description logics. **Journal of Artificial Intelligence Research**, [S.l.], v. 36, n. 1, p. 165–228, 2009.

MOTIWALLA, L. F. Mobile Learning: a framework and evaluation. **Computers & Education**, Oxford, UK, v. 49, n. 3, p. 581–596, Nov 2007.

MYSQL. Site oficial do MySQL, Disponível em: <<https://www.mysql.com/products/community/>>. Acesso em: 20 mar. 2015.

NANDISH, M.; BALAJI, M. C.; SHANTALA, C. An Outdoor Navigation With Voice Recognition Security Application For Visually Impaired People. **International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT)**, Louisiana, USA., v. 10, n. 10, p. 500–504, Apr 2014.

NANNI, S.; MAZZINI, G. **Smart City, a model and an architecture of a real project:** sensornet. Primosten, Croatia: IEEE, 2013. 1–4 p.

NATI, M.; GLUHAK, A.; ABANGAR, H.; HEADLEY, W. **SmartCampus:** a user-centric testbed for internet of things experimentation. Atlantic City, NJ: IEEE, 2013. 1–6 p.

NIEMELÄ, E.; LATVAKOSKI, J. Survey of Requirements and Solutions for Ubiquitous Software. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MOBILE AND UBIQUITOUS MULTIMEDIA, 3., 2004, New York, NY, USA. **Proceedings...** ACM, 2004. p. 71–78. (MUM 04).

NIU, X.; ZHU, Y.; CAO, Q.; ZHANG, X.; XIE, W.; ZHENG, K. An Online-Traffic-Prediction Based Route Finding Mechanism for Smart City. **International Journal of Distributed Sensor Networks**, Bristol, PA, USA, v. 501, Jan 2015.

NUNES, D.; ZHANG, P.; SILVA, J. A survey on Human-in-the-Loop applications towards an Internet of All. **Communications Surveys Tutorials, IEEE**, Winnipeg, CANADA, v. PP, n. 99, p. 944–965, 2015.

O’CONNOR, M. J.; DAS, A. K. SQWRL: a query language for owl. In: OWL: Experiences and Directions (OWLED), Fifth International Workshop, 2009, Chantilly, VA, USA. **Anais...** Stanford Center for Biomedical Informatics Research, 2009.

OSM. Open Street Map, Disponível em: <<http://www.openstreetmap.org/>>. Acesso em: 10 nov. 2015.

PADGHAM, L.; WINIKOFF, M. Prometheus: a methodology for developing intelligent agents. In: AGENT-ORIENTED SOFTWARE ENGINEERING III: THIRD INTERNATIONAL WORKSHOP, AOSE 2002, JULY 15, 2002 REVISED PAPERS AND INVITED CONTRIBUTIONS, 2003, Bologna, Italy. **Anais...** Springer, 2003. p. 174–185.

