



Programa Interdisciplinar de Pós-Graduação em

Computação Aplicada

Mestrado Acadêmico

João Elison da Rosa Tavares

Hefestos: um Modelo para Suporte
à Acessibilidade Ubíqua

São Leopoldo, 2011

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM COMPUTAÇÃO APLICADA
NÍVEL MESTRADO

JOÃO ELISON DA ROSA TAVARES

**Hefestos: um Modelo para Suporte à
Acessibilidade Ubíqua**

São Leopoldo

2011

JOÃO ELISON DA ROSA TAVARES

**Hefestos: um Modelo para Suporte à
Acessibilidade Ubíqua**

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

São Leopoldo
2011

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)

T231h Tavares, João Elison da Rosa
Hefestos : um modelo para suporte à acessibilidade
ubíqua / por João Elison da Rosa Tavares. – 2011.
113 f. : il., 30cm.

Dissertação (mestrado) — Universidade do Vale do Rio
dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Computação
Aplicada, 2011.

Orientação: Prof. Dr. Jorge Luis Victória Barbosa.

1. Computação ubíqua. 2. Acessibilidade ubíqua.
3. Perfil de usuário. 4. Acessibilidade. I. Título.

CDU 004

Catálogo na Fonte:
Bibliotecária Vanessa Borges Nunes - CRB 10/1556

ATA DE BANCA EXAMINADORA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº 23/2011

Aluno: João Elison da Rosa Tavares

Título da Dissertação: “Hefestos: Um Modelo para Suporte à Acessibilidade Ubíqua”.

Banca:
Dr. Jorge Luis Victória Barbosa
Presidente da Banca e Orientador - UNISINOS
Dr. Cristiano André da Costa
Membro da Banca – UNISINOS
Dr. Adenauer Correa Yamin
Membro da Banca – UFPEL/UCPEL

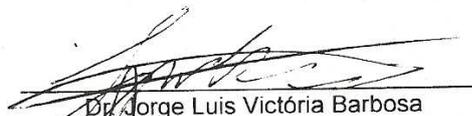
Aos dezoito dias do mês de dezembro do ano de 2011, às 14h reuniu-se na sala 6B423, a Comissão Examinadora de Defesa de Dissertação composta pelos professores: Jorge Luis Victória Barbosa, Orientador e Presidente, UNISINOS; Cristiano André da Costa, UNISINOS; e Adenauer Correa Yamin – UFPEL/UCPEL, para analisar e avaliar a Dissertação apresentada pelo aluno João Elison da Rosa Tavares.

Após a apresentação realizada pelo aluno, a banca se reuniu e avaliou a dissertação. Os membros da banca destacam a alta qualidade do trabalho, indicando de forma especial os resultados significativos alcançados.

A Banca Examinadora, em cumprimento ao requisito exigido para a obtenção do Título de Mestre em Computação Aplicada, julga esta dissertação:

APROVADA
 REPROVADA

São Leopoldo, 19 de dezembro de 2011.


Dr. Jorge Luis Victória Barbosa


Dr. Cristiano André da Costa


Dr. Adenauer Correa Yamin

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS
Confere com o documento original

Jandira 19.12.11.
Nome do Funcionário

Ass. do Funcionário - Secr. Ciências Exatas e Tecnológicas

AGRADECIMENTOS

Este trabalho somente foi possível devido ao apoio de muitas pessoas e instituições que acreditaram em meus sonhos e em minhas ideias, auxiliando-me nas diversas etapas do projeto, ao longo dos últimos dois anos.

Inicialmente agradeço aos meus pais Ilda Maria da Rosa Tavares e João Eroni Tavares que são exemplos de dedicação, persistência e honestidade. Obrigado, mãe, por ter me ensinado desde cedo o valor do trabalho.

A todos os meus familiares, colegas e amigos. Em especial aos meus queridos amigos, Fernando Zenker e Cristiane Carvalho.

Ao Prof. Dr. Jorge Barbosa que foi para além de um grande orientador um grande parceiro de projeto, sempre estando presente, mesmo à distância. Dialogando abertamente, possibilitando que construíssemos juntos cada parte do Hefestos. Obrigado e Avante!

Ao professor Dr. Cristiano André da Costa, coordenador do PIPCA, pelo apoio em diversos momentos.

Ao professor Dr. Adenauer Yamin, como parceiro do projeto na UCPel.

Ao meu grande amigo, professor Msc. Marcelo Batista, por todo apoio e incentivo desde antes do ingresso no mestrado.

Ao Msc. Rodrigo Real e à empresa Freedom, pela parceria no projeto e apoio na integração com o *software* da cadeira de rodas.

À Unisinos por oferecer um ensino de excelência e as melhores condições para desenvolvimento do trabalho.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

À FAPERGS pelo financiamento de parte do projeto.

À secretária do PIPCA, Sandra Rodrigues.

À Adriana Alves, do Laboratório Adaptado de Informática (LAI), da Unisinos.

Ao Marcos Aurélio Schuck, do Laboratório de Processos, da Unisinos.

A todos os voluntários cadeirantes, cuja boa vontade e disponibilidade permitiram a avaliação do presente trabalho. Especialmente à querida amiga Carlena Weber.

À Associação dos Lesados Medulares do RS (LEME) pelo auxílio na realização das avaliações.

A todos os colegas de mestrado, pelas muitas noites e finais de semana compartilhados de intensos estudos.

A todos os professores e demais profissionais da Unisinos.

Ao bolsista Bruno Ody.

Aos professores de inglês, Kátia Y' Gubáu e Nick Wilcockson.

Deficiências

“Deficiente’ é aquele que não consegue modificar sua vida, aceitando as imposições de outras pessoas ou da sociedade em que vive, sem ter consciência de que é dono do seu destino.

‘Louco’ é quem não procura ser feliz.

‘Cego’ é aquele que não vê seu próximo morrer de frio, de fome, de miséria.

‘Surdo’ é aquele que não tem tempo de ouvir um desabafo de um amigo, ou o apelo de um irmão.

‘Mudo’ é aquele que não consegue falar o que sente e se esconde por trás da máscara da hipocrisia.

‘Paralítico’ é quem não consegue andar na direção daqueles que precisam de sua ajuda.

‘Diabético’ é quem não consegue ser doce.

‘Anão’ é quem não sabe deixar o amor crescer.

E ‘Miserável’ somos todos que não conseguimos falar com Deus.”

Renata Vilella

RESUMO

Atualmente, com a ampla diversidade de dispositivos móveis disponíveis, de diversos tipos, capacidades e tecnologias, associando-se à profusão das redes de comunicação sem fio, possibilita-se a oferta de serviços em qualquer lugar e a qualquer momento. Embora, algumas áreas de pesquisa como as de educação, comércio, medicina, jogos e entretenimento tenham se desenvolvido com a adoção dessas tecnologias, a da acessibilidade ainda carece de estudos semelhantes. Por isso, esta dissertação propõe um modelo para suporte à acessibilidade chamado Hefestos que utiliza computação ubíqua para o gerenciamento de recursos para acessibilidade de Pessoas com Deficiência (PCDs) e idosos. Também são descritos nesta dissertação diversos cenários do cotidiano, onde o modelo Hefestos pode ser aplicado, e o protótipo de cadeira de rodas inteligente, chamado Hefestos *Wheelchair*, que foi implementado para avaliar um cenário voltado para PCDs cadeirantes. Por fim, são apresentados os resultados obtidos em experimentos práticos, com a participação de cadeirantes com diversos graus de deficiência, cujos principais objetivos foram o de avaliar a usabilidade e funcionalidade do protótipo e aceitação do modelo proposto.

Palavras-chave: Computação Ubíqua. Acessibilidade Ubíqua. Perfil de Usuário. Sensibilidade ao Contexto. Acessibilidade.

ABSTRACT

Nowadays, the wide range of available mobile devices, from various types, capabilities and technologies, associated with the profusion of wireless communication networks, allows the services offer anywhere and anytime. Although some research areas such as education, business, medicine, games and entertainment have been developed with the adoption of these technologies, the accessibility area still lacks of similar studies. Therefore, this dissertation proposes a model for accessibility support called Hefestos which uses ubiquitous computing to manage resources for elderly and People with Disabilities' (PWDs) accessibility. Various scenarios of everyday life are also described in this dissertation, where the Hefestos model can be applied, and the prototype of the smart wheelchair, called Hefestos Wheelchair, which was implemented to evaluate a scenario related to wheelchair users. Ultimately, the results obtained in the practical experiment are presented, with the participation of wheelchair users with a range of disability degrees, whose main goals were to evaluate the usability and functionality of the prototype and the acceptance to the proposed model.

Keywords: Ubiquitous Computing. Ubiquitous Accessibility. User Profile. Context Awareness. Accessibility.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Elementos da <i>u-accessibility</i>	31
Figura 2: Modelo <i>AmbienNet</i> (ABASCAL et al., 2009).	35
Figura 3: Modelo <i>Awareness Marks</i> (HERVÁS; BRAVO; FONTECHA, 2011).....	36
Figura 4: Arquitetura da plataforma <i>INHOME</i> (VERGADOS, 2010).	37
Figura 5: Protótipo da <i>UbiSmartWheel</i> (POSTOLACHE et al., 2009).	38
Figura 6: Protótipo da <i>MIT intelligent Wheelchair</i> (MIT, 2011).	39
Figura 7: Arquitetura do modelo Hefestos.....	43
Figura 8: Diagrama de objetivos do SMA.....	45
Figura 9: Diagrama de ações do Assistente para Acessibilidade.....	46
Figura 10: Diagrama de ações do Assistente Pessoal.	47
Figura 11: Diagrama de ações do agente de Comunicação.	48
Figura 12: Diagrama de classes do módulo de contextos.....	49
Figura 13: Arquitetura do <i>UbiTrailServer</i> (SILVA et al., 2010).....	51
Figura 14: Página principal do <i>site</i> administrativo.	51
Figura 15: Ontologia para acessibilidade do Hefestos.	52
Figura 16: Portal para Acessibilidade do Hefestos.....	54
Figura 17: Arquitetura de <i>software</i> do Hefestos <i>Wheelchair</i>	66
Figura 18: Arquitetura de comunicação do Hefestos <i>Wheelchair</i>	68
Figura 19: Caso de uso principal do protótipo.....	69
Figura 20: Diagrama de Classes – Acessar Aplicação.....	70
Figura 21: Diagrama de Sequência – Acessar Aplicação.	70
Figura 22: Exemplo de tela de <i>login</i> no dispositivo móvel.....	71
Figura 23: Diagrama de Classes – Manipular Recursos para Acessibilidade.	71
Figura 24: Diagrama de Sequência – Manipular Recursos para Acessibilidade.	72
Figura 25: Exemplo de tela de visualização de recursos para acessibilidade.....	72
Figura 26: Diagrama de Classes – Consultar Recursos.....	73
Figura 27: Diagrama de Sequência – Consultar Recursos.	74
Figura 28: Exemplo de tela de consulta de recursos para acessibilidade.....	74
Figura 29: Diagrama de Classes – Consultar Mapa.....	75
Figura 30: Diagrama de Sequência – Consultar Mapa.....	76
Figura 31: Exemplo de tela de consulta do mapa.	76
Figura 32: Diagrama de Classes – Enviar SOS.	77

Figura 33: Diagrama de Sequência – Enviar SOS.	77
Figura 34: Exemplo de tela de envio de SOS.....	78
Figura 35: Diagrama de Classes – Operar Cadeira de Rodas.	79
Figura 36: Diagrama de Sequência – Operar Cadeira de Rodas.....	79
Figura 37: Exemplo de tela de Operação da Cadeira de Rodas.	80
Figura 38: Diagrama de Classes – Configurar Preferências.	81
Figura 39: Diagrama de Sequência – Configurar Preferências.	81
Figura 40: Exemplo de tela de configuração das preferências.....	82
Figura 41: <i>Campus</i> da Unisinos (Centro 6 em destaque).	83
Figura 42: Recursos para acessibilidade mapeados no Centro 6.	83
Figura 43: Dispositivos móveis utilizados no protótipo e experimento.	85
Figura 44: Pesquisador explicando o projeto para um dos voluntários.	87
Figura 45: Voluntário testando o Hefestos <i>Wheelchair</i> dentro do cenário proposto..	87
Figura 46: Cadeirante utilizando o Hefestos <i>Wheelchair</i>	88
Figura 47: Facilidade percebida de uso (itens 1 a 4).....	90
Figura 48: Utilidade percebida (itens 5 a 8).....	91
Figura 49: Acessibilidade da cadeira de rodas inteligente (item 9).	91
Figura 50: Acessibilidade do Assistente Pessoal (item 10).	92
Figura 51: Faixa etária dos avaliadores (item 1).	93
Figura 52: Distribuição dos avaliadores por sexo (item 2).....	94
Figura 53: Nível de escolaridade dos avaliadores (item 3).....	94
Figura 54: Nível de conhecimento em informática dos avaliadores (item 4).	95
Figura 55: Avaliadores possuem cadeira de rodas motorizada (item 5).....	95

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Comparativo entre os trabalhos pesquisados.	40
Tabela 2: Artefatos e ferramentas de cada etapa do protótipo.	64
Tabela 3: Lista de recursos para acessibilidade mapeados.	84
Tabela 4: Itens do questionário no experimento.....	89
Tabela 5: Itens do formulário de informações pessoais.	93
Tabela 6: Comparativo entre os trabalhos pesquisados incluindo o Hefestos.	100
Tabela 7: Trabalhos futuros identificados.....	102

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<i>3D</i>	<i>Three Dimensions</i>
<i>3G</i>	<i>Third Generation</i>
<i>AA</i>	Assistente para Acessibilidade
<i>AAL</i>	<i>Ambient Assistive Living</i>
<i>AP</i>	Assistente Pessoal
<i>ABNT</i>	Associação Brasileira de Normas Técnicas
<i>AC</i>	Assistente de Comunicação
<i>AE</i>	<i>Assistive Environments</i>
<i>Aml</i>	<i>Ambient Intelligence</i>
<i>AP</i>	<i>Access Point</i>
<i>API</i>	<i>Application Programming Interface</i>
<i>App</i>	<i>Application</i>
<i>AT</i>	<i>Assistive Technologies</i>
<i>BDI</i>	<i>Belief-Desire-Intention</i>
<i>CEP</i>	Comitê de Ética em Pesquisa
<i>CID</i>	Classificação Internacional de Doenças
<i>CIF</i>	Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde
<i>GPS</i>	<i>Global Position System</i>
<i>HTML</i>	<i>HyperText Markup Language</i>
<i>IBGE</i>	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
<i>IDE</i>	<i>Integrated Development Environment</i>
<i>IO</i>	<i>Input Output</i>
<i>IP</i>	<i>Internet Protocol</i>
<i>ISSO</i>	<i>International Standard Organization</i>
<i>J2ME</i>	<i>Java 2 Micro Edition</i>
<i>JSP</i>	<i>Java Server Pages</i>
<i>MIT</i>	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
<i>ONG</i>	Organização Não Governamental
<i>PC</i>	<i>Personal Computer</i>
<i>PCD</i>	Pessoa Com Deficiência
<i>PDT</i>	<i>Prometheus Development Tool</i>
<i>R&D</i>	<i>Research and Development</i>

<i>RFID</i>	<i>Radio Frequency Identification</i>
SBC	Sociedade Brasileira da Computação
SMA	Sistema Multi-Agente
<i>SDK</i>	<i>Software Development Kit</i>
SMS	<i>Short Message Service</i>
SO	Sistema Operacional
<i>SPOT</i>	<i>Small Programmable Object Technology</i>
TCLÉ	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TI	Tecnologia da Informação
<i>U-Accessibility</i>	<i>Ubiquitous Accessibility</i>
<i>UART</i>	<i>Universal Asynchronous Receiver Transmitter</i>
<i>USB</i>	<i>Universal Serial Bus</i>
W3C	World Wide Web Consortium
WAI	Web Accessibility Initiative
WCAG	Web Content Accessibility Guidelines
<i>WiFi</i>	<i>Wireless Fidelity</i>
WSN	Wireless Sensor Networks
<i>XML</i>	<i>eXtensible Markup Language</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	23
1.1 Motivação	24
1.2 Problema	24
1.3 Questão de Pesquisa	24
1.4 Objetivos	25
1.5 Metodologia	25
1.6 Organização do Trabalho	26
2 USO DA COMPUTAÇÃO UBÍQUA PARA APOIO À ACESSIBILIDADE	27
2.1 Acessibilidade	27
2.2 Computação Ubíqua	28
2.3 Acessibilidade Ubíqua	29
2.4 Conceitos Relacionados	31
3 TRABALHOS RELACIONADOS	35
3.1 AmbienNet	35
3.2 Awareness Marks	36
3.3 INHOME	37
3.4 UbiSmartWheel	37
3.5 MIT Intelligent <i>Wheelchair</i>	38
3.6 Comparação entre os trabalhos relacionados	39
4 O MODELO HEFESTOS	41
4.1 Conceitos envolvidos no trabalho	41
4.1.1 Perfil do usuário	41
4.1.2 Necessidades Especiais	41
4.1.3 Contexto	42
4.1.4 Trilha	42
4.1.5 Ontologia	42
4.2 Visão Geral	43
4.3 Componentes do Modelo	44
4.3.1 Agente Assistente para Acessibilidade	46
4.3.2 Agente Assistente Pessoal	46
4.3.3 Agente de Comunicação	47
4.3.4 Módulo de Perfis	48
4.3.5 Módulo de Necessidades Especiais	48
4.3.6 Módulo de Contextos	49
4.3.7 Módulo de Trilhas	50
4.3.8 Síte Administrativo	51
4.4 Ontologia para Acessibilidade	52
4.5 Portal para a Acessibilidade	53
5 CENÁRIOS PARA A ACESSIBILIDADE UBÍQUA	55
5.1 Promoção da acessibilidade em ambiente acadêmico	55
5.2 Promoção da acessibilidade em ambiente comercial	56
5.3 Promoção da acessibilidade nos meios de transporte	56
5.4 Promoção da acessibilidade no trânsito de veículos e pedestres	57
5.5 Promoção da acessibilidade na área do turismo e lazer	58
5.6 Promoção da acessibilidade em serviços públicos	58
5.7 Promoção da acessibilidade na área da saúde	59
5.8 Promoção da acessibilidade em ambiente profissional	60
5.9 Promoção da acessibilidade em ambiente doméstico	60
6 ASPECTOS DE IMPLEMENTAÇÃO E AVALIAÇÃO	63
6.1 Implementação	63
6.1.1 Ferramentas utilizadas na construção do protótipo	63
6.1.2 Estrutura geral do projeto	65

6.2 Avaliação	82
6.2.1 Ambiente e equipamentos utilizados na avaliação	82
6.2.2 Metodologia	85
6.3 Resultados	88
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	99
7.1 Principais Conclusões.....	99
7.2 Contribuições	101
7.3 Trabalhos Futuros.....	102
REFERÊNCIAS	105
APÊNDICE A TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)	111

1 INTRODUÇÃO

Atualmente no Brasil existem 45,6 milhões de Pessoas com Deficiência (PCDs), ou seja, 23,9% do total da população, segundo dados apurados preliminarmente no censo mais recente realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2011). Esses cidadãos enfrentam dificuldades no dia-a-dia devido à falta de recursos para acessibilidade. Eles precisam de suporte para que possam efetivamente exercer a cidadania plena.

Assim como os PCDs, segundo o mesmo levantamento, os idosos brasileiros são numerosos, chegando a quase 21 milhões, o equivalente a 10,8% da população (IBGE, 2011). A previsão para o ano 2025 é de que cheguem a 30 milhões, representando o equivalente a 15% da população do Brasil (SILVA, 2005). Esses segmentos sociais necessitam, além de políticas públicas eficazes, soluções tecnológicas práticas que atendam suas necessidades especiais.