- PADGHAM, L.; WINIKOFF, M.; DELOACH, S.; COSSENTINO, M. A Unified Graphical Notation for AOSE. In: AGENT-ORIENTED SOFTWARE ENGINEERING IX: 9TH INTERNATIONAL WORKSHOP, AOSE 2008, MAY 12-13, 2008 REVISED SELECTED PAPERS, 2009, Estoril, Portugal. **Anais...** Springer, 2009. p. 116–130.
- PALLIS, G. Cloud Computing: the new frontier of internet computing. **IEEE Internet Computing**, Los Alamitos, CA, USA, v. 14, n. 5, p. 70–73, 2010.
- PEJOVIC, V.; MUSOLESI, M. Anticipatory Mobile Computing: A survey of the state of the art and research challenges. **CoRR**, New York, NY, USA, v. abs/1306.2356, 2013.
- PERBOLI, G.; MARCO, A. D.; PERFETTI, F.; MARONE, M. A New Taxonomy of Smart City Projects. **Transportation Research Procedia**, Sevilla, Spain, v. 3, n. 0, p. 470–478, 2014. 17th Meeting of the EURO Working Group on Transportation, EWGT2014, 2-4 July 2014, Sevilla, Spain.
- PERERA, C.; ZASLAVSKY, A.; CHRISTEN, P.; GEORGAKOPOULOS, D. Sensing as a service model for smart cities supported by internet of things. **Transactions on Emerging Telecommunications Technologies**, London, UK, v. 25, n. 1, p. 81–93, 2014.
- PETROLO, R.; LOSCRÍ, V.; MITTON, N. Towards a Smart City Based on Cloud of Things. In: ACM INTERNATIONAL WORKSHOP ON WIRELESS AND MOBILE TECHNOLOGIES FOR SMART CITIES, 2014., 2014, New York, NY, USA. **Proceedings...** ACM, 2014. p. 61–66. (WiMobCity '14).
- PIRO, G.; CIANCI, I.; GRIECO, L.; BOGGIA, G.; CAMARDA, P. Information centric services in Smart Cities. **Journal of Systems and Software**, Amsterdam, Netherlands, v. 88, n. 0, p. 169–188, 2014.
- PRODEAF. Aplicativo para surdos, Disponível em: <<http://prodeaf.net/>>. Acesso em: 24 mai. 2015.
- QIN, W.; SHI, Y.; SUO, Y. Ontology-based context-aware middleware for smart spaces. **Tsinghua Science & Technology**, Beijing, China, v. 12, n. 6, p. 707–713, 2007.
- RGHIOUI, A.; BOUCHKAREN, S.; KHANNOUS, A.; BOUHORMA, M. **Securing private wireless sensors in a shared environment in the Internet of Things context**. Tetuan, Madrid, Spain, 2014. 1–6 p.
- ROTONDO, F. The U-city paradigm: opportunities and risks for e-democracy in collaborative planning. **Future Internet**, Basel, Switzerland, v. 4, n. 2, p. 563–574, 2012.
- SANCHEZ, L.; GALACHE, J.; GUTIERREZ, V.; HERNANDEZ, J.; BERNAT, J.; GLUHAK, A.; GARCIA, T. **SmartSantander**: the meeting point between future internet research and experimentation and the smart cities. Warsaw, Poland, 2011. 1–8 p.
- SANCHEZ, L.; MUÑOZ, L.; GALACHE, J. A.; SOTRES, P.; SANTANA, J. R.; GUTIERREZ, V.; RAMDHANY, R.; GLUHAK, A.; KRICO, S.; THEODORIDIS, E.; PFISTERER, D. SmartSantander: iot experimentation over a smart city testbed. **Computer Networks**, Santander, Spain, v. 61, n. 0, p. 217–238, 2014. Special issue on Future Internet Testbeds – Part I.
- Sandia National Laboratories. **Jess, the Rule Engine for the Java Platform**. 2009.