Embora a legislação garantidora dos direitos para essa parcela da sociedade tenha evoluído nos últimos anos (SICORDE, 2011a; SICORDE, 2011b), muito ainda precisa ser feito, principalmente pela perspectiva tecnológica (VANDERHEIDEN, 2008).

Por sua vez, a computação ubíqua (SATYANARAYANAN, 2001; WEISER, 1991) tem sido amplamente aplicada em diversas áreas, tais como, educação (BARBOSA et al., 2008), comércio (FRANCO et al., 2010) e saúde (KIM; KIM; LEE, 2008). Todavia, a acessibilidade ubíqua (*u-accessibility*) é recente, destacando-se particularmente as pesquisas de Vanderheiden (2008), diretor do *Trace R&D Center* (TRACE CENTER, 2011).

De acordo com Vanderheiden (2008), assim como a computação tradicional está migrando da estação de trabalho pessoal para a computação ubíqua e computação nas nuvens (*cloud computing*), deve-se pensar em acessibilidade sob este novo paradigma, superando a mentalidade de simplesmente “adaptar o computador à nossa frente”.

Vanderheiden (2008) também recomenda a adoção de padrões abertos por meio de um acesso público global e o uso de tecnologias micro-assistivas (*micro-AT*).

Alguns trabalhos (ABASCAL et al., 2009; METSIS et al., 2008) indicam que um dos assuntos-chave para a promoção da acessibilidade está no projeto de interfaces adequadas para usuários especiais. Ou seja, os autores afirmam que o projeto de interfaces acessíveis e adaptáveis é crucial quando necessita-se de interação entre o usuário e o ambiente.

Propõe-se o Hefestos como um modelo integrado, englobando perfil do usuário, gerenciamento de trilhas e sensibilidade ao contexto. Outrossim, adota-se uma ontologia para apoiar a acessibilidade ubíqua, proporcionando a interoperabilidade requerida por soluções dessa natureza, além dos benefícios intrínsecos da representação semântica. O modelo usa ainda informações contextuais dos PCDs e idosos para promover recursos que auxiliem a acessibilidade.

Projetou-se o Hefestos como um modelo que cobre os principais padrões de acessibilidade: arquitetural, comunicacional, metodológica, instrumental, programática e atitudinal (PUPO; MELO; FERRÉS, 2006). Parte dos padrões de acessibilidade serão atendidos explicitamente pelo modelo e os demais serão promovidos pelo *web site* oficial do projeto, a ser disponibilizado para acesso público no endereço <http://projeto.unisinos.br/hefestos/>. Almeja-se que este projeto permita o acesso universal e equitativo a produtos, serviços e recursos para pessoas com deficiência, idosos e seus familiares.

1.1 Motivação

Analisando-se as soluções disponíveis para acessibilidade, observou-se que estas enquadram-se, geralmente em duas categorias: acessibilidade *web* (W3C, 2011) e tecnologias assistivas, dentre as quais existem muitos *softwares* aplicativos específicos para acessibilidade (PUPO; MELO; FERRÉS, 2006). No primeiro caso, de modo geral, são apresentadas diretrizes e recomendações para confecção de *layout* de *sites* e *softwares*. Na segunda abordagem existem soluções que facilitam o uso do computador ou outros dispositivos eletrônicos, de acordo com a deficiência do usuário, para uma finalidade específica. Por exemplo, nesta categoria incluem-se recursos de acessibilidade dos sistemas operacionais ou aplicativos dedicados, tais como, leitores de tela (e.g. DOSVOX (DOSVOX, 2011)) ou tradutores de língua de sinais (e.g. Rybená (RYBENÁ, 2011)).

Todavia, identificaram-se soluções para monitoramento autônomo de pacientes idosos (VERGADOS, 2010), gerenciamento de ambientes inteligentes (AIPPERSPACH; HOOKER; WOODRUFF, 2008) e *middlewares* (KIM; KIM; LEE, 2008). Não obstante, constatou-se ausência de soluções que possibilitem ao PCD ou idoso a liberdade de deslocamento, em diversos contextos diferentes, assistido por tecnologias que amparem suas necessidades de acessibilidade. Isto motiva a criação do Hefestos, um modelo para suporte à acessibilidade ubíqua que amplia a autonomia, liberdade e qualidade de vida dos PCDs e idosos, proposta deste trabalho.

1.2 Problema

Apesar das recentes evoluções da computação ubíqua, bem como das tecnologias assistivas de forma geral, nota-se que ainda não existe um modelo que foque no suporte à acessibilidade e inclusão dos PCDs e idosos nos diversos ambientes que compõem suas rotinas em seus cotidianos.

Desta forma, essa pesquisa propõe a criação de um modelo que, em cenários variados, possa usar computação ubíqua para apoiar a acessibilidade de uma pessoa com deficiência ou idoso em diferentes contextos, sugerindo recursos que amparem suas necessidades especiais de acordo com seu perfil.

1.3 Questão de Pesquisa

Poderia a computação ubíqua ser utilizada para elaboração de um modelo que por meio da identificação do contexto atual de um usuário, do seu perfil (principalmente suas necessidades especiais) e do seu histórico de trilhas, pudesse proporcionar acessibilidade e viabilizá-la através da sugestão de recursos específicos disponibilizados conforme a necessidade do cenário?

1.4 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é especificar, implementar e avaliar um novo modelo para suporte à acessibilidade ubíqua denominado Hefestos, cujo foco é a promoção da acessibilidade às pessoas com deficiência e idosos.

O Hefestos proporcionará acesso a recursos para acessibilidade tanto estáticos quanto dinâmicos. Por recursos para acessibilidade entende-se toda e qualquer oportunidade de auxílio que o modelo pode gerenciar. Dentre os recursos estáticos podem ser citadas rampas de acesso a cadeirantes, banheiros adaptados e estacionamentos exclusivos. Os recursos dinâmicos podem ocorrer em horários e locais variáveis, tais como, ônibus adaptados que circulam por itinerários específicos, profissionais de saúde ou intérpretes de línguas de sinais que se encontram em deslocamento.

Abaixo são listados os objetivos específicos deste trabalho:

- a) Especificar o Hefestos;
- b) Descrever cenários de aplicação do Hefestos;
- c) Desenvolver um protótipo para avaliar um cenário de acessibilidade ubíqua;
- d) Avaliar o modelo a partir do protótipo implementado.

1.5 Metodologia

A viabilização dos objetivos propostos por este trabalho ocorreu aplicando-se uma metodologia cujo primeiro passo foi o estudo de modelos já propostos para suporte à acessibilidade ubíqua de forma geral ou para áreas de atividades específicas. O objetivo deste primeiro passo foi verificar como as soluções atuais tratam a questão do suporte à acessibilidade e investigar as tecnologias utilizadas.

O segundo passo foi a especificação do Hefestos, detalhando seus componentes principais. O objetivo foi determinar quais componentes são necessários para o modelo, como eles interagem entre si e principalmente com o cliente.

A elaboração dos cenários possíveis para aplicação do modelo foi o passo seguinte. Esta atividade teve por objetivo explorar os possíveis ganhos que serão trazidos pela aplicação modelo, para que seja possível ajustá-lo conforme as necessidades do usuário.

Para avaliar o modelo proposto foi desenvolvido um protótipo. Este desenvolvimento cobriu todos os componentes que se fizeram necessários para viabilizar um dos cenários descritos no passo anterior.

Por fim, realizou-se uma avaliação do modelo, de modo que usuários cadeirantes situados em uma cadeira de rodas inteligente deslocaram-se pelo campus da Unisinos, sendo que o modelo sugeriu recursos para acessibilidade conforme o contexto e o perfil do cadeirante. Ao final do experimento, aplicou-se um questionário para avaliar a percepção dos usuários. Os dados desse experimento, tanto aqueles relacionados ao grau de acessibilidade proporcionado quanto às informações técnicas, foram medidos e tabulados a fim de se verificar o desempenho e a relevância do protótipo.

1.6 Organização do Trabalho

Esta proposta está organizada da seguinte forma: o capítulo 2 descreve o conceito de acessibilidade ubíqua (*u-accessibility*) e outros temas relacionados, adotando-se as definições utilizadas por diversos autores. No capítulo 3 apresentam-se os trabalhos relacionados. São investigados modelos e tecnologias relacionadas à acessibilidade e que possuam alguma característica ubíqua. Complementarmente apresenta-se a tabela comparativa entre os trabalhos pesquisados. No capítulo 4 apresenta-se o modelo proposto com cada um dos seus componentes. O capítulo 5 apresenta diversos cenários para a aplicação da *u-accessibility*. Os aspectos de implementação e avaliação são explanados no capítulo 6, destacando-se o cenário acadêmico aplicado para avaliação do modelo. No último capítulo as considerações finais, conclusões e trabalhos futuros são apresentados.

2 USO DA COMPUTAÇÃO UBÍQUA PARA APOIO À ACESSIBILIDADE

Neste capítulo é oferecida uma visão geral da área da acessibilidade ubíqua. Inicialmente são apresentados conceitos gerais de acessibilidade, algumas estatísticas recentes e terminologias pertinentes. Em seguida apresenta-se uma introdução à acessibilidade ubíqua, bem como suas características e particularidades, especialmente por ser um campo recente de pesquisa e voltado para aspectos sociais. Finalmente, são expostos conceitos relacionados à computação ubíqua, que atualmente são pesquisados e debatidos pela comunidade científica internacional.

2.1 Acessibilidade

A expressão “acessibilidade” representa o direito de acessar informações não apenas na *internet*, mas, sobretudo, a eliminação de barreiras arquitetônicas, de disponibilidade de comunicação, de acesso físico, de equipamentos e programas adequados, de conteúdo e apresentação da informação em formatos alternativos (ACESSIBILIDADE BRASIL, 2011). Esse conceito está intrinsecamente associado à eliminação de barreiras de acesso e compromisso de melhorar a qualidade de vida das pessoas com deficiência e idosos (PUPO; MELO; FERRÉS, 2006).

Ainda segundo Pupo, Melo e Ferrés (2006), são apresentados seis quesitos básicos que devem ser verificados, com o apoio da tecnologia, para que uma sociedade seja considerada acessível: acessibilidade arquitetônica, comunicacional, metodológica, instrumental, programática e atitudinal.

Do ponto de vista tecnológico, a acessibilidade também é tratada como um dos Grandes Desafios da Pesquisa em Computação no Brasil¹, o Desafio 4 - “Acesso participativo e universal do cidadão brasileiro ao conhecimento”. Esse tópico, proposto pela Sociedade Brasileira da Computação (SBC), reflete o aumento na conscientização da população em torno do tema acessibilidade digital, cujos primeiros estudos começaram a ser realizados no final da década de 1990 em países como Canadá, Estados Unidos e Austrália (COMPUTAÇÃO BRASIL, 2009).

De acordo com Computação Brasil (2009, p. 12):

Em 1998, entrou em vigor nos Estados Unidos a ‘*Section 508*’, determinando que todo conteúdo eletrônico de órgãos federais deveria ter formato acessível. Com o objetivo de tornar a *Web* mais democrática, o *World Wide Web Consortium (W3C)*, consórcio internacional que desenvolve padrões para a manutenção da *internet*, criou o *Web Accessibility Initiative (WAI)*, para a elaboração de diretrizes ligadas à garantia da acessibilidade do conteúdo. O órgão formulou o Estatuto de Recomendação do *W3C (WCAG)*, manual lançado em maio de 1999, o governo de Portugal definiu regras de acessibilidade, tornando-se o primeiro país da Europa e o quarto no mundo a legislar a respeito do tema. Em 2000,

¹ A lista contendo os Grandes Desafios da Pesquisa em Computação no Brasil 2006-2016, elaborada pela SBC, está disponível em www.sbc.org.br.

o Conselho Europeu aprovou o '*e-Europe 2002*', estendendo a iniciativa a nações da União Européia.

Por sua vez, o Brasil começou a tratar do tema somente a partir do ano 2000, quando foram sancionadas as leis federais 10.048 e 10.098, estabelecendo normas para a promoção da acessibilidade. Sendo que em 2004, as leis foram regulamentadas pelo Decreto de número 5.296, estabelecendo prazos para a adequação de *sítes* da administração pública. Assim, baseado nas iniciativas do W3C e do *e-Europe 2002*, além dos trabalhos do comitê CB-40 (da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT), da Rede SACI (da USP) e da ONG Acessibilidade Brasil, a Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação do Ministério do Planejamento desenvolveu o modelo de acessibilidade Brasileiro (e-MAG), para facilitar e padronizar as mudanças (COMPUTAÇÃO BRASIL, 2009).

As estatísticas recentes confirmam a necessidade de estruturação administrativa, legal e técnica das instituições para atendimento adequado às necessidades especiais dos PCDs e idosos. Segundo o último censo, há no Brasil aproximadamente 45,6 milhões PCDs, o equivalente a 23,9% do total da população. Além disso, os idosos brasileiros são numerosos, em torno de 21 milhões, o equivalente a 10,8% da população (IBGE, 2011).

Na área da saúde, para acompanhar as demandas dos PCDs e idosos, desde o ano 2001, a Organização Mundial da Saúde (OMS) mantém a Classificação Internacional de Funcionalidade, Capacidade e Saúde – CIF (OMS, 2003b), que complementarmente à CID-10 (OMS, 2003a), é usada para diagnósticos médicos.

2.2 Computação Ubíqua

A computação móvel (SATYANARAYANAN, 1996), paradigma que surgiu a partir da popularização do uso de dispositivos eletrônicos portáteis (tais como, telefones celulares, *smartphones*, *netbooks* e *tablets*) associados à expansão de novas redes de comunicação sem fio (por exemplo, *Bluetooth* e *WiFi*), deu origem à computação ubíqua (também chamada de *ubicomp*) (WEISER, 1991).

Segundo Weiser (1991), considerado o “pai” da computação ubíqua, esse novo paradigma representa a ideia de que “as tecnologias mais profundas são aquelas que desaparecem, elas se integram à vida cotidiana até se tornarem indistinguíveis da mesma”. Por isso, a computação ubíqua possibilita o acesso de todo lugar, o tempo todo, a partir de variados dispositivos.

Pode-se delinear como características principais da computação ubíqua (COSTA; YAMIN; GEYER, 2008): inúmeros dispositivos heterogêneos conectados em rede, forte integração com o ambiente real, foco no usuário e invisibilidade. Ainda segundo Costa, Yamin e Geyer (2008), a *pervasive computing* (SATYANARAYANAN, 2001) é equivalente à *ubicomp*.

Associado à mobilidade, o uso de sistemas de localização (HIGHTOWER; LAMARCA; SMITH, 2006) e aplicações sensíveis ao contexto (DEY, 2001), são conceitos que aproximam a computação ubíqua da realidade.

Embora a evolução tecnológica dos últimos anos tenha proporcionado muitos avanços na aplicação da computação ubíqua para atender necessidades reais, muitos desafios ainda precisam ser superados para sua efetiva maturidade. Heterogeneidade, escalabilidade e privacidade e confiança são alguns dos desafios que precisam ser tratados (COSTA, YAMIN; GEYER, 2008).

A computação nas nuvens (*cloud computing*) (WEISS, 2007) e a *internet* das coisas (*Internet of Things - IoT*) (ITU, 2005) são dois conceitos em voga que estão diretamente ligados à computação ubíqua. A *cloud computing* trata da centralização das aplicações em *data centers*, de modo que para o usuário haja a abstração em seu acesso, permitindo o uso a partir de qualquer dispositivo que tenha acesso à *internet* (IBM, 2011).

A *internet* das coisas abarca o conceito de que todos os dispositivos tenham um *IP* e estejam conectados à *internet*, de modo que possam interagir e colaborar em um ambiente distribuído. O uso de *RFID* combinado com redes de sensores sem fio (*Wireless Sensor Networks - WSN*) e nanotecnologias formam a chamada *IoT* (ITU, 2005).

Atualmente existem muitas propostas para a aplicação da computação ubíqua em diversas áreas, tais como, educação (BARBOSA et al., 2008), comércio (FRANCO et al., 2010) e saúde (KIM; KIM; LEE, 2008). Todavia, observou-se que a acessibilidade ubíqua (*u-accessibility*) é um foco recente de pesquisa (VANDERHEIDEN, 2008), cujos resultados práticos ainda são escassos.

2.3 Acessibilidade Ubíqua

No início dos anos 90, nos Estados Unidos, surgiram as primeiras propostas para tornar a TI universalmente acessível, quando o *PC* começava a tornar-se popular. A Apple foi a primeira empresa a adotar em seus sistemas operacionais recursos para acessibilidade (*StickKeys* e *MouseKeys* desenvolvidos pela Universidade de *Wisconsin* e o *Trace Center*). Depois a *IBM*, com o *AccessDOS* e a *Microsoft* com o *Trace Center's Access Pack for Windows* passaram a oferecer recursos de acessibilidade em seus sistemas operacionais (VANDERHEIDEN, 2008).

Desde então, muito progresso aconteceu a partir da combinação de esforços da academia, indústria e o setor de consumo. Hoje sistemas operacionais incluem recursos para acessibilidade que atendem diferentes tipos de deficiências, seguindo os conceitos de *universal design*, *inclusive design* ou *design for all*. Onde antes necessitava-se de *add-ons*, atualmente tais recursos são incorporados desde o projeto dos produtos, permitindo o acesso direto facilitando a conexão e o uso de tecnologias assistivas. Inevitavelmente, hoje, novos desafios precisam ser enfrentados (VANDERHEIDEN, 2008).

Segundo Vanderheiden (2008), o acesso público gratuito à *Internet* é um modelo para inclusão digital em muitos países, porém na maioria das nações, principalmente as em desenvolvimento, os PCDs não possuem computador próprio e precisam de acesso em redes comunitárias que normalmente não oferecem recursos para acessibilidade universal.

Por isso ele propõe a acessibilidade ubíqua, que além dos aspectos técnicos inerentes à ubiquidade, pode atender aspectos sociais de acesso em locais distintos e de forma personalizada. E afirma que, assim como se evoluiu do modelo da “estação de trabalho pessoal” para a “computação nas nuvens” e “computação ubíqua”, também deve-se pensar em acessibilidade dessa forma. Superando a mentalidade de “adaptar a máquina à nossa frente” que podia ser muito efetiva para a era da computação pessoal, mas ineficaz no paradigma da computação ubíqua (VANDERHEIDEN, 2008).

Vanderheiden (2008) recomenda pensar sobre acessibilidade ubíqua e, para alguns casos, *pluggable user interfaces*. A capacidade de “invocar” qualquer tecnologia assistiva ou recurso especial necessários diretamente da *internet* para usar em qualquer *display* próximo, pode ser o significado mais efetivo da acessibilidade. Isso é principalmente válido para indivíduos que não possuem condições de adquirir as modernas tecnologias dispostas nos ambientes pelos quais deslocam-se. Essa visão possibilita o acesso universal e sem barreiras aos PCDs de tecnologias avançadas tal como ocorre para as demais pessoas.

Para alguns PCDs ou idosos que possuem severas ou múltiplas deficiências, interfaces especiais podem ser necessárias uma vez que não possam ser disponibilizadas ubiquamente. Por exemplo, para pessoas surdo-cegas deve-se disponibilizar telas tácteis pessoais. Pessoas com deficiências físicas múltiplas podem necessitar de adaptações de interfaces especializadas. A capacidade de usar interfaces alternativas como extensões naturais da computação ubíqua permitirão o acesso à *Web* e à informação também. Além disso, a combinação de interfaces pessoais especiais com a ubiquidade e constantes atualizações de *software* podem permitir o uso dessas interfaces com mais e novos tipos de informações, aumentando seu ciclo de vida e diminuindo seu custo final (VANDERHEIDEN, 2008).

Finalmente, Vanderheiden (2008), defende o uso de *Common Technical Core* e *Micro Assitive Technology (Micro-AT)* como meios para tornar a acessibilidade ubíqua realidade. Citando uma iniciativa chamada *Raising the Floor (RTF) Initiative*, capitaneada pelo *Trace R&D Center* e a Universidade de *Wisconsin* e *Benetech* do Palo Alto, Califórnia cujo objetivo é assegurar que qualquer pessoa, incluindo as sem recursos financeiros, tenham acesso à informação e tecnologias da informação. Esse projeto inclui o desenvolvimento de um núcleo *open source* em que várias tecnologias assistivas podem se construídas para diferentes deficiências. O objetivo é permitir a qualquer pessoa, em qualquer lugar, invocar tecnologias assistivas que necessitem em qualquer computador próximo.

Abascal et al. (2009) também defende a aplicação da computação ubíqua para melhorar a qualidade de vida das pessoas, especialmente as idosas. Sendo que suas pesquisas envolvem o paradigma *Ambient Intelligence (AmI)*, cujos projetos são voltados para o auxílio a pessoas com limitações sensoriais, físicas e cognitivas. Corroborando com a prática do uso de diferentes tecnologias assistivas e aplicações para o desenvolvimento de ambientes assistivos inteligentes.

No contexto deste trabalho, a acessibilidade ubíqua, também chamada de *u-accessibility*, é considerada como a união entre as normas e padrões para acessibilidade que garantem a padronização; tecnologias assistivas e interfaces de usuário especiais que atendem as necessidades especiais dos usuários; e

computação ubíqua, através do uso de dispositivos móveis, sensores e redes de comunicação *wireless* que em conjunto identificam os contextos, e mecanismos que trabalham continuamente avaliando e sugerindo os recursos para acessibilidade que atendam as necessidades especiais dos PCDs e idosos. A figura 1 apresenta a relação entre os principais elementos da *u-accessibility*.

Figura 1: Elementos da U-Accessibility.



2.4 Conceitos Relacionados

Dois conceitos-chave relacionados à acessibilidade, amplamente explorados atualmente, são as tecnologias assistivas (*Assistive Technologies* ou *AT*) e acessibilidade *web* (*Web Accessibility*).

Tecnologias assistivas são ferramentas ou recursos que proporcionam ou ampliam habilidades funcionais das pessoas com necessidades especiais. Pode-se citar, por exemplo, leitores de tela que captam e interpretam informações textuais exibidas na tela e as transformam em forma de som (COMPUTAÇÃO BRASIL, 2009).

Segundo Pupo, Melo e Ferrés (2006, p. 65):

Tecnologias assistivas são recursos e serviços que visam facilitar o desenvolvimento de atividades da vida diária por pessoas com deficiência. Procuram aumentar capacidades funcionais e assim promover a autonomia e a independência de quem as utiliza.

Existem tecnologias assistivas para auxiliar na locomoção, no acesso à informação e na comunicação, no controle do ambiente e em diversas atividades do cotidiano como o estudo, o trabalho e o lazer. Cadeiras de rodas, bengalas, órteses e próteses, lupas, aparelhos auditivos e os controles remotos são apenas alguns exemplos de tecnologias assistivas.

Atualmente as maiores feiras, nacional e internacionalmente, respectivamente, em termos de ofertas de tecnologias assistivas são a ReaTech² e a RehaCare³. Ambas ocorrem anualmente, sendo a primeira em São Paulo e a segunda em Düsseldorf, Alemanha.

Por sua vez, a acessibilidade *web* trata de aspectos de usabilidade e desenho universal de páginas *web* que devem adotar padrões que proporcionem acesso universal. Esse assunto é relevante, principalmente por se tratar muitas vezes do único meio que as pessoas com determinados tipos de deficiência possuem de interagir com o mundo externo (COMPUTAÇÃO BRASIL, 2009; SPELTA, 2011).

Além disso, no Brasil, o acesso à informação é um direito constitucional: “é assegurado a todos o acesso à informação e resguardado o sigilo da fonte, quando necessário ao exercício profissional”. Outrossim, o Brasil é signatário da Declaração de Guatemala ou Convenção Interamericana para Eliminação de todas as Formas de Discriminação contra as Pessoas Portadoras de Deficiência, comprometendo-se, entre outras coisas, a estabelecer medidas para facilitar a comunicação das pessoas com deficiência (PUPO; MELO; FERRÉS, 2006).

O *Design Universal* é um terceiro conceito amplamente empregado, que visa contribuir para o delineamento de uma sociedade para todos. O *Design Universal* (*Universal Design*), ou *Design para Todos* (*Design for All*), diz respeito ao desenvolvimento de produtos e de ambientes para serem usados por todas as pessoas, na maior extensão possível, sem a necessidade de adaptação ou *design* especializado (PUPO; MELO; FERRÉS, 2006).

A ideia subjacente ao *Design Universal* é que produtos e ambientes devem ser adequados, de forma direta, a um amplo número de pessoas diferentes quanto à percepção visual e auditiva, à mobilidade, ao controle dos movimentos, à altura, ao peso, à maneira de compreender e se comunicar, entre tantos outros aspectos (PUPO; MELO; FERRÉS, 2006).

Outros conceitos relacionados à acessibilidade, que estão sendo debatidos atualmente, especialmente na comunidade científica internacional, são apresentados nas subseções seguintes.

2.4.1 Assistive Environments (AE)

Segundo Metsis et al. (2008), como a população mundial está envelhecendo, há uma necessidade crescente de suporte para independência de pessoas idosas. *Assistive environments* incorporam as tecnologias pervasivas e ubíquas mais recentes e provêm uma alternativa viável ao tradicional *assistive living*.

Com o envelhecimento da população aumentarão as necessidades por cuidados com a saúde e assistência médica pessoal, que aumentarão o custo total da tradicional assistência domiciliar. Com o crescimento da capacidade

² Feira Internacional de Tecnologias em Reabilitação, Inclusão e Acessibilidade - <http://www.reatech.tmp.br/>

³ REHACARE International - <http://www.rehacare.com/>

computacional e a aplicação da computação ubíqua pode-se pensar em alternativas viáveis para substituir, parcialmente ou integralmente, as necessidades de monitoramento contínuo e suporte para pessoas idosas ou com deficiências (METSIS et al., 2008).

2.4.2 *Ambient Assistive Living (AAL)*

O paradigma do *Ambient Assistive Living* engloba ambientes inteligentes acessíveis, desenvolvidos para auxiliar pessoas idosas ou com deficiências, proporcionando-lhes uma vida independente (ABASCAL et al., 2009).

Os avanços em diversas áreas tecnológicas, tais como, computação, redes de comunicação e sensoriamento, possibilitaram a criação de ambientes inteligentes, de modo que aplicações executando em computação embarcada, que coletam dados do ambiente a partir de sensores, e comunicam-se através deles, por redes cabeadas e *wireless*, podem proporcionar serviços inteligentes para ajudar pessoas nas suas atividades do cotidiano. Principalmente quando se tratam de PCDs e idosos (ABASCAL et al., 2009).

2.4.3 *Ambient Intelligence (Aml)*

O objetivo do *Ambient Intelligence* é permitir que usuários interajam com dispositivos em rede e serviços em seus ambientes de forma natural e universal, utilizando tecnologias, tais como, a interação por linguagem natural e *wearable computing* (ZIMMERMANN et al., 2004).

Um dos produtos relacionados ao conceito do *Aml* é o *Universal Remote Console (URC)*, debatido pelo SIG composto por integrantes da academia e indústria americana cujo objetivo é estabelecer um padrão para implantação em larga escala de interfaces de usuário adaptáveis para gerenciar dispositivos e serviços interconectados (ZIMMERMANN et al., 2004).

2.4.4 *U-Healthcare / U-Medicine*

O uso da computação ubíqua para conduzir soluções voltadas para a saúde (*health*) e bem-estar (*wellness*) das pessoas é o objetivo da *U-Healthcare* (também usa-se a terminologia *P-Healthcare*) ou *U-Medicine* (adota-se alternativamente o termo análogo *P-Medicine*) (KIM; KIM; LEE, 2008).

Segundo Little e Briggs (2009), muitas aplicações que seguem o paradigma da *P-Healthcare*, têm sido empregados para monitorar e auxiliar nos cuidados com a saúde e acompanhamento domiciliar de idosos.

3 TRABALHOS RELACIONADOS

Conforme já fora salientado, a acessibilidade ubíqua é um tema relativamente novo. Contudo, a pesquisa por trabalhos relacionados ao tema foi exaustiva, de modo que os projetos mais próximos do que se propõe com o Hefestos serão apresentados nesta seção.

Esses trabalhos abrangem vários segmentos da *u-accessibility*, tais como, *Ambient Intelligence (Aml)*, *Assistive Environments (AE)*, *Ambient Assistive Living (AAL)* e *U-Healthcare*.

A seguir são apresentados os principais aspectos de cada projeto e por fim uma tabela comparativa destacando os quesitos considerados mais relevantes para o presente estudo.

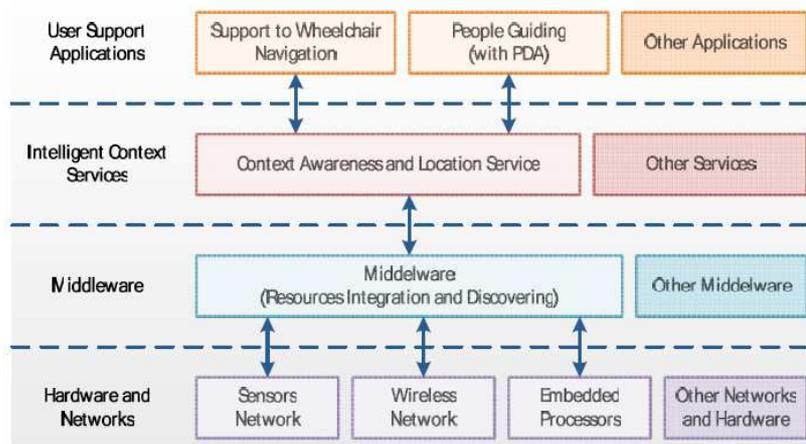
3.1 AmbienNet

O projeto AmbienNet (ABASCAL et al., 2009) foi desenvolvido com o objetivo de demonstrar a viabilidade de ambientes inteligentes acessíveis, projetados para auxiliar as pessoas com deficiência (PCDs) e idosos a terem uma vida mais independente.

O principal objetivo do trabalho é avaliar as vantagens e desvantagens do uso de um sistema de suporte ubíquo baseado no paradigma *Ambient Intelligence (Aml)* para auxiliar pessoas com limitações sensoriais, físicas e cognitivas. Para isso, diferentes tecnologias assistivas e aplicações foram desenvolvidas para avaliar sua acessibilidade, facilidade de uso e validade.

Apresenta-se na figura 2 a arquitetura do AmbienNet *intelligent environment*. Ela foi dividida em quatro níveis: *hardware and networks*, *middleware*, *intelligent services context* e *user support applications*.

Figura 2: Modelo AmbienNet (ABASCAL et al., 2009).



Além disso, foi desenvolvida uma aplicação inteligente para apoiar a navegação *indoor* de uma cadeira de rodas inteligente projetada para validar a proposta. O sistema de localização *indoor* é um *vision-based sensor network (VSN)*, um tipo de rede de sensores sem fio (*Wireless Sensor Network - WSN*), baseado no protocolo *ZigBee* que realiza a detecção e mapeamento das trilhas do usuário.

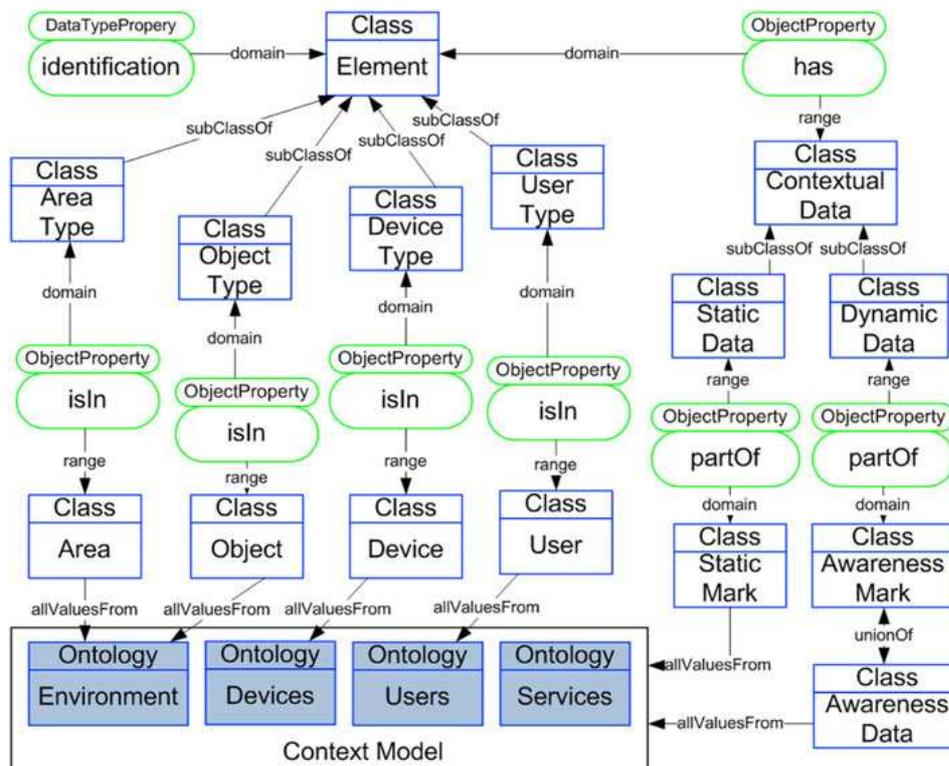
3.2 Awareness Marks

Awareness Marks (HERVÁS; BRAVO; FONTECHA, 2011) apresenta um modelo que relaciona informação contextual a objetos inteligentes. Dessa forma é possível personalizar e ampliar a oferta de serviços (serviços adaptativos) para facilitar as atividades cotidianas dos usuários.

Este trabalho aborda o paradigma de ambientes inteligentes (*Ambient Intelligence - Aml*). Para a comunicação entre os objetos do ambiente inteligente, os autores adotaram a tecnologia *Near Field Communication (NFC)*, possibilitando o uso de interfaces sensíveis ao toque genéricas que adotem este padrão.

Na figura 3, visualiza-se o modelo Awareness Marks, destacando-se o uso de uma ontologia e a aplicação da sensibilidade ao contexto.

Figura 3: Modelo Awareness Marks (HERVÁS; BRAVO; FONTECHA, 2011).



3.3 INHOME

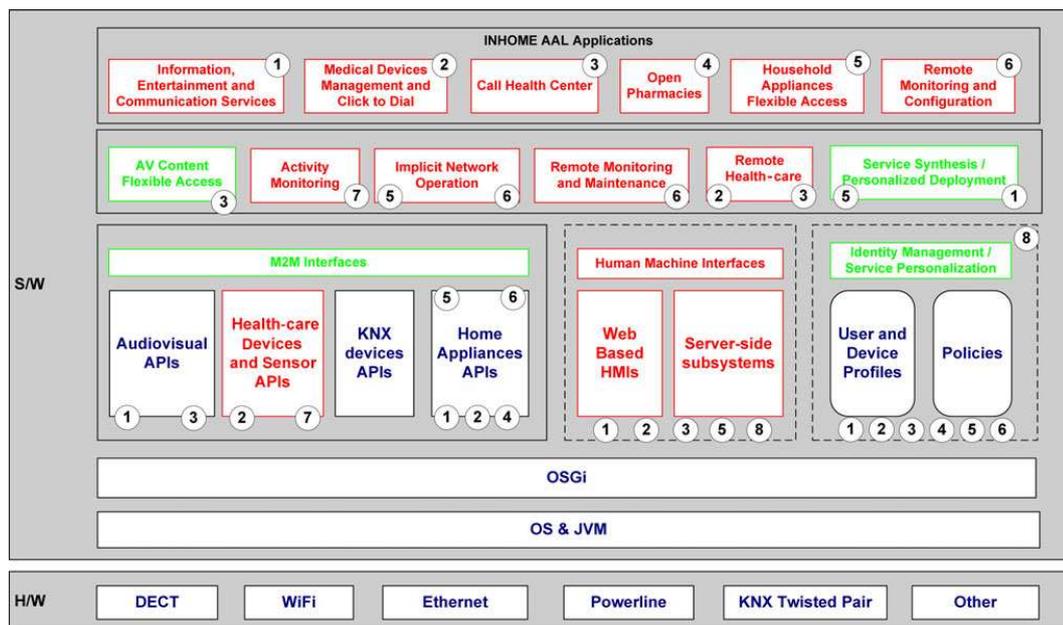
O objetivo do projeto INHOME (VERGADOS, 2010) é promover serviços em um ambiente assistivo para melhorar a qualidade de vida dos idosos em suas residências. Sobretudo desenvolver melhores formas de provisionamento de serviços inteligentes para vivência assistida independente dos idosos em suas casas.

O INHOME é voltado para *Ambient Assitive Living (AAL)*, visando atender as necessidades da população de idosos que aumenta relativamente na maioria das nações, sobretudo nos países desenvolvidos (VERGADOS, 2010).

A arquitetura apresentada na figura 4 demonstra os diversos módulos que cobrem a maioria das funcionalidades disponíveis em uma residência padrão, além das funções de monitoramento e controle de aspectos relacionados à saúde do idoso.

O projeto contempla a automação *indoor* e uma ampla integração de diferentes tecnologias de *hardware* e *software*.

Figura 4: Arquitetura da plataforma INHOME (VERGADOS, 2010).



3.4 UbiSmartWheel

O trabalho proposto por Postolache et al. (2009) é de um sistema ubíquo com serviços discretos embarcados em uma cadeira de rodas. Trata-se de um ambiente assistivo ubíquo biomédico para idosos, associado com uma cadeira de rodas inteligente, conforme visualizado na figura 5.

Figura 5: Protótipo da UbiSmartWheel (POSTOLACHE et al., 2009).



A cadeira inclui sensores embarcados para medir parâmetros fisiológicos, tais como, taxa de batimento cardíaco e frequência respiratória, além de medidas físicas como aceleração.

Um leitor *RFID* foi acoplado para identificar o usuário da cadeira de rodas e a trajetória estimada considerando diferentes tags *RFID* que estão distribuídas no ambiente do experimento. Essa tecnologia também é utilizada também para identificar o acompanhante do usuário. Além disso, a UbiSmartWheel usa sensores para mapear a trajetória estimada da *smart wheelchair* pela através da leitura de tags instaladas no ambiente.

Uma arquitetura genérica foi projetada para implementar esse tipo de infraestrutura em um ambiente físico, como a casa de um idoso (público alvo do projeto). O sistema foi distribuído entre várias entidades envolvidas no experimento, tais como, usuários (o idoso, seus familiares e equipe de assistência médica), objetos (cadeira de rodas) e telas/monitores locais. Além disso, foram instalados sensores inteligentes discretos embarcados associados a diversos objetos, tais como, cama, móveis entre outros itens.

3.5 MIT Intelligent Wheelchair

O projeto *MIT Intelligent Wheelchair* (MIT, 2011) aborda o uso de uma cadeira de rodas inteligente autônoma, comandada por voz desenvolvida para auxiliar os cadeirantes, principalmente aqueles que possuem mobilidade reduzida dos membros superiores. A *smart wheelchair* do MIT, figura 6, é um protótipo de tecnologia assistiva inteligente que utiliza diversos sensores, tais como, scanner de baixa potência para detecção e desvio de obstáculos, câmeras para visão

computacional, interface de reconhecimento de fala, *Bluetooth headset* e *speakers* para interação com o usuário.

Figura 6: Protótipo da MIT intelligent Wheelchair (MIT, 2011).



Tem seu funcionamento centrado em ambientes *indoor*, para isso utiliza um dispositivo *wireless* para determinação da localização (*WiFi based localization*). Além disso, possui um *software* para controle do motor da cadeira de rodas.