- SAP. Standardized Technical Architecture Modeling, Disponível em: <http://www.fmc-modeling.org/download/fmc-and-tam/SAP-TAM_Standard.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2015.
- SARJI, D. HandTalk: assistive technology for the deaf. **IEEE Computer Society**, Pittsburgh, PA, v. 41, n. 7, p. 84–86, Jul 2008.
- DOMINGUE, J.; GALIS, A.; GAVRAS, A.; ZAHARIADIS, T.; LAMBERT, D.; CLEARY, F.; DARAS, P.; KRICO, S.; MÜLLER, H.; LI, M.-S.; SCHAFFERS, H.; LOTZ, V.; ALVAREZ, F.; STILLER, B.; KARNOUSKOS, S.; AVESSTA, S.; NILSSON, M. (Ed.). **Smart Cities and the Future Internet: towards cooperation frameworks for open innovation**. London New York: Springer Berlin Heidelberg, 2011. 431–446 p. (Lecture Notes in Computer Science, v. 6656).
- SCHMETZKE, A. Accessibility of Web-based information resources for people with disabilities. **Library Hi Tech**, Berlin, Germany, v. 20, n. 2, p. 135–136, 2002.
- SHIN, D.-H. Ubiquitous City: urban technologies, urban infrastructure and urban informatics. **Journal of Information Science**, Thousand Oaks, CA, USA, v. 35, n. 5, p. 515–526, Oct 2009.
- SHIN, D.-H. Ubiquitous computing acceptance model: end user concern about security, privacy and risk. **International Journal of Mobile Communications**, Inderscience Publishers, Geneva, SWITZERLAND, v. 8, n. 2, p. 169–186, Feb 2010.
- SILVA, J.; ROSA, J. a.; BARBOSA, J.; BARBOSA, D. N. F.; PALAZZO, L. A. M. **Content Distribution in Trial-aware Environments**. New York, NY, USA: ACM, 2009. 15:1–15:8 p. (WebMedia '09).
- SIRIN, E.; PARSIA, B.; GRAU, B. C.; KALYANPUR, A.; KATZ, Y. Pellet: a practical owl-dl reasoner. **Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web**, [S.l.], v. 5, n. 2, p. 51–53, 2007. Software Engineering and the Semantic Web.
- SNEHA, S.; VARSHNEY, U. Enabling ubiquitous patient monitoring: model, decision protocols, opportunities and challenges. **Decision Support Systems**, Atlanta GA 30302, USA, v. 46, n. 3, p. 606–619, 2009. Wireless in the Healthcare.
- SNIEDOVICH, M. Dijkstra's algorithm revisited: the dynamic programming connexion. **Control and cybernetics**, [S.l.], v. 35, n. 3, p. 599, 2006.
- SOZIALHELDEN, E. V. **Wheelmap open and free online map**. wheelchair accessible places, Disponível em: <<http://wheelmap.org/en/map>>. Acesso em: 22 jan. 2015.
- ST John's Innovation Centre. open knowledge, Disponível em: <<https://okfn.org/>>. Acesso em: 24 jun. 2015.
- STATE HIGHWAY, A. A. of; OFFICIALS, T. **A policy on geometric design of highways and streets**. Washington, DC, USA: American Association of State Highway and Transportation Officials, 1984.
- SUKODE, S.; GITE, S.; AGRAWAL, H. Context Aware Framework in IOT: a survey. **International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering**, Moorebank, NSW, Australia, v. 4, n. 1, 2015.

SUN, H.; THANGARAJAH, J.; PADGHAM, L. Eclipse-based Prometheus Design Tool. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON AUTONOMOUS AGENTS AND MULTIAGENT SYSTEMS: VOLUME 1 - VOLUME 1, 9., 2010, Richland, SC. **Proceedings...** International Foundation for Autonomous Agents and Multiagent Systems, 2010. p. 1769–1770. (AAMAS '10).

SÁNCHEZ LÓPEZ, T.; RANASINGHE, D.; HARRISON, M.; MCFARLANE, D. Adding Sense to the Internet of Things. **Personal Ubiquitous Comput.**, London, UK, v. 16, n. 3, p. 291–308, Mar 2012.

TAN, W.; LOEB, G. Feasibility of Prosthetic Posture Sensing Via Injectable Electronic Modules. **Neural Systems and Rehabilitation Engineering, IEEE Transactions on**, New York, NY, USA, v. 15, n. 2, p. 295–309, Jun 2007.

TANG, S.; LEE, B.-S.; HE, B. **Towards Economic Fairness for Big Data Processing in Pay-as-You-Go Cloud Computing**. Singapore, 2014. 638–643 p.

TAVARES, J.; BARBOSA, J.; CARDOSO, I.; COSTA, C.; YAMIN, A.; REAL, R. Hefestos: an intelligent system applied to ubiquitous accessibility. **Universal Access in the Information Society**, London, United Kingdom, p. 1–19, 2015.

THEODORIDIS, E.; MYLONAS, G.; CHATZIGIANNAKIS, I. **Developing an IoT Smart City framework**. Piraeus, Greek, 2013. 1–6 p.

FURBACH, U.; SHANKAR, N. (Ed.). Automated Reasoning: third international joint conference, ijcar 2006, seattle, wa, usa, august 17-20, 2006. proceedings. In: _____. . Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2006. p. 292–297.