O diferencial desta solução aplicada é a navegação autônoma, que pode ser realizada de três formas: baseada no mapa do ambiente (previamente configurado), guiada por um cuidador (através de um sistema de reconhecimento por câmera) ou por comandos de voz (baseado em instruções). Assim a navegação autônoma combinada com os diversos sensores possibilitam a autonomia no deslocamento para pacientes com dificuldades no controle manual.

Segundo o MIT (2011), o objetivo do projeto é conceber uma cadeira de rodas capaz de perceber o ambiente, provendo uma interface de comando por voz, com alto nível de precisão e um *software* para controle dos motores para execução dos movimentos autônomos.

Testes foram realizados no *Boston Home*, uma casa de saúde especializada no tratamento de pessoas com doenças neurológicas, tais como, esclerose múltipla. Concluiu-se que ela é mais apropriada para pessoas que perderam o movimento dos membros superiores, sem prejuízos para a fala.

3.6 Comparação entre os trabalhos relacionados

A tabela 1 apresenta um comparativo entre os trabalhos pesquisados.

Tabela 1. Comparativo entre os trabalhos pesquisados.

Atributo	<i>AmbienNet</i>	<i>Awareness Marks</i>	<i>INHOME</i>	<i>UbiSmart Wheel</i>	<i>MIT Intelligent Wheelchair</i>
Sensível ao contexto	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
Gerencia trilhas	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Gerencia perfil do usuário	Não	Não	Sim	Sim	Não
Emprega agentes de <i>software</i>	Não	Não	Não	Não	Não
Ambientes <i>indoor</i> e <i>outdoor</i>	Indoor, apenas	Indoor, apenas	Indoor, apenas	Indoor, apenas	Indoor, apenas
Integração com tecnologias assistivas	Sim (cadeira de rodas inteligente)	Não	Sim (diferentes tipos)	Sim (cadeira de rodas inteligente)	Sim (apenas cadeira de rodas)
Emprega ontologia	Não	Sim	Não	Não	Não

Em relação ao quesito sensibilidade ao contexto, todos os trabalhos apresentam algum nível de tratamento desse aspecto, exceto o projeto do *MIT*. Pois o foco deste trabalho está mais focado em trilhas e navegação autônoma.

O gerenciamento de trilhas não é abordado pelos trabalhos *Awareness Marks* e *INHOME*, pois ambos possuem foco mais voltado para ambiente assistivo ou ambiente inteligente, centrados na entrega de serviços ao usuário. Os demais trabalhos (*AmbienNet*, *UbiSmartWheel* e *MIT Intelligent Wheelchair*), todos envolvendo a aplicação de uma cadeira de rodas, abordam de alguma forma esse aspecto.

Apenas o *INHOME* e o *UbiSmartWheel* trabalham com o gerenciamento do perfil do usuário. Entretanto, nenhum dos trabalhos analisados usa agentes de *software*, sendo que a maioria aplica a tecnologia de *web services*. Da mesma forma, nenhum trabalha em ambientes externos, todos são voltados apenas para ambientes *indoor*. Ressalta-se que o *AwarenessMarks* é o único trabalho analisado que usa uma ontologia.

Finalmente, em relação à integração dos trabalhos relacionados com tecnologias assistivas, um aspecto relevante quando trata-se de acessibilidade, a maioria está relacionada a cadeiras de rodas inteligentes. O projeto *INHOME* mostrou-se o mais flexível, possuindo em sua arquitetura um módulo específico para diferentes interfaces.

4 O MODELO HEFESTOS

Neste trabalho está sendo proposta a criação de um modelo para a acessibilidade ubíqua, denominado Hefestos. Este modelo promove a acessibilidade às pessoas com deficiência e idosos, sugerindo recursos para acessibilidade em tempo real, de acordo com o perfil do usuário e seu contexto.

O principal problema a ser resolvido pelo Hefestos é a promoção de recursos para acessibilidade de PCDs e idosos, além da integração entre estes e seus familiares e a sociedade de modo geral.

As próximas seções irão apresentar os principais conceitos envolvidos neste trabalho e o modelo que está sendo proposto.

4.1 Conceitos envolvidos no trabalho

Este trabalho utiliza quatro conceitos principais, o **Perfil do Usuário**, que é representado por todas as pessoas envolvidas com a acessibilidade no Hefestos; **Necessidades Especiais**, que representam todas as necessidades de acessibilidade que os usuários possuem e esperam ser supridas com o uso do Hefestos; o **Contexto**, que são subdivisões de um ambiente físico, disponibilizando os recursos para acessibilidade para todos os usuários que estiverem utilizando o Hefestos; e a **Trilha**, que é o registro histórico de contextos relacionados visitados durante um período de tempo. Neste modelo um usuário sempre está dentro de um determinado contexto, podendo se locomover para outros a qualquer momento.

4.1.1 Perfil do Usuário

No Hefestos o perfil de usuário representa a entidade que possui necessidades especiais para acessibilidade ou que apresenta-se como um recurso. Pode ser uma Pessoa com Deficiência (PCD), idoso, familiar, professor, profissional da área da saúde, etc.

Um usuário pode ser tanto um consumidor de recursos para acessibilidade, quanto um recurso propriamente dito, dependendo do contexto e de suas necessidades especiais.

4.1.2 Necessidades Especiais

São as carências que o usuário possui devido a sua limitação, seja ela física, auditiva, visual, mental ou outras. As necessidades especiais no Hefestos servem como parâmetro para a oferta de recursos para acessibilidade adequados. Ou seja, por exemplo, as necessidades especiais de um cadeirante são diferentes de um surdo. O primeiro precisa mais de recursos relacionados a deslocamento e o segundo de comunicação.

O Hefestos adota uma padronização para a definição das necessidades especiais, apresentada na seção 4.3.5.

4.1.3 Contexto

Contextos são fragmentos de informação que podem ser usadas para caracterizar a situação de um participante em uma interação (DEY, 2001). No modelo Hefestos, um contexto é uma parte de um ambiente físico (por exemplo, salas em um prédio, prédios em uma região ou cidades em um estado), que contém usuários e possuem recursos para acessibilidade para promover o suporte à acessibilidade.

Os contextos podem ser genéricos (servem a todos os usuários) ou exclusivos (atendem somente a determinados usuários). Além disso, determinados recursos para acessibilidade dentro de um contexto também podem ser genéricos ou exclusivos, por exemplo, uma rampa de acesso é mapeada como um recurso disponível apenas para os usuários cuja deficiência em seu perfil está configurada como deficiência motora - cadeirante.

4.1.4 Trilha

As trilhas registram atividades de um usuário nos contextos percorridos, mantendo assim, um histórico de seus deslocamentos e de sua atuação em cada contexto (SILVA et al., 2010).

Portanto, o Hefestos gerencia as trilhas armazenando o registro do histórico dos contextos visitados durante um período de tempo. Com o registro dos deslocamentos e hábitos dos usuários, o modelo pode oferecer recursos para acessibilidade mais complexos como rotas principais e alternativas, recursos preferidos ou mais indicados, etc.

4.1.5 Ontologia

O termo Ontologia é originário da filosofia, introduzido por Aristóteles, onde representa um ramo da filosofia que lida com a natureza e a organização do ser. Uma Ontologia define um domínio, ou, mais formalmente, especifica uma conceitualização acerca dele. Alguns componentes comuns às Ontologias podem ser referenciados: classes (organizadas em uma taxonomia), relações (representam o tipo de interação entre os conceitos do domínio), axiomas (usados para modelar sentenças sempre verdadeiras) e instâncias (utilizadas para representar elementos específicos, ou seja, os próprios dados). Pode-se considerar as Ontologias como a materialização do nível de conhecimento, pois idealmente não refletem nenhum formalismo específico e de representarem com frequência um vocabulário comum entre usuários e sistema (SEMPREBOM; CAMADA; MENDONÇA, 2007).

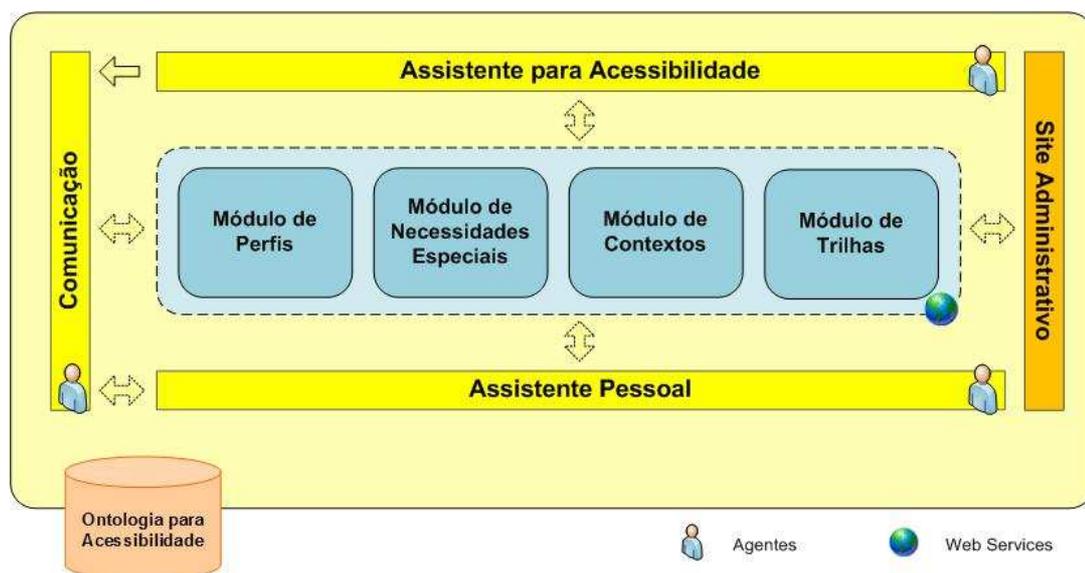
Uma Ontologia fornece um conjunto de conceitos e termos para descrever um domínio específico, enquanto a base de conhecimento usa esses termos para descrever uma determinada realidade. Existem três características fundamentais referentes ao uso de uma Ontologia: é formal, explícita e compartilhada. Formal por que deve ser passível de ser processada por uma máquina. É explícita por que os tipos de conceitos usados e as limitações do uso desses conceitos devem estar definidos de forma explícita e a Ontologia é compartilhada, pois o conhecimento não deve ser restrito a alguns indivíduos, mas sim compartilhado por grupos de pessoas (SEMPREBOM; CAMADA; MENDONÇA, 2007).

4.2 Visão Geral

O modelo Hefestos⁴ concentra-se na área da acessibilidade ubíqua. O principal objetivo do modelo é atender às necessidades de acessibilidade dos PCDs e idosos nos vários contextos de seus cotidianos. Baseando-se no perfil do usuário (VANDERHEIDEN, 2008), sensibilidade ao contexto (BALDAUF; DUDSTAR, 2007; DEY, 2001) e gerenciamento de trilhas (SILVA et al., 2010). O Hefestos busca proporcionar autonomia e independência aos usuários do modo mais transparente possível, empregando para isto procedimentos disparados automaticamente a partir de suas preferências (perfil) e de um conjunto de mecanismos para sensibilidade ao contexto.

A arquitetura do modelo é composta de oito componentes. A base do modelo Hefestos, apresentada na figura 7, consiste de quatro módulos que empregam a tecnologia de *web services*: perfil do usuário, necessidades especiais, contextos e trilhas.

Figura 7: Arquitetura do modelo Hefestos.



⁴ Deus da mitologia grega com deficiência, cuja grafia original é *Hēphaistos*.

Além disso, o modelo possui três agentes de *software* que compõem um Sistema Multi-Agente (SMA) (PADGHAM; WINIKOFF, 2004): Assistente para Acessibilidade (AA), de Comunicação (AC) e Assistente Pessoal (AP). O modelo também possui um *site* administrativo. A arquitetura está detalhada nas seções subsequentes.

4.3 Componentes do modelo

A arquitetura do modelo Hefestos, apresentada na figura 7, é formada por oito componentes. O primeiro destes componentes é o agente Assistente para Acessibilidade (AA), o principal componente do modelo, cuja função é desempenhar o papel de motor de análise sempre procurando entregar recursos para acessibilidade a partir das informações de trilhas, do perfil e do contexto atual do usuário. O segundo é o agente de Comunicação (AC), cujo objetivo é servir como camada de troca de informações entre o agente Assistente para Acessibilidade e o agente Assistente Pessoal. O terceiro componente é o agente Assistente Pessoal (AP), responsável por acompanhar o usuário, servindo de interface móvel, coletando dados de seu contexto atual e informando-o dos recursos disponíveis. O quarto é o Módulo de Perfis que mantém os dados do usuário, que são relevantes ao processo de promoção da acessibilidade. O quinto é o Módulo de Necessidades Especiais, utilizado para organizar as subdivisões de produtos, serviços, recursos humanos, tecnologias, tipos de deficiências, etc. Tais categorias são importantes para a classificação do perfil do usuário e dos recursos para acessibilidade. O sexto componente é o Módulo de Contextos. Este módulo armazena os contextos para acessibilidade disponíveis, que servirão de base para a sugestão de recursos para o usuário. O sétimo é o Módulo de Trilhas, cuja função é armazenar o histórico de caminhos e escolhas relacionadas pelos usuários. Por fim, o componente que serve também como interface para o usuário final, o *Site* Administrativo.

A metodologia para desenvolvimento de Sistema Multi-Agente (SMA) *Prometheus* (PADGHAM; WINIKOFF, 2004) foi adotada para a modelagem dos agentes de *software* do Hefestos. Essa metodologia foi desenvolvida por Lin Padgham e Michael Winikoff (*MIT University*, Austrália) em colaboração com o Grupo *Agent Oriented Software* (AOS), e apoio de clientes e estudantes da universidade.

É uma metodologia para desenvolvimento de SMA que abrange desde a modelagem até a implementação. É composta por três fases, onde os artefatos produzidos são utilizados tanto na geração do esqueleto do código, como também para depuração e teste. A especificação do sistema compreende duas atividades: determinar o ambiente do sistema e determinar os objetivos e funcionalidades do sistema. O ambiente do sistema é definido em termos de percepções (informações provenientes do ambiente) e ações. Ela foi idealizada para se obter um processo que pudesse ser utilizado para desenvolver agentes inteligentes do tipo *BDI* (*Belief – Desire – Intention*) (PADGHAM; WINIKOFF, 2004).

Os diagramas apresentados a seguir, foram desenvolvidos utilizando-se o *Prometheus Design Tool* (PDT) (PDT, 2011), que é uma ferramenta gráfica

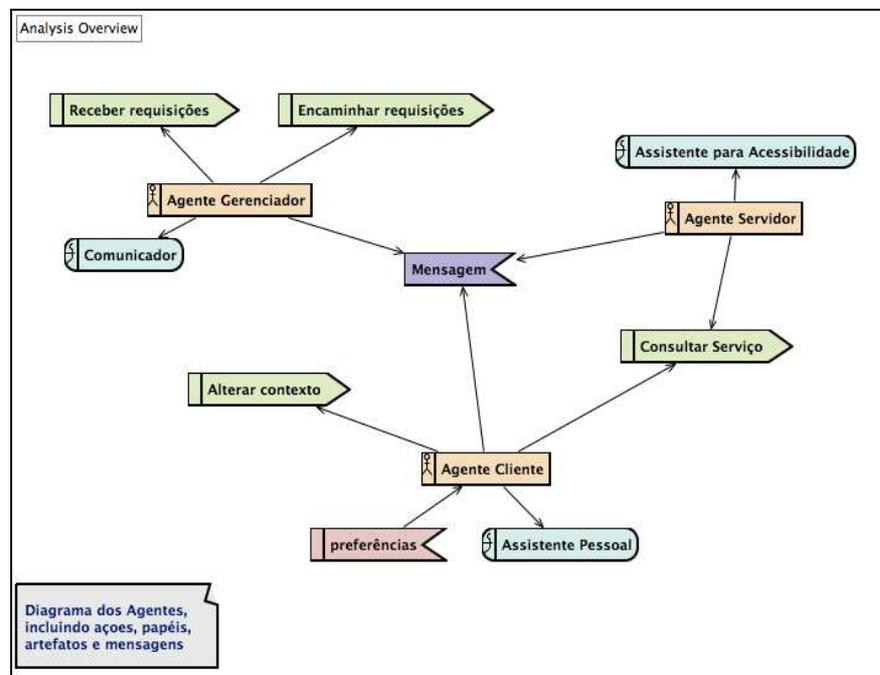
desenvolvida como um *plugin* para o *Eclipse framework* (ECLIPSE, 2011), que permite o projeto de SMA seguindo a metodologia *Prometheus*.

O *PDT* emprega uma versão modificada da notação *Agent UML* (AUML) (AUML, 2011) para exibir os protocolos de interação do sistema.

Adotou-se essa metodologia porque ela permite a criação de diversos diagramas em suas diferentes fases, possibilitando detalhar com profundidade o sistema que se pretende construir. Além disso, permite um entendimento adequado e relevante dos objetivos do sistema que se deseja implementar, adotando um padrão semelhante à *UML* (BOOCH et al., 1996; FOWLER, 2005).

A figura 8 apresenta o diagrama de objetivos, que permite definir os principais objetivos a serem alcançados pelo SMA.

Figura 8: Diagrama de objetivos do SMA.



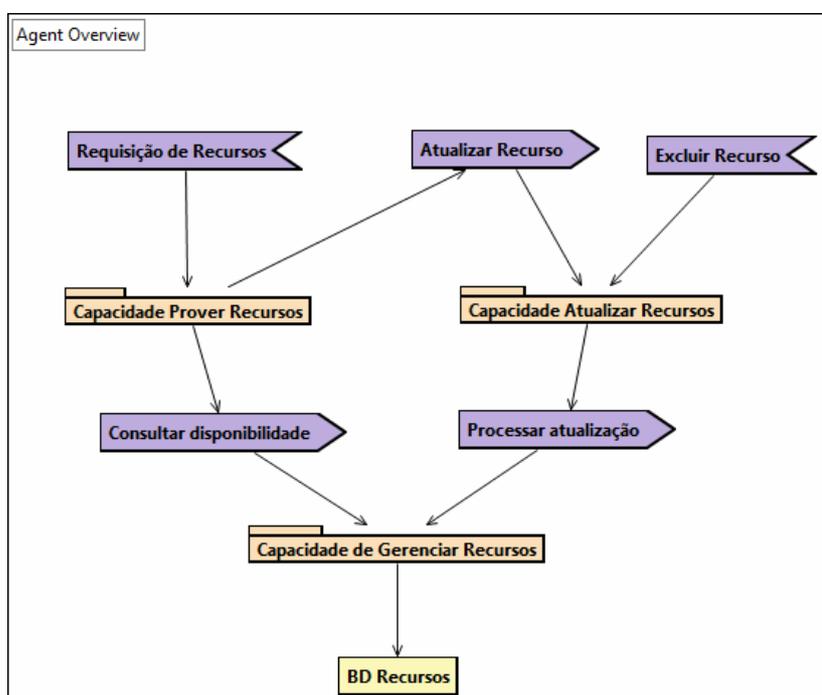
Visualiza-se na figura 8, o Assistente Pessoal desempenhando o papel de *client* (Agente Cliente) tendo como ações administrar o perfil e o contexto do usuário, comunicando-se por troca de mensagens com o Comunicador, que desempenha o papel de gerenciador (Agente Gerenciador) da troca de mensagens, através das ações de recebimento e encaminhamento de requisições. Finalmente o Assistente para Acessibilidade, cumprindo o papel de *server* (Agente Servidor), executa a ação consultar serviço (recursos para acessibilidade), trocando mensagens com o agente de comunicação (atendimento de requisições).

4.3.1 Agente Assistente para Acessibilidade

O agente Assistente para Acessibilidade (AA) é o principal componente do modelo Hefestos. Este componente é responsável por implementar as decisões referentes aos recursos para acessibilidade a serem sugeridos aos PCDs e idosos.

O AA usa o perfil do usuário e o contexto corrente, além das trilhas relacionadas para apoiar a acessibilidade. Este agente, após o processamento das inferências, encaminha os recursos de acessibilidade relevantes identificados para o agente de comunicação, que por sua vez entrega ao AP. A figura 9 apresenta o diagrama de ações do AA.

Figura 9: Diagrama de ações do Assistente para Acessibilidade.



O diagrama de ações do AA (figura 9) apresenta as ações executadas pelo agente servidor, que recebe as requisições e retorna os recursos para acessibilidade de acordo com os parâmetros recebidos. Os módulos do modelo Hefestos são abstraídos genericamente por BD Recursos.

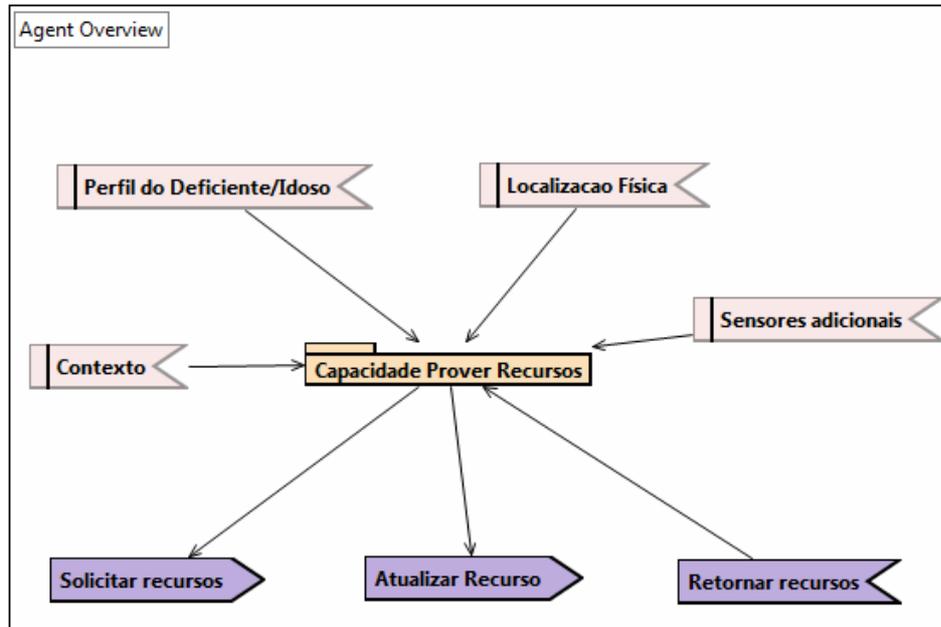
4.3.2 Agente Assistente Pessoal

O Agente Assistente Pessoal é o agente que acompanha o PCD ou idoso em seu dispositivo móvel ou embarcado. O AP suporta a autenticação do usuário, ou seja, sua entrada no ambiente ubíquo do Hefestos. Ele também habilita/desabilita a operação do sistema e suporta a troca de mensagens com o agente de comunicação.

O AP foi projetado para ser instalado em *smartphones*, *tablets*, *SPOTs* (SUN SPOT, 2011), *Motes* (SENTILLA, 2011) e outros dispositivos com acesso à *internet*.

A figura 10 apresenta o diagrama de ações do agente AP.

Figura 10: Diagrama de ações do Assistente Pessoal.



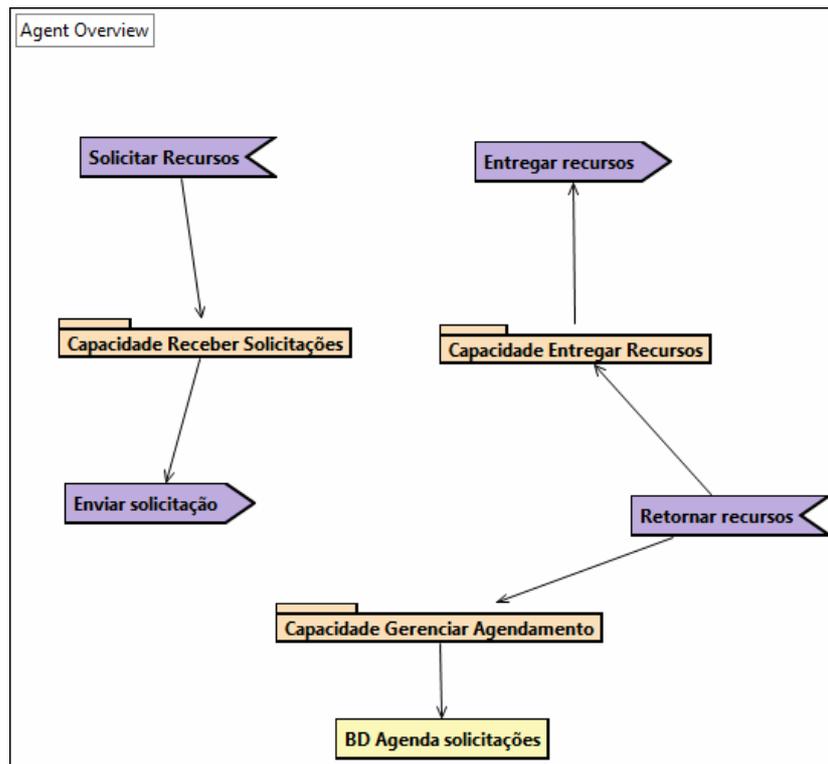
O diagrama de ações do AP (figura 10) apresenta as ações executadas pelo agente cliente, que a partir do perfil do usuário e contexto (localização física e outros sensores) solicita recursos para acessibilidade para o agente de comunicação. Após as trocas de mensagens internas, o AA retorna os recursos selecionados após realizar a inferência nos módulos do Hefestos.

4.3.3 Agente de Comunicação

O agente de Comunicação é responsável pela troca de mensagens entre o AA e o AP. O AC recebe as mensagens e entrega as informações obtidas a partir do perfil do usuário e contextos para acessibilidade disponíveis, para os PCDs e idosos, através do AP. O AC opera com agendamento ou entrega imediata de mensagens.

A figura 11 apresenta o diagrama de ações do agente AC.

Figura 11: Diagrama de ações do agente de Comunicação.



O diagrama de ações do agente de comunicação (figura 11) apresenta as ações executadas pelo agente comunicador, que cumpre o papel de mensageiro. Ele recebe requisições do cliente, repassa ao servidor, para depois retornar os recursos selecionados. As mensagens podem ser trocadas de forma imediata ou agendada.

4.3.4 Módulo de Perfis

No modelo Hefestos, a proposta é que cada usuário armazene em seu perfil não somente os dados de identificação, mas também informações referentes ao tipo de deficiência, necessidades especiais, contatos para situações de emergência (SOS) e preferências.

Este módulo é utilizado quando o agente assistente para acessibilidade realiza inferências para localização de perfis similares no mesmo contexto (recurso para acessibilidade dinâmico). O Assistente Pessoal (AP) utiliza também os dados do perfil do usuário combinados com as informações contextuais (dados do módulo de contextos) para requisitar ao Assistente para Acessibilidade (AA) os recursos para acessibilidade disponíveis.

4.3.5 Módulo de Necessidades Especiais

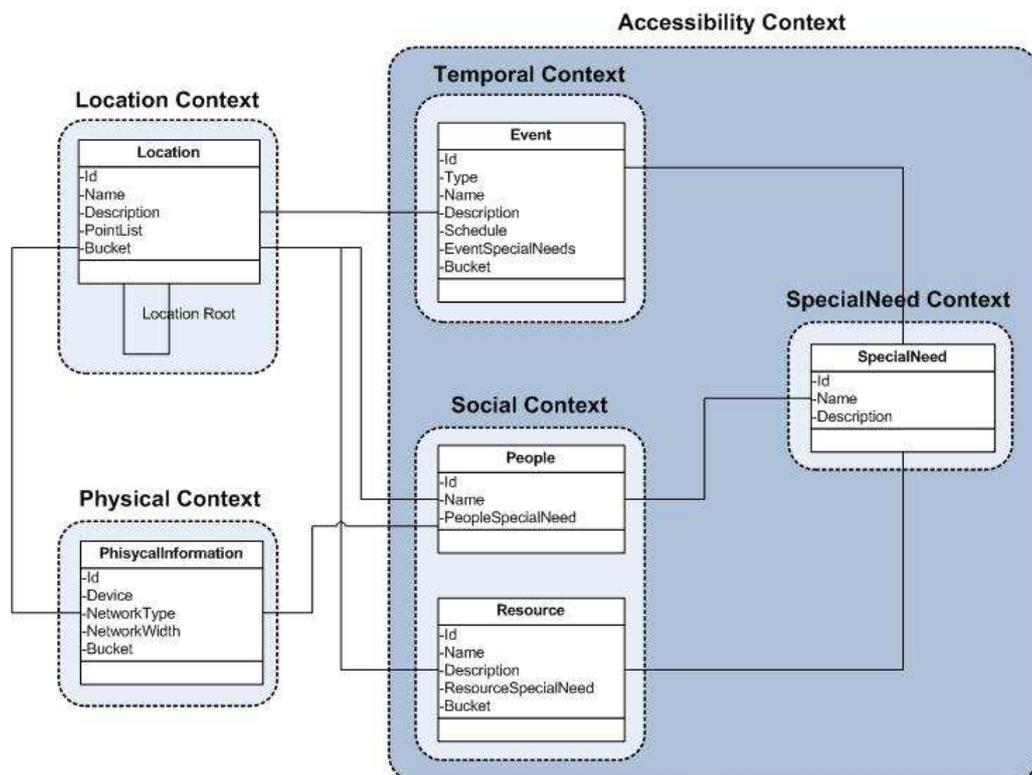
O módulo de necessidades especiais prove uma referência padrão para os demais componentes do modelo. Através do *site* administrativo é possível gerenciar as informações relacionadas às necessidades especiais.

Neste módulo, as informações estão organizadas de forma a contemplar os diferentes níveis de necessidades especiais (incapacidade, deficiência ou desvantagem) de acordo com a ontologia proposta. Além disso, este módulo serve como base para a categorização do perfil do usuário no módulo de perfis, e dos contextos para acessibilidade no módulo de contextos.

4.3.6 Módulo de Contextos

Este módulo é responsável pelo armazenamento e manutenção dos contextos. O diagrama de classes do módulo de contextos pode ser visualizado na figura 12.

Figura 12: Diagrama de classes do módulo de contextos.



Este módulo está dividido em seis componentes:

- Contexto de localização (*Location Context*): representa os detalhes de localização;
- Contexto físico (*Physical Context*): representa as configurações do dispositivo e da conexão;

- c) Contexto temporal (*Temporal Context*): representa os eventos de acordo com o horário;
- d) Contexto social (*Social Context*): representa as pessoas e recursos;
- e) Contexto de necessidades especiais (*SpecialNeed Context*): representa as necessidades especiais atendidas;
- f) Contexto para acessibilidade (*Accessibility Context*): representa o contexto de acessibilidade global e engloba os contextos temporal, social e de necessidades especiais.

O módulo de contextos permite a composição de contextos dinâmicos, que podem ocorrer em situações onde pessoas ou recursos para acessibilidade podem estar disponíveis por certos períodos de tempo em determinado local. Por exemplo, pode-se dispor de ônibus adaptados para PCDs em certas regiões em horários específicos. Além disso, pode-se contextualizar profissionais intérpretes, agentes de saúde ou outras pessoas preparadas para oferecer assistência em locais e horários específicos, ou mesmo outras pessoas com deficiência que possuam limitações semelhantes e interesses comuns.

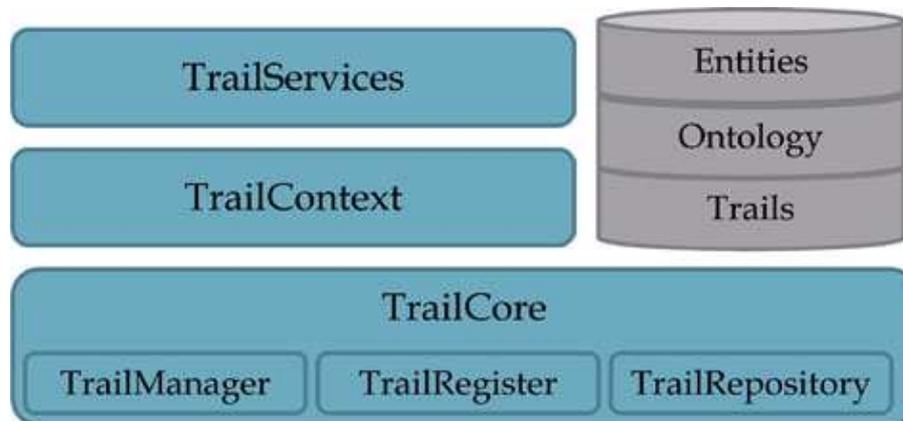
4.3.7 Módulo de Trilhas

Uma trilha, no Hefestos, é uma sequência de contextos visitados por um PCD ou idoso durante um período de tempo. Esta sequência representa a história do usuário. As trilhas do usuário são armazenadas neste módulo, estabelecendo uma base de dados dos hábitos dos usuários, tais como, caminhos e recursos usados. Estes dados servem de referência para extração de informações auxiliares relevantes para o AA, tanto para o próprio usuário quanto para outros que possuem características e necessidades semelhantes.

De acordo com Silva et al. (2010), a sensibilidade a trilhas é um avanço da computação da sensibilidade ao contexto. Neste trabalho, os autores descrevem um modelo chamado UbiTrail, para gerenciamento de trilhas em ambientes de computação móvel. Além disso, o UbiTrail é capaz de gerenciar trilhas de qualquer objeto móvel.

O Hefestos utiliza o UbiTrail como base para o módulo de trilhas porque ele é um modelo com sensibilidade a trilhas genérico e é baseado em uma ontologia, sendo convergente com os propósitos deste projeto. Visualiza-se na figura 13 a arquitetura do modelo UbiTrail.

Figura 13: Arquitetura do UbiTrailServer (SILVA et al., 2010).



4.3.8 Site Administrativo

O *site* administrativo permite gerenciar os dados armazenados no servidor do Hefestos. Através de uma interface *web*, conforme visualiza-se na figura 14, é possível realizar a inserção, atualização e deleção dos dados. O *site* usa os seguintes módulos para realizar as ações requisitadas pelo usuário:

- Módulo de necessidades especiais: grupos de necessidades especiais e registro de necessidades especiais;
- Módulo de perfil do usuário: detalhes do perfil do usuário e grupos de usuários;
- Módulo de contextos: contextos para acessibilidade, pessoas e eventos;
- Módulo de trilhas: detalhes das trilhas para acessibilidade.

Figura 14: Página principal do *site* administrativo.

The screenshot shows the main page of the administrative site. At the top, there is a navigation bar with the HEFESTOS logo and several icons representing accessibility (wheelchair, hearing aid, Braille). The user is logged in as 'Usuário 1234'. Below the navigation bar, there are links for 'PERFIL DO PNE', 'NECESSIDADES ESPECIAIS', 'CONTEXTOS PARA ACESSIBILIDADE', and 'LOGOUT'. The main content area is titled 'CONTEXTOS PARA ACESSIBILIDADE' and contains a table with the following data:

Nome	Descrição	-	-
Estacionamento	Estacionamento com vagas para portadores de necessidades especiais	[NE]	[Excluir]
Piso Tátil	Calçada adaptada com piso tátil para deslocamento de deficientes visuais	[NE]	[Excluir]
Interprete Libras	Interprete Libras para suporte a deficientes auditivos	[NE]	[Excluir]
Onibus Especial	Onibus com suporte a cadeirantes	[NE]	[Excluir]
Palestra para Idosos	Palestra sobre os cuidados com a saúde na terceira idade	[NE]	[Excluir]
Telecentro Especial	Telecentro para inclusão digital com acessibilidade universal	[NE]	[Excluir]
Livros em Braille	Livraria especializada com livros em Braille	[NE]	[Excluir]

At the bottom of the table, there is a button labeled 'Incluir novo contexto'.

O *site* administrativo segue as diretrizes *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG 2.0)* recomendadas pela W3C (W3C, 2011) para acessibilidade de *sites* na internet.

4.4 Ontologia para acessibilidade

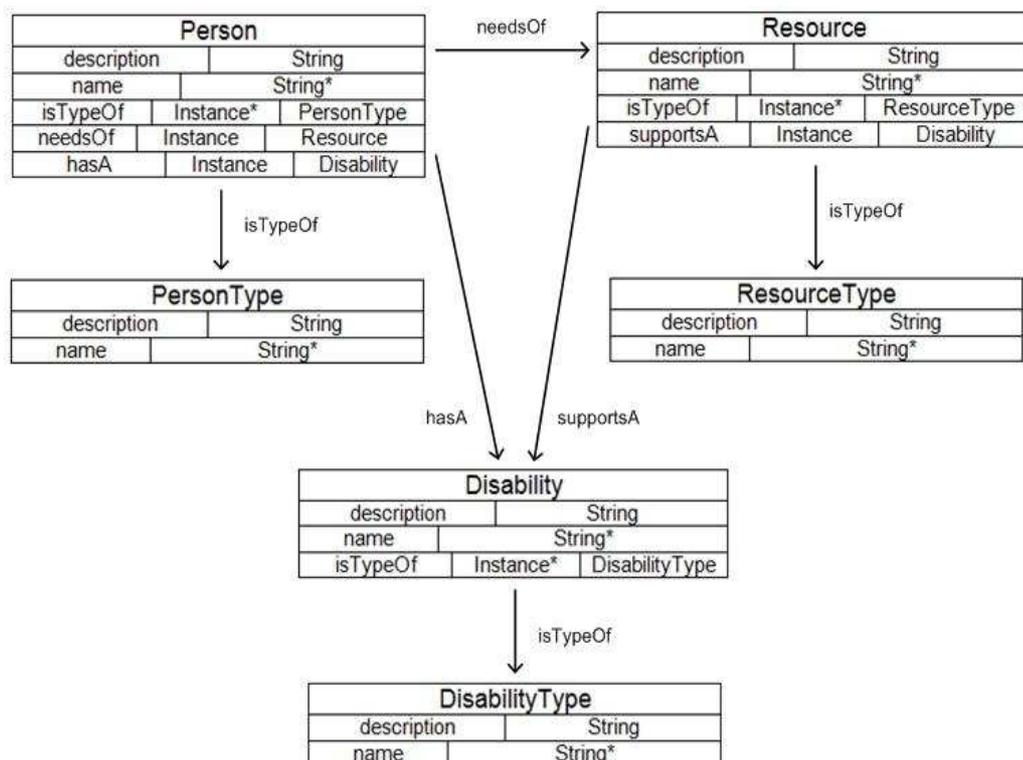
Com o objetivo de padronizar o acesso à informação, propõe-se uma ontologia, que é apresentada na figura 15. A razão principal para o desenvolvimento da ontologia para acessibilidade é a possibilidade de interoperabilidade com outros sistemas e soluções. Esta ontologia foi projetada usando a *IDE Protégé* (PROTÉGÉ, 2011). O objetivo da acessibilidade ubíqua é oferecer recursos para acessibilidade de PCDs e idosos a qualquer tempo e em qualquer lugar de acordo com suas necessidades especiais. Para satisfazer estes requisitos, a ontologia provê três classes principais: (1) *Person*; (2) *Resource*; (3) *Disability*.

A entidade *Person* representa o perfil do PCD e idoso. Esta classe possui o atributo *isTypeOf*, que possibilita categorizar a pessoa. O atributo *hasA* descreve a deficiência da pessoa. O atributo *needsOf* representa o relacionamento com os recursos, que suportam as necessidades da pessoa. A classe *PersonType* é uma subclasse de *Person* que possui atributos como profissionais de saúde, pessoas com deficiência, família e empresas.

A classe *Resource* representa os recursos disponíveis para suportar a acessibilidade do PCD ou idoso. *ResourceType* é uma subclasse de *Resource*, que possui atributos como tecnologias assistivas, diretrizes, terapias, instituições, construções, etc.