UEZ, D. M. **Método para o desenvolvimento de software orientado a agentes considerando o ambiente e a organização**. 2013. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Automação e Sistemas, Florianópolis, Brasil, 2013.

USCHOLD, M.; GRUNINGER, M. Ontologies: principles, methods and applications. **KNOWLEDGE ENGINEERING REVIEW**, Edinburgh, v. 11, n. 2, p. 93–136, Jun 1996.

VANDERHEIDEN, G. C. Ubiquitous Accessibility, Common Technology Core, and Micro Assistive Technology: commentary on computers and people with disabilities. **ACM Transactions on Accessible Computing.**, New York, NY, USA, v. 1, n. 2, p. 10:1–10:7, Oct 2008.

VANDERHEIDEN, G. C. **Ubiquitous Accessibility**: building access features directly into the network to allow anyone, anywhere access to ubiquitous computing environments. San Diego, CA, USA: Springer Berlin Heidelberg, 2009. 432–437 p. (Lecture Notes in Computer Science, v. 5615).

VARSHNEY, U. Pervasive Healthcare and Wireless Health Monitoring. **Mob. Netw. Appl.**, Secaucus, NJ, USA, v. 12, n. 2-3, p. 113–127, Mar 2007.

VIANNA, H.; BARBOSA, J.; COSTA, C.; YAMIN, A. C. U'Ductor: a model for supporting ubiquitous chronic disease care management. In: SYMPOSIUM ON COMPUTING SYSTEMS, 2012., 2012, Washington, DC, USA. **Proceedings...** IEEE Computer Society, 2012. p. 156–162. (WSCAD-SSC '12).

VIEIRA, V.; CALDAS, L.; SALGADO, A. **Towards an Ubiquitous and Context Sensitive Public Transportation System**. São Paulo, Brazil: IEEE, 2011. 174–179 p.

VLASSENROOT, S.; BROOKHUIS, K.; MARCHAU, V.; WITLOX, F. Towards defining a unified concept for the acceptability of Intelligent Transport Systems (ITS): a conceptual analysis based on the case of intelligent speed adaptation (isa). **Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour**, Ankara, Turkey, v. 13, n. 3, p. 164–178, 2010.

W3C. **Recommendation**. OWL Web Ontology Language Overview, Disponível em: <<https://www.w3.org/TR/owl-features/>>. Acesso em: 20 jan. 2016.

W3C. **Member Submission**. SWRL A Semantic Web Rule Language Combining OWL and RuleML, Disponível em: <<https://www.w3.org/Submission/SWRL/>>. Acesso em: 20 jan. 2016.

W3C. **Recommendation**. SPARQL Query Language for RDF, Disponível em: <<https://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/>>. Acesso em: 20 jan. 2016.

W3C. **Specification**. XQuery and XPath Functions and Operators Math Namespace Document, Disponível em: <<https://www.w3.org/2005/xpath-functions/math/#max>>. Acesso em: 22 jan. 2016.

WAGNER, A. **Um modelo para gerenciamento de perfis de entidade através de inferência em trilhas**. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) — Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada (PIPICA), São Leopoldo, Brasil, 2013.

WAGNER, A.; BARBOSA, J. L.; BARBOSA, D. N. A model for profile management applied to ubiquitous learning environments. **Expert Systems with Applications**, Louisiana, USA, v. 41, n. 4, Part 2, p. 2023–2034, 2014.

WALRAVENS, N. Qualitative indicators for smart city business models: the case of mobile services and applications. **Telecommunications Policy**, Göteborg, Sweden, v. 39, n. 3–4, p. 218–240, 2015. New empirical approaches to telecommunications economics: Opportunities and challenges Mobile phone data and geographic modelling.

WASHBURN, D.; SINDHU, U.; BALAOURAS, S.; DINES, R.; HAYES, N.; NELSON, L. Helping CIOs understand Smart City initiatives: defining the smart city, its drivers, and the role of the cio. **Forrester Research**, Cambridge, 2010.