A classe *Disability* representa incapacidades, deficiências ou desvantagens de PCDs ou idosos. A subclasse *DisabilityType* prove a classificação da deficiência, tal como física, auditiva, visual ou mental.

Figura 15: Ontologia para acessibilidade do Hefestos.



A ontologia está baseada em três referências amplamente reconhecidas: Classificação Internacional de Doenças – CID-10 (OMS, 2003a), Classificação Internacional de Funcionalidade, Capacidade e Saúde – CIF (OMS, 2003b) e o padrão internacional *ISO 9999:2007* (ISO, 2011). O principal objetivo da *ISO 9999:2007* é classificar produtos e tecnologias assistivas especificamente desenvolvidas para PCDs.

A CIF é usada desde 2001 em conjunto com a CID-10 para diagnósticos médicos (OMS, 2003b). A inovação proporcionada pela CIF se refere ao fato de diferenciar os conceitos de “desvantagem” (*handicap*), “incapacidade” (*impairment*) e “deficiência” (*disability*), tendo em vista que uma deficiência pode ou não causar uma incapacidade (dependendo do indivíduo e dos recursos disponíveis) e uma incapacidade pode ou não causar uma desvantagem (dependendo do contexto social) (SPELTA, 2011).

O módulo de necessidades especiais do Hefestos foi parametrizado de acordo com a classe *Disability* da ontologia. O módulo perfil do usuário está baseado na classe *Person*. A CIF e a CID-10 foram usadas como referência para as classes *Disability* e *Person*. Além disso, o módulo de contextos utiliza recursos em sua composição. Esses recursos estão relacionados à classe *Resource* da ontologia. A classe *Resource* está baseada na terminologia disponível na *ISO 9999:2007*.

4.5 Portal para Acessibilidade

O portal para a acessibilidade cumpre um papel complementar ao modelo Hefestos. Atualmente este *web site* está disponível no endereço <http://projeto.unisinos.br/hefestos/>, que além de proporcionar informações sobre o modelo, publicações e resultados obtidos serve como um canal de informações para os usuários. São disponibilizados ainda, imagens, documentos e vídeos do projeto.

O modelo Hefestos visa atender aspectos práticos da acessibilidade, usando a computação ubíqua. O portal para a acessibilidade objetiva complementar o modelo atendendo aspectos conceituais inerentes à acessibilidade. Por isso, serão disponibilizados manuais, guias, leis, padrões e *links* de tecnologias e recursos relacionados. Visualiza-se na figura 16 a página *web* do Portal para Acessibilidade.

A ontologia para acessibilidade estará disponível a partir do portal para acessibilidade para uso em projetos similares, bem como toda a documentação necessária à sua aplicação.

Todo o portal segue normas para acessibilidade universal, adotando padrões abertos. Além disso, será integrado às principais redes sociais, possibilitando a colaboração das comunidades dos PCDs e idosos. Esse ambiente colaborativo, seguindo as tendências da *web 2.0*, permitirá a interação com os usuários, organizações não governamentais (ONGs), governo, comunidade acadêmica e iniciativa privada, agregando sugestões, buscando a melhoria do projeto em todos os seus âmbitos.

Figura 16: Portal para Acessibilidade do Hefestos.



UNISINOS



HEFESTOS



MOBILAB
Mobile Computing Lab

Opções de acessibilidade: +A -A [English version]

Apresentação

Hefestos é um projeto que visa proporcionar suporte à acessibilidade das pessoas com deficiência (PCDs) e idosos, aplicando a computação móvel e ubíqua.

O modelo Hefestos serve de base para o desenvolvimento de tecnologias assistivas que atendam às necessidades dos PCDs, de acordo com suas características (perfil) e seus contextos.

Atualmente encontram-se em desenvolvimento duas soluções específicas:

- (1) **Hefestos Wheelchair**, aplicativo móvel desenvolvido para a plataforma Android, para suporte à acessibilidade de cadeirantes;
- (2) **Tirésias**, aplicativo para suporte aos cegos, desenvolvido para a plataforma iPhone/iPad.

Objetivos

- 1) Promover a inclusão efetiva, englobando todos os padrões de acessibilidade;
- 2) Propor um modelo genérico que sirva de base para o desenvolvimento de tecnologias assistivas;
- 3) Desenvolver uma ontologia para acessibilidade que padronize o intercâmbio de informações entre diferentes aplicações;
- 4) Realizar pesquisas que norteiem os estudos na área da acessibilidade;
- 5) Aplicar tecnologias de vanguarda na promoção da acessibilidade.

Fotos / Videos

Algumas fotos dos voluntários avaliando o projeto no campus da Unisinos.






5 CENÁRIOS PARA A ACESSIBILIDADE UBÍQUA

Este capítulo tem por objetivo apresentar a cada seção uma proposta de possível cenário onde o modelo Hefestos poderia ser aplicado. Para cada um destes cenários é descrita uma situação envolvendo PCDs ou idosos que utilizam o Assistente Pessoal dentro de um ambiente monitorado pelo Hefestos. O primeiro cenário apresentado foi validado na prática com o uso de um protótipo e será apresentado no capítulo 6.

5.1 Promoção da acessibilidade em ambiente acadêmico

Um dos maiores motivos da evasão escolar por parte dos PCDs é a falta de acessibilidade ou falta de profissionais capacitados para atendimento de suas necessidades especiais. Nesse contexto, o modelo Hefestos pode auxiliar tanto no sentido prático quanto conceitual. Do ponto de vista prático, pode fornecer recursos para acessibilidade. De modo que o PCD com sua interface assistiva especial possa se integrar com os demais de acordo com suas características. Do ponto de vista conceitual, manuais e guias podem ser consultados a partir do portal para a acessibilidade.

Em um ambiente acadêmico se pode sugerir recursos para acessibilidade específicos conforme o perfil do estudante e de acordo com seu contexto. Esse cenário está descrito abaixo.

“Maria é cadeirante e está analisando a possibilidade de fazer uma pós-graduação, por isso decidiu visitar algumas universidades para avaliar o nível de qualidade e acessibilidade que estas oferecem.

Portando um smartphone com o Assistente Pessoal do Hefestos, ela entrou no campus da Unisinos pelo portão D, do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, pois enquanto deslocava-se com seu veículo pela avenida Unisinos, observou o alerta da disponibilidade de vagas de estacionamento para PCDs neste local.

Após estacionar seu veículo na vaga reservada, seguiu seu percurso em sua cadeira de rodas motorizada. A partir desse momento, já com a versão do Hefestos Wheelchair ativo em seu dispositivo móvel.

Deslocou-se até o posto de atendimento do prédio 6A utilizando a interface de operação (touch screen) do Hefestos Wheelchair para conduzir sua cadeira de rodas. Durante o curto percurso observou a existência de rampas, telefones públicos e elevadores (recursos para acessibilidade) à sua disposição caso necessitasse acessar alguns dos prédios próximos.

Neste ponto, interrompeu seu deslocamento e selecionou a opção “mapa” na tela do Assistente Pessoal, para ter uma visão geral da região em que se encontrava. Selecionou um dos recursos exibidos no mapa, chamado “Central de Atendimento”, onde logo abaixo foram exibidas possíveis rotas, inclusive havia uma rota sugerida por outro cadeirante, aluno da Unisinos que por traçá-la diariamente, disponibilizou para que outros usuários com o mesmo perfil pudessem conhecê-la.

Após definir a rota desejada, cuja distância aproximada era de 200 metros, o Assistente Pessoal exibiu a opção “navegação autônoma”. Maria acionou essa opção e seguiu até o local desejado sem mais interferências no sistema. Durante o deslocamento assistido, ela observou no Assistente Pessoal que havia uma lanchonete, que seria uma opção quando retornasse no horário do almoço.”

5.2 Promoção da acessibilidade em ambiente comercial

O *shopping center* é um dos locais de compras mais utilizados pelos PCDs, não apenas por ser um amplo centro de compras, mas, principalmente, por oferecer a acessibilidade física/arquitetônica não disponibilizada muitas vezes em lojas convencionais por problemas de calçamento, buracos nas ruas, entre outros. Por isso, há a possibilidade de agregar a esse ambiente favorável algumas características que potencializem a experiência dos PCDs.

Produtos, serviços e recursos para acessibilidade disponíveis nesse ambiente, de acordo com o contexto e o perfil do usuário, podem ser ofertados dinamicamente. Além de tecnologias assistivas que podem ser utilizadas em determinadas situações por surdos ou cegos, por exemplo. O cenário abaixo descreve uma situação possível.

“José é um funcionário público, cego, e costuma frequentar o shopping center próximo à sua residência, devido a praticidade e conveniência. Para atender às suas necessidades de acessibilidade, José utiliza um smartphone com o Hefestos instalado. Ele serve como guia para acesso a informações e recursos de seu interesse. Para isso, ele ativou no seu dispositivo móvel o recurso de acessibilidade do sistema operacional que realiza a leitura de tela possibilitando que ele ouça através de seu fone de ouvido tudo que há a disposição no shopping, de acordo com seu gosto (perfil), local em que se encontra, dia da semana, período do ano ou mesmo horário corrente (contexto).

Ao entrar pelo acesso principal do shopping o sistema identifica (Assistente Pessoal) que José é um apreciador da gastronomia italiana e o horário do almoço se aproxima, sugere (Assistente para Acessibilidade) um restaurante italiano que oferece seus pratos prediletos. José assinala esse recurso. Em seguida, o Hefestos sugere uma rota guiada (trilhas) até o local desejado, prevendo a distância aproximadamente 100 metros. Ele aceita a sugestão e segue as indicações até chegar ao restaurante.

Chegando ao estabelecimento, o garçom já o está aguardando na porta, cumprimenta-o por seu nome e o conduz até sua mesa que fora previamente reservada.

Finalmente, após José saborear seu Fettucine à Carbonara de Camarões, acompanhado de seu vinho predileto, ele segue com seu programa dominical.”

5.3 Promoção da acessibilidade nos meios de transporte

O sistema de transporte público (rodoviárias, pontos de ônibus, aeroportos e estações de trem/metrô) pode oferecer mais recursos para acessibilidade que facilitem a vida dos PCDs e idosos. O Hefestos pode auxiliar nesse sentido, informando-os, por exemplo, de linhas de ônibus com recursos para acessibilidade disponíveis de acordo com o contexto do PCD ou idoso. Ou ainda sugerindo promoções de passagens conforme seu perfil e necessidades. Um possível cenário que envolva tal situação é descrito a seguir.

“Joana é cadeirante e trabalha como promotora de vendas. Como ela reside em uma cidade da região metropolitana e normalmente trabalha na capital, precisa utilizar o ônibus como meio de transporte diário. Ela se desloca por várias regiões dentro da cidade, percorrendo alguns trechos somente com sua cadeira de rodas inteligente, noutros, utilizando ônibus.

Num dia de trabalho normal, após atender um cliente, ela precisa deslocar-se até outra região, de modo que, quando ela está no ponto de ônibus, o Hefestos informa que o próximo ônibus com acessibilidade (recurso dinâmico) chegará em aproximadamente 5 minutos.

Após embarcar no referido ônibus, ela verifica no Assistente Pessoal do Hefestos o mapa da região a qual está se deslocando. Constata se o local possui muitos recursos para acessibilidade no trajeto que executará, tais como, rampas entre outros.

Chegando ao ponto de ônibus destino, o sistema a informa que a rota principal para o local que deseja chegar está em obras, por isso ela deverá selecionar uma das rotas alternativas. Após selecionar uma das rotas sugeridas, ela aciona a “navegação autônoma” para que possa ir apreciando o local arborizado até então desconhecido para ela.”

5.4 Promoção da acessibilidade no trânsito de veículos e pedestres

Informações relevantes como estacionamento com vagas exclusivas e locais com atendimento especializado podem ser sugeridos de acordo com as necessidades do PCD ou idoso. Rotas com facilidades de acesso e alertas quanto a locais de difícil acesso são outras possibilidades. Ainda, de acordo com a deficiência ou necessidade especial do usuário, o Hefestos pode auxiliá-lo entregando informações e recursos para acessibilidade através de interface especial. Nesse sentido, o cenário abaixo descreve uma situação possível.

“Roberta é uma estudante adolescente com um determinado tipo de deficiência mental. Seus pais, ao mesmo tempo que se preocupam com sua segurança, têm consciência que devem oferecer liberdade para que ela possa ter algum grau de independência.

Por isso, ela utiliza um relógio inteligente, o qual ela pode visualizar imagens que indicam locais que ela possa frequentar e os que ela não deve se aproximar. Antes que ela saia de casa seus pais sempre programam em seus smartphones a região para a qual ela irá deslocar-se. Caso ela saia do local programado, eles podem encontrá-la. Além disso, eles podem monitorá-la em tempo real, sabendo exatamente onde ela está.

Em uma segunda-feira, após sair da escola, Roberta iria encontra-se com suas amigas para ir ao shopping. Porém, enquanto se deslocava, sofreu uma queda, devido à problemas no calçamento, sofrendo algumas escoriações.

Seu Assistente Pessoal identificando a brusca queda enviou automaticamente uma mensagem (funcionalidade de “SOS”) para os contatos registrados (preferências), seus pais e o serviço de ambulância. Seu pai recebendo a mensagem com sua localização, e estando a poucas quadras de distância, deslocou-se imediatamente para atendê-la.

Logo após chegar ao local, constatando que ela estava bem, tranquilizou sua esposa informando-a que fora apenas uma leve queda. Em poucos minutos o serviço de ambulância chegou ao local que fora informado pelo Assistente Pessoal do Hefestos, instalado no tablet utilizado pela equipe, para prestar os primeiros socorros à Roberta.”

5.5 Promoção da acessibilidade na área do turismo e lazer

A acessibilidade em pontos turísticos e áreas de lazer, além de um aspecto social que diz respeito ao bem estar das pessoas, trata-se de um mercado com grande potencial de crescimento. Especialmente com os grandes eventos esportivos que ocorrerão no Brasil nos próximos anos (Copa do mundo de futebol e Olimpíadas). Promover a acessibilidade em parques, áreas de lazer e pontos turísticos são outras possibilidades suportadas pelo Hefestos, que através de audio-guias para cegos, provisão de caminhos alternativos para pessoas com dificuldades motoras e sugestões de locais e estabelecimentos especializados, tais como, hotéis e restaurantes, pode suprir esse *gap* existente. O cenário a seguir relata uma situação possível.

“Luiza é uma musicista cega, que gosta de viajar. Ela resolveu tirar uma semana de férias para conhecer a serra gaúcha. Antes de partir, ela pesquisou no Hefestos instalado em seu tablet (funcionalidade “Pesquisar”) as cidades da serra com melhores recursos para acessibilidade. Verificou ainda mapas da região (funcionalidade “Mapa”) para assegurar-se de que teria locais adequados para seu lazer.

Selecionou um dos hotéis sugeridos, aquele que apresentava melhores recursos para suas necessidades especiais. Sendo que a reserva foi realizada automaticamente. Como ela gosta de programas culturais, verificou quais os cinemas, teatros e museus da região ofereciam melhores condições e quais espetáculos estariam em cartaz no período de suas férias.

Após desembarcar na cidade e realizar o check in automático no hotel, resolveu sair para passear. Enquanto seguia as orientações do audio-guia, conhecia a história dos locais pelos quais passava ouvindo todas as instruções que o Hefestos informava.”

5.6 Promoção da acessibilidade em serviços públicos

O Hefestos pode promover a acessibilidade e a cidadania dos PCDs e idosos, realizando a interface entre estes e os serviços públicos (prefeituras, câmaras de vereadores, tribunais de justiça, delegacias de polícia, etc). Seja de forma virtual, através da *internet*, quanto de forma presencial. Para isso, os serviços públicos devem ser entregues para o usuário de acordo com suas características e necessidades. Pode-se visualizar situações como, acesso a leis no formato requerido pelo usuário (Libras, Braille ou letras ampliadas, por exemplo). Registros e consultas de procedimentos e inúmeras outras possibilidades que a *u-accessibility* possibilita.

“Jéferson é um estudante de ciências políticas cego. Costuma acompanhar os projetos e as atividades do parlamento municipal da cidade em que reside. Como cidadão atuante, procura opinar e manifestar-se sempre, criticando a atuação dos vereadores.

Para isso, possui uma interface especial tradutora de língua portuguesa para braille, acoplada ao seu smartphone. Assim, todas as leis e demais projetos que estão em pauta, podem ser acompanhados por ele.

Além disso, quando precisa ir pessoalmente à Câmara de Vereadores, pode deslocar-se pelos diversos setores e gabinetes dos vereadores, sendo guiado pelo sistema de sugestão de rotas do Hefestos. E, quando está acompanhando as sessões legislativas e outro cego encontra-se no ambiente ele pode localizá-lo, compartilhando as experiências e dialogando sobre os temas em pauta.”

5.7 Promoção da acessibilidade na área da saúde

A promoção de acessibilidade na área da saúde (hospitais, clínicas, laboratórios, serviços de emergência, ambulâncias, etc) é outra importante área que o Hefestos pode auxiliar. De acordo com o perfil e as necessidades especiais do PCD ou idoso, o serviço de saúde pode prestar um atendimento mais eficaz e pró-ativo. Sendo possível, de acordo com a situação, monitoramento contínuo. Problemas de comunicação entre os PCDs/idosos e o serviço de atendimento, comuns atualmente, muitas vezes por despreparo dos agentes de saúde, podem ser reduzidos com o uso do Hefestos. Enfim, essa é uma das áreas com maior potencial, tanto na prevenção quanto no auxílio ao tratamento da saúde dos PCDs e idosos, atendendo os requisitos da acessibilidade principalmente pelo fato de promover sua independência e autonomia. Nesse sentido apresenta-se o cenário abaixo.

“Fernanda é uma engenheira aposentada, com 75 anos de idade. Ela caminha com o apoio de uma bengala, devido a um acidente de trânsito em que teve a perna fraturada. Em seu smartphone está instalado o Hefestos, que previamente teve todas as suas preferências e necessidades especiais configuradas.

Enquanto ela caminhava pelo centro da cidade, realizando as compras natalinas, recebeu a informação de que sua amiga Áurea estava em uma loja próxima do local. Ao mesmo tempo, Áurea também soube que Fernanda estava nas proximidades. Em alguns minutos se encontraram e foram até o café mais próximo para conversar.

Enquanto conversavam, Fernanda começou a sentir um mal estar. Acionando a função “SOS” do Hefestos, o serviço de atendimento médico foi acionado, recebendo todas as informações sobre a sua localização, bem como seu histórico médico, além de restrições e alergias a determinados medicamentos que ela possuía. Além disso, seu médico e seus familiares também receberam o comunicado.

Alguns minutos após a ambulância prestar os primeiros atendimentos e encaminhar-se para o hospital, seu médico já a aguardava para continuar os procedimentos e realizar os exames necessários.

Após algumas horas, sua amiga Áurea e seus familiares já estavam mais tranquilos com a melhora e a alta de Fernanda.”

5.8 Promoção da acessibilidade em ambiente profissional

Atualmente a legislação exige que existam parcelas (cotas) de funcionários PCDs contratados proporcionalmente ao porte da instituição. Porém, há dificuldades para contratação e preenchimento dessas vagas, principalmente por falta de mão-de-obra capacitada. Porém, outra dificuldade encontrada está na integração destes funcionários com os demais, seja por falta de estrutura adequada nas instituições ou pelas diferenças naturais de comunicação, por exemplo. Por isso, o Hefestos pode auxiliar tanto na identificação de perfis, quanto na integração entre formas de comunicação diferenciadas. Pode ainda aproximar PCDs com características e necessidades semelhantes, facilitando o desenvolvimento de suas atividades, entre outras possibilidades. A seguir, um cenário possível com o uso do Hefestos.

“Cristiano é um analista de sistemas, surdo. Entre seus hobbies estão a fotografia e o desenho. Recentemente ele foi contratado por uma multinacional para trabalhar em um projeto voltado para a área comercial.

Para ir para o trabalho ele costuma usar o metrô e o restante do trecho a pé. Numa sexta-feira, enquanto caminha para chegar à empresa, visualiza na lista de recursos para acessibilidade exibidos na tela do seu tablet, uma exposição de fotografias de um artista renomado que está acontecendo em uma galeria de arte próxima. Ele fica muito interessado, obtendo em seguida maiores detalhes sobre o evento.

Ao chegar ao trabalho recebe em seu dispositivo móvel todas as mensagens e avisos traduzidos para língua de sinais. Durante o expediente, sempre que precisa comunicar-se com algum colega, o faz através do tradutor automático entre Libras e língua portuguesa.

Após o término do expediente, dirigindo-se de volta para o metrô, verifica que ao passar em frente a um centro cultural está ocorrendo uma palestra pública sobre a história do desenho e que essa palestra conta com tradução simultânea para língua de sinais. Após realizar sua inscrição eletronicamente, aprecia o evento com atenção.”

5.9 Promoção da acessibilidade em ambiente doméstico

As experiências dos PCDs e idosos em seu ambiente doméstico podem ser potencializadas. Seja no controle automático de eletrodomésticos utilizando suas interfaces especiais adaptadas conforme suas necessidades, quanto no monitoramento de aspectos de saúde. O contexto do usuário, seu perfil e trilhas podem ser utilizadas para entrega de recursos de acessibilidade de forma proativa.

Abaixo, um cenário imaginado para aplicação do Hefestos.

“Osvaldo é um arquiteto aposentado, com 70 anos de idade. Ele gosta de reunir os amigos em sua residência para confraternizar e jogar xadrez. Porém, nos últimos anos ele teve sua mobilidade reduzida. Dessa forma, ele utiliza um smartphone com o Hefestos instalado como fonte de recursos para acessibilidade e para controle de itens da sua casa.

Acionamento remoto da televisão, das janelas e persianas, controle de eletrodomésticos e outros recursos são totalmente realizados através de seu dispositivo móvel. Inclusive ajustes de temperatura do ar condicionado, iluminação e som ambiente são automaticamente configurados de acordo com suas preferências.

Quando seu amigo está chegando nas proximidades, sua cafeteira já começa a preparar o café que eles beberão enquanto disputaram mais uma partida de xadrez e filosofam sobre a situação política atual.”

6 ASPECTOS DE IMPLEMENTAÇÃO E AVALIAÇÃO

Para permitir a avaliação das ideias propostas pelo modelo Hefestos, foi implementado um protótipo que consiste em vários artefatos de *software*, tais como, *web services*, tabelas, páginas web dinâmicas, aplicativos para dispositivos móveis, que representam cada um dos módulos do modelo proposto.

O protótipo foi construído a partir das diretivas propostas no modelo Hefestos (Capítulo 4), sendo que sua construção procurou abranger as principais necessidades dos PCD e idosos, especialmente os cadeirantes neste momento de avaliação. Principalmente no que diz respeito a aspectos de interface do usuário.

Chamado de Hefestos *Wheelchair*, o protótipo tem como objetivo principal o provisionamento de recursos para acessibilidade de cadeirantes, considerando o perfil do usuário e o contexto do PCD. Outra funcionalidade do protótipo é a possibilidade de controle de todas as funções de uma cadeira de rodas motorizada através de um dispositivo móvel: um painel de controle otimizado que proporciona além de uma interface para movimentação da cadeira de rodas, o monitoramento dos recursos da cadeira, tal como o nível de carga da bateria.

Este capítulo foi organizado de forma a apresentar a estratégia aplicada para a concepção de cada uma das partes do protótipo, sendo que as seções trazem as ferramentas utilizadas para o desenvolvimento, a estrutura geral e o projeto detalhado de cada um dos componentes e *use cases* implementados no protótipo.

6.1 Implementação

6.1.1 Ferramentas utilizadas na construção do protótipo

A construção do protótipo do Hefestos foi dividida em duas etapas, sendo a primeira de Projeto/Análise, quando se gerou a documentação técnica que serviu de suporte para a segunda etapa, a Codificação, quando o protótipo foi efetivamente construído e testado.

Para a modelagem do protótipo, realizada na etapa de Projeto/Análise, foi utilizado *UML (Unified Modeling Language)* (BOOCH et al., 1996; FOWLER, 2005) por se tratar de um padrão internacionalmente reconhecido e difundido tanto academicamente quanto comercialmente.

Na codificação dos diversos componentes do protótipo foram utilizadas tecnologias que seguem as premissas de portabilidade e de adaptabilidade, onde os processamentos principais ficassem organizados de forma a possibilitar mudanças fáceis e sem impactos significativos para a aplicação (para isso, optou-se por *web services* e agentes de *software*)

A tabela 2 apresenta cada uma das etapas de construção do protótipo, onde a coluna “artefatos” traz os resultados gerados ao final de cada etapa, e a coluna “ferramentas” a lista dos aplicativos utilizados para a geração desses artefatos.

Tabela 2. Artefatos e ferramentas de cada etapa do protótipo.

Etapa	Descrição	Artefatos	Ferramentas
Projeto e Análise	Consistiu na geração da documentação técnica que foi utilizada para a codificação do protótipo. Nesta etapa, os conceitos do modelo Hefestos foram convertidos para soluções viáveis de serem implementadas com os recursos disponíveis.	Diagrama geral dos componentes do protótipo e suas ligações.	StarUML 5.0 (STARUML, 2011), ferramenta utilizada para modelagem de diagramas e classes com base no UML.
		Diagramas de classe para cada um dos casos de uso.	
		Diagramas de sequência para os principais processos.	
Projeto e Análise		Casos de uso detalhados para definir todas as interações entre sistema e usuários, servindo como principal base para a implementação.	
		Diagrama de objetivos do SMA, identificando a troca de mensagens entre os agentes do sistema.	<i>Prometheus Design Tool (PDT) plugin</i> (PDT, 2011) para Eclipse IDE <i>Indigo</i> (ECLIPSE, 2011).
		Ontologia com suas classes, subclasses e atributos.	Protégé 4.1 (PROTÉGÉ, 2011), editor de ontologias.
Codificação	Etapa onde os aplicativos que compõem os módulos do protótipo foram efetivamente implementados, instalados e testados.	<i>Web services</i> consumidos através do aplicativo utilizado pelos PCDs, e também através dos demais componentes do protótipo. Foram implementados utilizando linguagem Java.	NetBeans <i>IDE</i> 6.8 (NETBEANS, 2011).
		Site administrativo para manutenção dos registros armazenados nos módulos de perfil, contexto, trilhas e necessidades especiais. Foi implementado utilizando linguagem Java (<i>JSP</i>).	Eclipse <i>IDE Indigo</i> (ECLIPSE, 2011).
		SMA que engloba os agentes Assistente para Acessibilidade, Assistente Pessoal e de Comunicação. Foi implementado usando a linguagem Java e <i>AgentSpeak</i> .	Jason 1.3.3 (JASON, 2011), interpretador baseado em Java para <i>AgentSpeak</i> .
		Aplicativo móvel desenvolvido como interface para o Assistente Pessoal. Implementado usando a	Android <i>SDK</i> (ANDROID, 2011) para Eclipse <i>IDE</i> (ECLIPSE, 2011).

	plataforma Android.	
	<i>Middleware</i> desenvolvido para interfaceamento entre o aplicativo do usuário e o <i>firmware</i> da cadeira de rodas. Implementado utilizando Java <i>ME</i> .	<i>Sun SPOT SDK</i> (SUN SPOT, 2011) para <i>NetBeans IDE</i> 6.8 (NETBEANS, 2011).
	Tabelas no banco de dados, que armazenam todas as informações de configuração e a dinâmica do protótipo (como por exemplo, o perfil dos PCDs e idosos, recursos para acessibilidade disponíveis, tipos de necessidades especiais, entre outros).	Banco de dados relacional <i>MySQL</i> (MYSQL, 2011) para manter todas as tabelas do protótipo.

6.1.2 Estrutura geral do projeto

Esta seção apresenta uma visão geral da estrutura do protótipo Hefestos *Wheelchair*, com todos os componentes de *software* desenvolvidos para dar suporte à execução dos experimentos.

A implementação do Hefestos *Wheelchair* segue a arquitetura de *software* apresentada na figura 17. Além da aplicação Android (ANDROID, 2011), que oferece uma interface para PCDs, desenvolveu-se um *appliance* que realiza o interfaceamento e comunicação entre o dispositivo móvel e o *firmware* da cadeira de rodas motorizada.

A arquitetura de *software* do Hefestos *Wheelchair*, como apresentada na figura 17, possui quatro camadas: (1) Hefestos *Server*; (2) Hefestos *Wheelchair App*; (3) Hefestos *Middleware*; (4) *Firmware*.

A primeira camada da arquitetura é o Hefestos *Server*. O servidor possui a função de prover a inferência sobre os recursos para a acessibilidade. O servidor centraliza os módulos e o Sistema Multi-Agente (SMA) (PADGHAM; WINIKOFF, 2004) do modelo Hefestos. Estes módulos estão disponíveis através da tecnologia de *web services*.

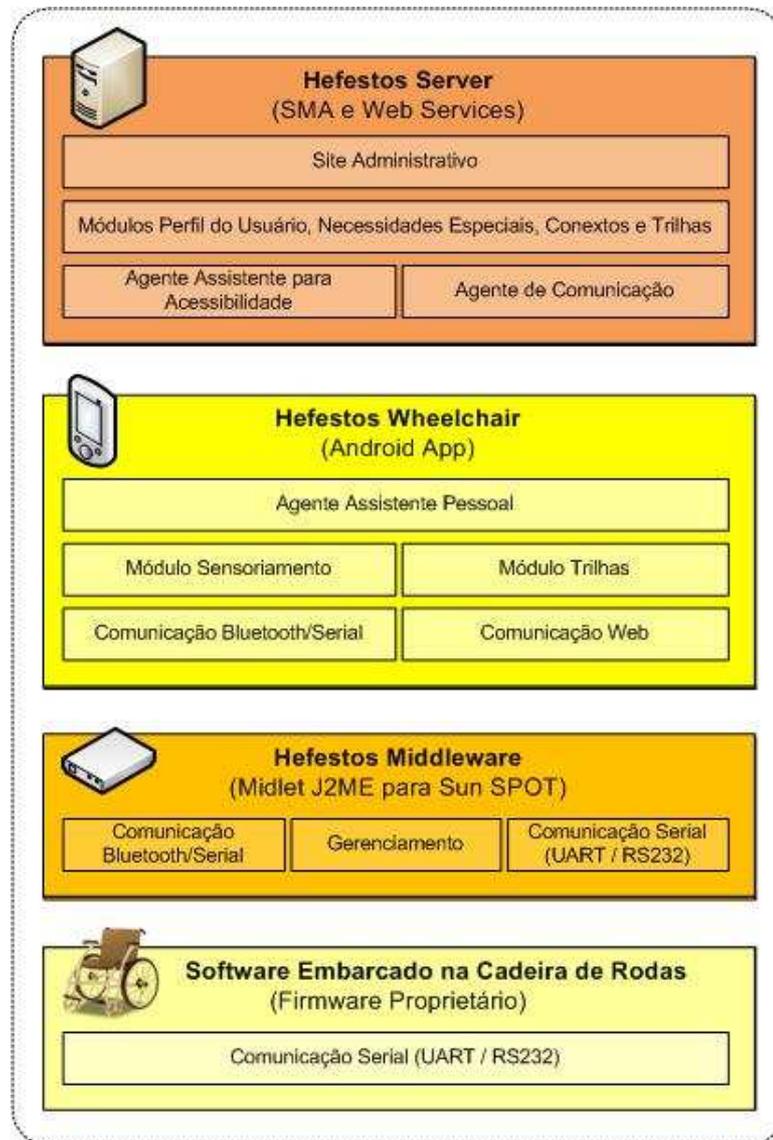
Além disso, o servidor possui um *site* administrativo, instalado no servidor do Mobilab⁵ (MOBILAB, 2011). O *site* administrativo permite o gerenciamento dos dados armazenados nos módulos. O *site* foi implementado usando *Java Server Pages (JSP)* e banco de dados *MySQL* para persistência.

A segunda camada do sistema distribuído proposto é o Hefestos *Wheelchair App*. Implementou-se o AP do modelo Hefestos nesta camada. O *tablet i-MXT*, com Android 2.2 (ANDROID, 2011), foi utilizado como interface do usuário. Esta

⁵ Laboratório de pesquisa e desenvolvimento em computação móvel – *Mobile Computing Lab (Mobilab)*.

aplicação permite ao PCD ou idoso operar a cadeira de rodas e monitorar recursos dinamicamente.

Figura 17: Arquitetura de *software* do Hefestos *Wheelchair*.



Uma variação desta aplicação que possibilita a operação da cadeira de rodas automaticamente através da inclinação do dispositivo móvel foi desenvolvida e instalada no smartphone *HTC Desire A8181*. Assim, o usuário pode optar entre o uso da interface por *touch screen* ou por inclinação (usando o acelerômetro do dispositivo móvel).

O Hefestos *Middleware* é a terceira camada da arquitetura apresentada. Este *middleware* foi desenvolvido em *J2ME*, instalado no dispositivo Sun *SPOT* (SUN SPOT, 2011). Os módulos internos de gerenciamento e de comunicação do Hefestos *Middleware* suportam a interface do usuário. Esta interface envia

comandos para o sistema embarcado da cadeira de rodas e retorna informações sobre a mesma para exibição na tela do dispositivo móvel graficamente.

O Hefestos *Middleware* foi criado para permitir a comunicação entre a interface de alto nível de controle da cadeira de rodas (aplicação para o dispositivo móvel com Android) e o *software* embarcado na cadeira de rodas (que realiza o acionamento e controle dos motores). Assim, abstraiu-se da aplicação do usuário comandos de baixo nível dos circuitos de controle da cadeira de rodas. Possibilitando o desacoplamento da aplicação para possíveis implementações para dispositivos móveis em diferentes plataformas no futuro. Ou ainda, diferentes interfaces de comando independentes.

Completando a arquitetura, na quarta camada, a mais próxima do *hardware* da cadeira de rodas, está o *firmware* da fabricante Freedom⁶ (empresa parceira no projeto Hefestos). Nesta camada, implementou-se um protocolo de comunicação, baseado em *UART/RS232*, para troca de mensagens entre o Hefestos *Middleware* e o *firmware* da cadeira de rodas motorizada. Esta integração permitiu a virtualização dos comandos disponíveis no painel de controle manual, tais como, *joystick* de operação, nível de carga, inclinação e velocidade da cadeira de rodas. Esta etapa do projeto foi realizada em conjunto entre a equipe técnica da Freedom e o autor, no laboratório da empresa.

O Hefestos *Wheelchair* foi totalmente implementado em Java. Utilizou-se a especificação *J2ME* na aplicação desenvolvida para o Sun *SPOT*. Para a aplicação desenvolvida para o Android utilizou-se *Java for Android*.

Adotou-se o dispositivo Sun *SPOT* (SUN SPOT, 2011) porque esse dispositivo incorpora em um dispositivo compacto, as características e os protocolos necessários para o projeto, como a comunicação *UART* e *USB* (serial). Além disso, o Sun *SPOT* disponibiliza muitos sensores, tais como, acelerômetro 3D, sensor de temperatura e portas de entrada/saída (*IO*) programáveis, permitindo a expansão dos recursos de sensoriamento, utilizando-se circuitos externos, quando necessário.

Utilizaram-se dispositivos móveis com Android porque esta é uma plataforma aberta e amplamente adotada por diversos fabricantes. Além disso, atualmente há extensa documentação e suporte, qualificando o processo de desenvolvimento. Outro benefício do emprego do Android foi a possibilidade de uso dos recursos de *hardware* embarcados, tais como, GPS e acelerômetro, disponíveis com suas respectivas *APIs* (ANDROID, 2011).

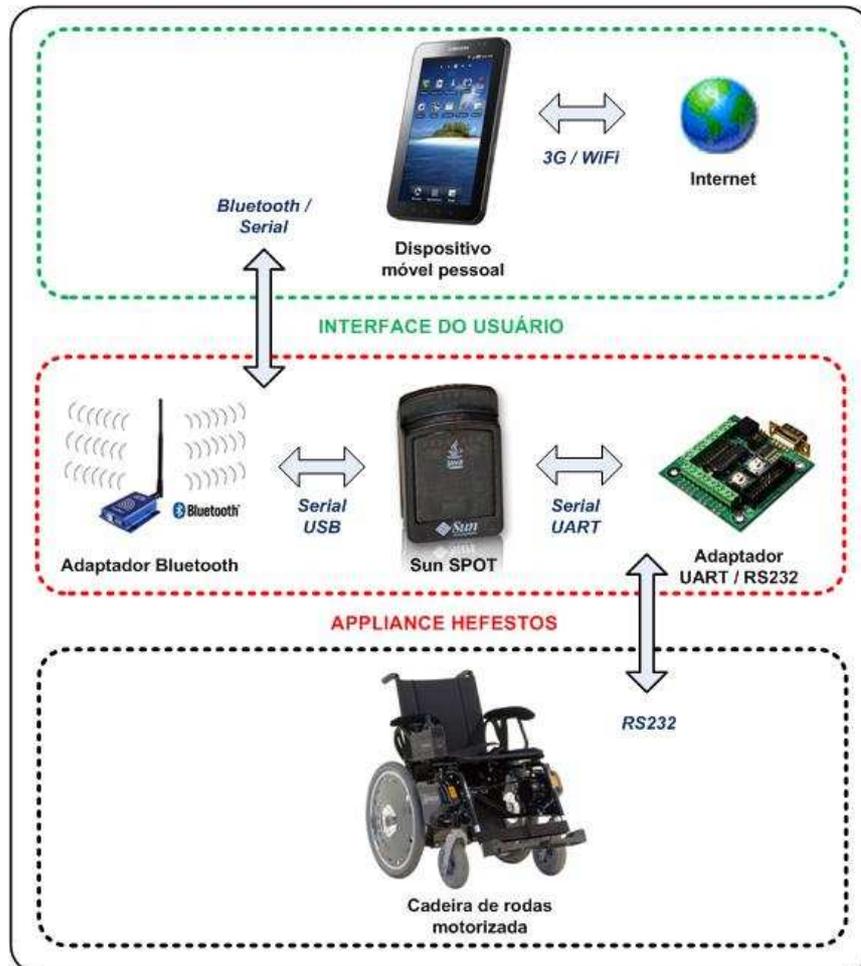
A arquitetura de comunicação do Hefestos *Wheelchair* está dividida em três camadas, como apresentado na figura 18. A camada superior é a interface do usuário. Um dispositivo móvel pessoal, com sistema operacional Android (ANDROID, 2011), é utilizado para comunicação com o servidor do Hefestos, usando a *internet* (*WiFi* ou 3G). Além disso, este dispositivo conecta a interface do usuário com o *appliance* que está na camada inferior (usando o protocolo *Bluetooth* ou um protocolo via porta serial).

A camada intermediária é chamada de Hefestos *Appliance*. O *appliance* é um *kit* composto de três componentes: (1) adaptador *Bluetooth* para comunicação com a camada de interface do usuário; (2) Sun *SPOT* (Sun SPOT, 2011) utilizado para

⁶ Freedom Indústria <http://www.freedom.ind.br>.

processamento, gerenciamento das comunicações e sensoriamento; (3) adaptador *UART/RS232* usado para comunicação com a camada abaixo, a cadeira de rodas motorizada.

Figura 18: Arquitetura de comunicação do Hefestos *Wheelchair*.