WASPMOTE. Wireless Sensor, Disponível em: <<http://www.libelium.com/products/waspmote/>>. Acesso em: 20 nov. 2014.

WAZE. Outsmarting Traffic, Together, Disponível em: <<http://www.waze.com/>>. Acesso em: 20 mar. 2014.

WEISER, M. **The Computer for the 21st Century**. New York: Scientific American, 1991.

WEISS, G. **Multiagent systems: a modern approach to distributed artificial intelligence**. Maastricht, Netherlands: MIT press, 1999.

WELBOURNE, E.; BATTLE, L.; COLE, G.; GOULD, K.; RECTOR, K.; RAYMER, S.; BALAZINSKA, M.; BORRIELLO, G. Building the Internet of Things Using RFID: the rfid ecosystem experience. **IEEE Internet Computing**, Piscataway, NJ, USA, v. 13, n. 3, p. 48–55, May 2009.

WHO-ICD-10. **International Classification of Diseases**. World Health Organization, Disponível em: <<http://www.who.int/classifications/icd/en/>>. Acesso em: 20 jan. 2016.

WHO-ICF. **International Classification of Functioning, Disability and Health**. World Health Organization, Disponível em: <<http://www.who.int/classifications/icf/en/>>. Acesso em: 20 jan. 2016.

WIEDEMANN, T. **SIMCOP**: um framework para análise de similaridade em sequências de contextos. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) — Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada (PIPICA), São Leopoldo, Brasil, 2014.

YANG, H.; TATE, M. A Descriptive Literature Review and Classification of Cloud Computing Research. **Communications of the Association for Information Systems**, Queensland, Australia, v. 31, n. 2, p. 35–60, 2012.

YOVANOF, G.; HAZAPIS, G. An Architectural Framework and Enabling Wireless Technologies for Digital Cities & Intelligent Urban Environments. **Wireless Personal Communications**, US, v. 49, n. 3, p. 445–463, 2009.

ZHOU, M.; ZHANG, R.; ZENG, D.; QIAN, W. **Services in the Cloud Computing era: a survey**. Beijing, China, 2010. 40–46 p.

ZYGIARIS, S. Smart city reference model: assisting planners to conceptualize the building of smart city innovation ecosystems. **Journal of the Knowledge Economy**, Washington, USA, v. 4, n. 2, p. 217–231, 2013.

APÊNDICE A LISTA DOS TRABALHOS ANALISADOS

Os artigos listados a seguir não foram considerados como trabalhos relacionados, por não atenderem aos critérios apresentados no Capítulo 3. Alguns se tratam de revisão da literatura, estado da arte ou questões abertas para serem resolvidas, outros foram analisados para explorar conceitos sobre Acessibilidade e recursos de ICT para suporte a PcDs:

1. *Acessibilidade para todos* (CLOUD 4ALL, 2014);
2. *UbiDSS: a proactive intelligent decision support system as an expert system deploying ubiquitous computing technologies* (KWON; YOO; SUH, 2005);
3. *Development and implementation of Portuguese smart distribution system* (GOUVEIA et al., 2015);
4. *The role of small cell technology in future Smart City applications* (CIMMINO et al., 2014);
5. *A combinação de computação em nuvem com rede de sensores* (FILIPPONI et al., 2010);
6. *Simulation of a Smart Grid City with Software Agents* (KARNOUSKOS; HOLANDA, 2009) ;
7. *Digital cities of the future: Extending @home assistive technologies for the elderly and the disabled* (DOUKAS et al., 2011);
8. *A survey on Human-in-the-Loop applications towards an Internet of All* (NUNES; ZHANG; SILVA, 2015);
9. *Busca de recursos para cegos no transporte público* (FERRARI et al., 2014);
10. *Mobile-based system for cost-effective e-learning contents delivery in resource and bandwidth constrained learning environments* (MAHENGE; MWANGOKA, 2015);
11. *An Outdoor Navigation With Voice Recognition Security Application For Visually Impaired People* (NANDISH; BALAJI; SHANTALA, 2014).
12. WheelMap (SOZIALHELDEN, E. V., 2015)
13. Moovit (Fast Company, 2015)

Os trabalhos listados a seguir foram analisados para explorar conceitos sobre cidades inteligentes:

1. *Fórum Técnico Mobilidade Urbana - Construindo Cidades Inteligentes* (FÓRUM TÉCNICO MOBILIDADE URBANA – CONSTRUINDO CIDADES INTELIGENTES, 2013);
2. *O paradigma das Cidades Ubíquas: oportunidades e riscos* (ROTONDO, 2012);
3. *Controle de trânsito* (NIU et al., 2015);
4. *Cidades inteligentes na Europa* (EUROPEAN, 2014);
5. *IoT, nas cidades inteligentes* (PERERA et al., 2014).
6. *SensorNet* (NANNI; MAZZINI, 2013)
7. *SmartSantander: IoT experimentation over a smart city testbed* (SANCHEZ et al., 2011)

APÊNDICE B PRODUÇÃO DE ARTIGOS

Durante o mestrado foram produzidos quatro artigos científicos para Revista SQLMagazine (Qualis C), a qual é focada em bancos de dados. Um destes artigos teve a participação do colega de mestrado Paulo Henrique Santini. Também foi desenvolvido um artigo para a revista de Sistemas de Informação da Faculdade Salesiana Maria Auxiliadora RSIFSMA (Qualis B5). O artigo contou com a colaboração do colega Paulo Henrique Santini, participação e revisão dos professores Jorge Luis Victória Barbosa e José Vicente Canto dos Santos. A seguir os artigos são listados:

1. TELLES, M. J. Avaliação de recursos do paralelismo em Banco de Dados – SQLMagazine 117, janeiro de 2014. ISBN 16779185. Disponível em: <http://www.devmedia.com.br/avaliacao-de-recursos-do-parallelismo/29453>. Acesso em: 24 junho de 2015.
2. TELLES, M. J. MySQL Workbench: modelagem de dados passo a passo – SQLMagazine 119, março de 2014. ISBN 16779185. Disponível em: <http://www.devmedia.com.br/mysql-workbench-modelagem-de-dados-passo-a-passo/30021>. Acesso em: 24 junho de 2015.
3. TELLES, M. J. NoSQL: Hospedando bancos de dados Mongo DB – SQLMagazine 124, setembro de 2014. ISBN 16779185. Disponível em: <http://www.devmedia.com.br/nosql-hospedando-bancos-de-dados-mongodb/31056>. Acesso em: 24 junho de 2015.
4. TELLES, M.J., SANTINI, P.H. Weka Software: Mineração de dados com Weka – SQLMagazine 128, fevereiro de 2015. ISBN 16779185. Disponível em: <http://www.devmedia.com.br/weka-software-mineracao-de-dados-com-weka/32096>. Acesso em: 24 junho de 2015.
5. TELLES, M.J., SANTINI, P.H., dos SANTOS, J.V.C., BARBOSA, J.L.V. Prevaba: Um Modelo Bayesiano para Predição da Existência de Vítimas em Acidentes de Trânsito – RSIFSMA, 2015. ISSN 1983-5604. Disponível em: http://www.fsma.edu.br/si/edicao16/FSMA_SI_2015_2_Estudantil_3_en.html. Acesso em: 12 janeiro de 2016.

Também foram desenvolvidos trabalhos que ainda estão em processo de desenvolvimento e revisão, listados abaixo:

1. Um estudo sobre otimização em algoritmos de ordenação – (em desenvolvimento).
2. Algoritmos para análises de coordenadas geográficas – (em desenvolvimento).

3. MASC: Um Modelo Computacional para Cidades Inteligentes Assistivas – SBSI 2016 (submetido, em revisão).
4. *Trail as a Service in Smart Cities for improving ubiquitous accessibility* – Expert Systems with Applications (em desenvolvimento).