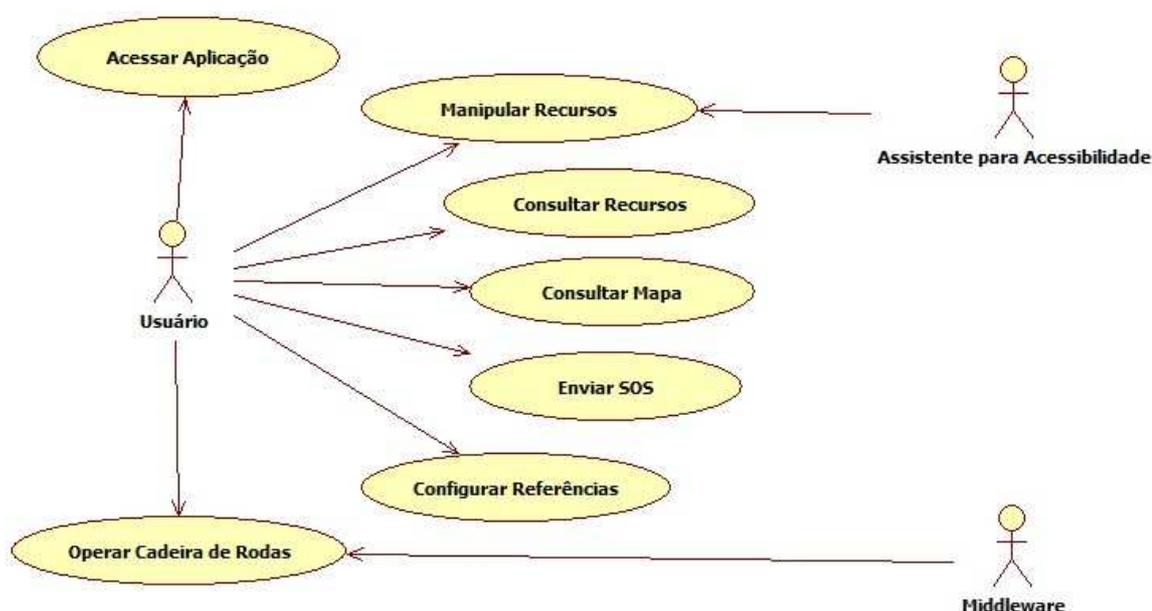
O objetivo do Hefestos *Appliance* é ser uma interface genérica. Sua principal função é prover a comunicação entre o dispositivo móvel do PCD ou idoso e sua cadeira de rodas. Desenvolveu-se o Hefestos *Middleware* para gerenciar este *appliance*. O *appliance* integra a aplicação Android (ANDROID, 2011) com os controles da cadeira de rodas, permitindo a operação da cadeira a partir de *widgets* na tela sensível ao toque do dispositivo móvel do usuário.

Finalmente, a camada inferior representa a cadeira de rodas motorizada. Utilizou-se uma porta de comunicação serial da cadeira, que adota o protocolo *RS232*. Desenvolveu-se um protocolo de comunicação simplificado para envio e recebimento de instruções de baixo nível entre a cadeira de rodas e o *appliance*. Assim, comandos podem ser enviados remotamente a partir da interface do usuário, sensível ao toque ou à inclinação da cabeça do PCD, possibilitando a operação da cadeira sem o uso do controle manual (*joystick*). Um recurso de monitoramento digital do *status* da bateria da cadeira de rodas, diretamente no *display* do dispositivo móvel foi implementado também.

O protótipo possui a capacidade de sensoriamento de dados, obtidos a partir do dispositivo móvel ou do Sun SPOT (SUN SPOT, 2011). Os sensores utilizados são acelerômetro (do Sun SPOT), bússola e GPS (via *smartphone*). A integração de sensores, interface de usuário otimizada e computação assistida com uma cadeira de rodas motorizada proporcionaram uma cadeira de rodas inteligente (*smart wheelchair*).

O desenvolvimento do protótipo se baseou no caso de uso apresentado na figura 19, onde foram identificados os requisitos principais que deveriam ser atendidos para possibilitar a realização dos experimentos.

Figura 19: Caso de uso principal do protótipo.



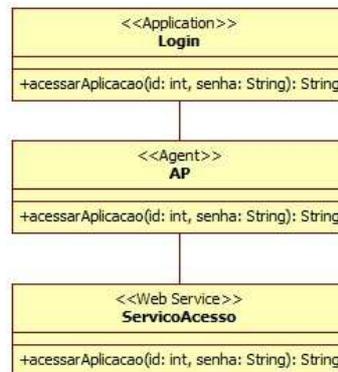
Os detalhes da modelagem e a codificação de cada um destes requisitos são apresentados a seguir:

a) Acessar Aplicação

Uma das principais funcionalidades de qualquer aplicação é o controle de acesso (autenticação). No protótipo implementado para o Hefestos, o controle de acesso ao ambiente é realizado através do fornecimento de um *id* e uma senha explicitamente por parte do usuário. Estes dados são fornecidos via tela de *login* disponível no dispositivo móvel.

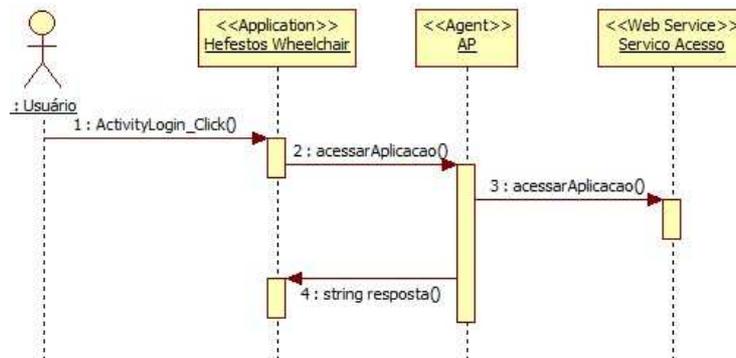
A figura 20 apresenta o diagrama de classes que faz parte do caso de uso **Acessar Aplicação**. Para este caso de uso, foi implementado o *web service* **ServicoAcesso**, que disponibiliza o método de validação do usuário e senha (método **AcessarAplicacao**) utilizado pelo AP no dispositivo móvel ou via site administrativo.

Figura 20: Diagrama de Classes – Acessar Aplicação.



A figura 21 apresenta o diagrama de sequência que demonstra como foi implementada a validação do usuário no ambiente. Neste diagrama, a *activity* no dispositivo móvel (**ActivityLogin**) utiliza a ação **AcessarAplicacao** do agente AP que encaminha a requisição para o método **AcessarAplicacao** do *web service* **ServicoAcesso** passando como parâmetros os dados informados pelo usuário (*id* e *senha*), e recebendo como retorno a confirmação de login ou mensagem de erro.

Figura 21: Diagrama de Sequência – Acessar Aplicação.



Um exemplo da tela de *login* no dispositivo móvel pode ser visto na figura 22. O usuário informa seu código e senha, pressionando em seguida no botão **ok**. Caso a validação no sistema seja realizada com sucesso, a tela é redirecionada para a *activity* principal da aplicação. Caso ocorra algum erro, uma mensagem de alerta é exibida.

Figura 22: Exemplo de tela de login no dispositivo móvel.

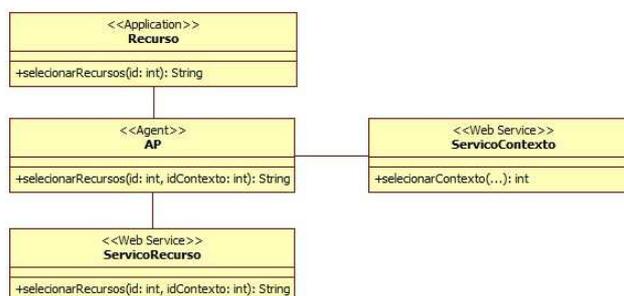


b) Manipular Recursos para Acessibilidade

O principal objetivo do Hefestos *Wheelchair* é apresentar recursos para acessibilidade para o usuário. Para isso, a funcionalidade Manipular Recursos para Acessibilidade é utilizada.

A figura 23 apresenta o diagrama de classes que faz parte do caso de uso **Manipular Recursos**. Para este caso de uso, foi implementado o *web service* **ServicoRecurso**, que disponibiliza o método de seleção de recursos (método **SelecionarRecursos**) para a pesquisa de recursos de acordo com o perfil e o contexto do usuário.

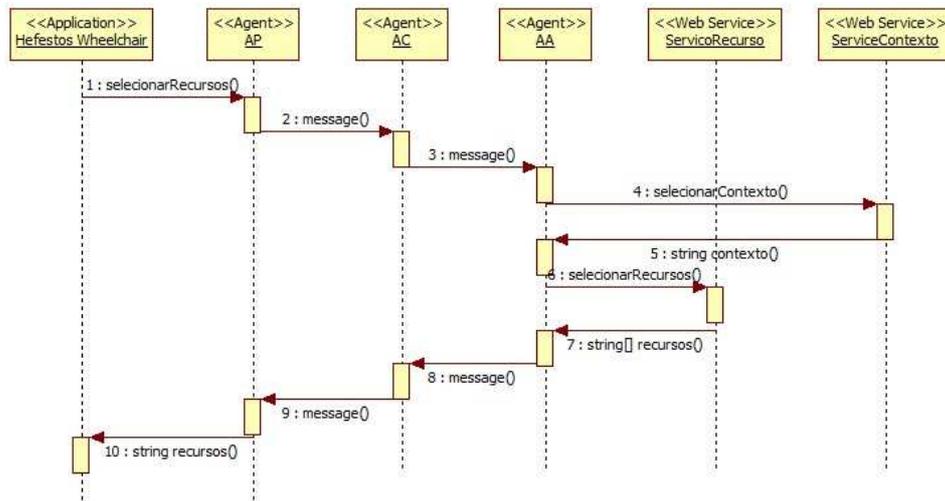
Figura 23: Diagrama de Classes – Manipular Recursos para Acessibilidade.



A figura 24 apresenta o diagrama de sequência que demonstra como foi implementada a manipulação de recursos. Neste diagrama, a *activity* no dispositivo móvel (**ActivityPrincipal**) utiliza a ação **SelecionarRecursos** do agente AP que encaminha a requisição para o método **SelecionarRecursos** do *web service* **ServicoRecurso** passando como parâmetros os dados de

perfil (id) e contexto (idContexto) do usuário, recebendo como retorno a lista de recursos para acessibilidade disponíveis.

Figura 24: Diagrama de Sequência – Manipular Recursos para Acessibilidade.



Um exemplo da tela de visualização dos recursos para acessibilidade pode ser visto na figura 25. Os recursos para acessibilidade são apresentados em ordem ascendente de proximidade, com a distância aproximada para o local onde o usuário está. O ícone facilita a identificação do tipo de recurso disponível, acompanhado da descrição completa.

Figura 25: Exemplo de tela de visualização de recursos para acessibilidade.



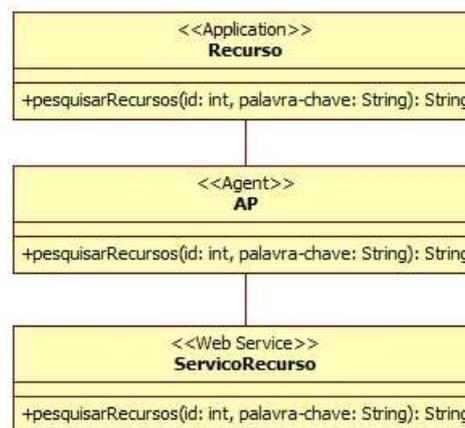
Abaixo dos recursos apresentam-se as funções auxiliares do Hefestos *Wheelchair*: **consultar recursos**, **visualizar mapa**, **configurar preferências** e **solicitar SOS**, respectivamente.

c) Consultar Recursos

Além do retorno automático da lista de recursos de acordo com o contexto do usuário, o Hefestos *Wheelchair* também permite a pesquisa de recursos especificados explicitamente.

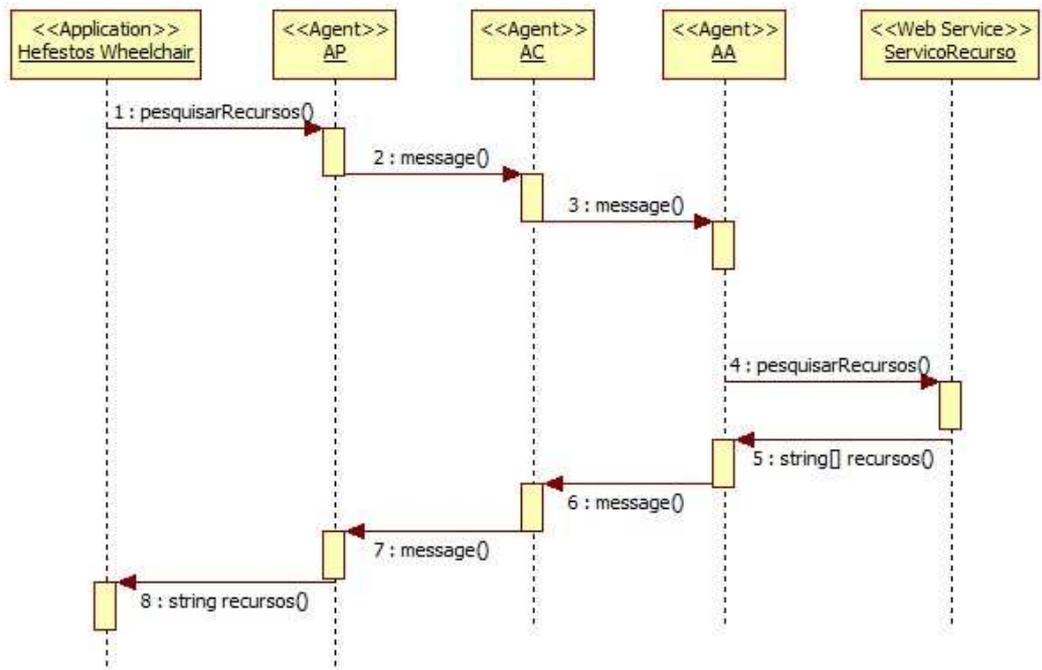
A figura 26 apresenta o diagrama de classes que faz parte do caso de uso **Consultar Recursos**. Para este caso de uso, é utilizado o *web service* **ServicoRecurso**, que disponibiliza o método de pesquisa de recursos (método **PesquisarRecursos**).

Figura 26: Diagrama de Classes – Consultar Recursos.



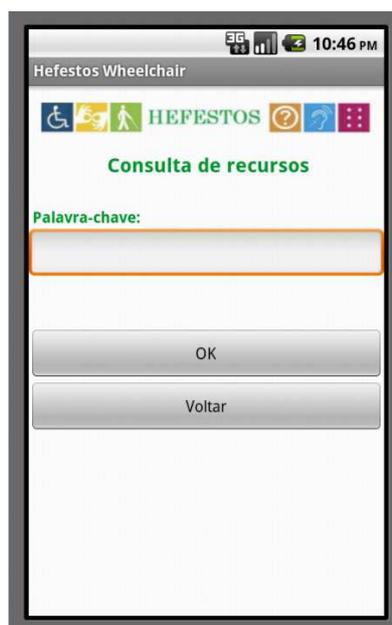
A figura 27 apresenta o diagrama de seqüência que demonstra como foi implementada a consulta de recursos. Neste diagrama, a *activity* no dispositivo móvel (**ActivityPrincipal**) utiliza a ação **PesquisarRecursos** do agente AP que encaminha a requisição para o método **PesquisarRecursos** do *web service* **ServicoRecurso** passando como parâmetros os dados de perfil (id) e palavra-chave informados pelo usuário, recebendo como retorno a lista de recursos para acessibilidade encontrados.

Figura 27: Diagrama de Sequência – Consultar Recursos.



Um exemplo da tela de consultar recursos para acessibilidade pode ser visto na figura 28. Após o usuário digitar uma palavra-chave e pressionar no botão **ok**, o Assistente Pessoal busca por recursos para acessibilidade relacionados. Se o usuário pressionar o botão **voltar**, a aplicação volta para a tela principal (tela de visualização de recursos para acessibilidade), apresentada na figura 25.

Figura 28: Exemplo de tela de consulta de recursos para acessibilidade.

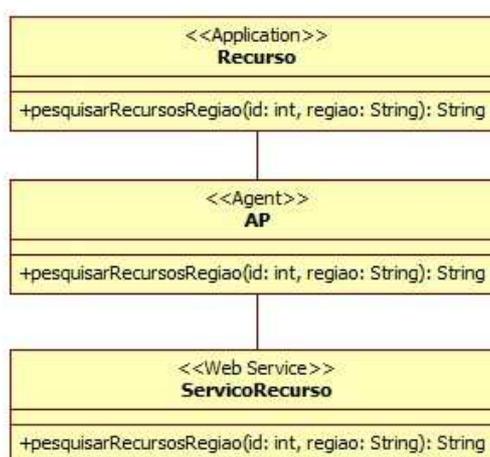


d) Consultar Mapa

O Hefestos *Wheelchair* apresenta a possibilidade de visualização dos recursos para acessibilidade no modo mapa.

A figura 29 apresenta o diagrama de classes que faz parte do caso de uso **Consultar Mapa**. Para este caso de uso, é utilizado o *web service* **ServicoRecurso**, que disponibiliza o método de pesquisa de recursos (método **PesquisarRecursosRegiao**).

Figura 29: Diagrama de Classes – Consultar Mapa.



A figura 30 apresenta o diagrama de sequência que demonstra como foi implementada a funcionalidade de mapa. Neste diagrama, a *activity* no dispositivo móvel (**ActivityPrincipal**) utiliza a ação **PesquisarRecursosRegiao** do agente AP que encaminha a requisição para o método **PesquisarRecursosRegiao** do *web service* **ServicoRecurso** passando como parâmetros os dados de perfil (id) do usuário e as coordenadas de latitude/longitude correntes. Essas coordenadas servem de referência para que a lista de recursos para acessibilidade disponíveis num determinado raio de distância sejam retornadas para a exibição no mapa elaborado dinamicamente.

Um exemplo da tela de consulta do mapa pode ser visto na figura 31. Nesta tela todos os recursos para acessibilidade disponíveis na região onde o usuário se encontra, que sejam relevantes de acordo com seu perfil e preferências são exibidos no mapa, facilitando a visão global do ambiente. O usuário pode selecionar um determinado recurso, para ver os detalhes, ou voltar para a tela de visualização no formato de lista.

Figura 30: Diagrama de Sequência – Consultar Mapa.

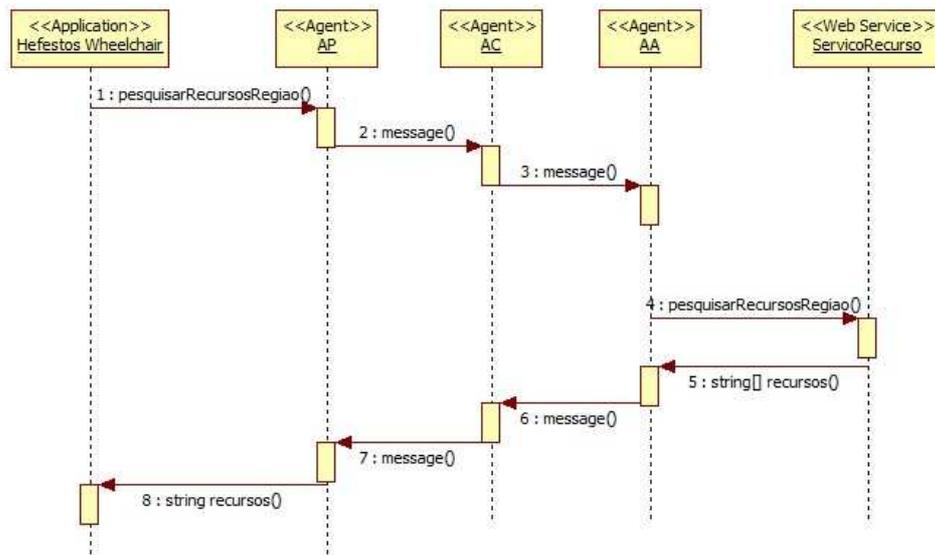


Figura 31: Exemplo de tela de consulta do mapa.



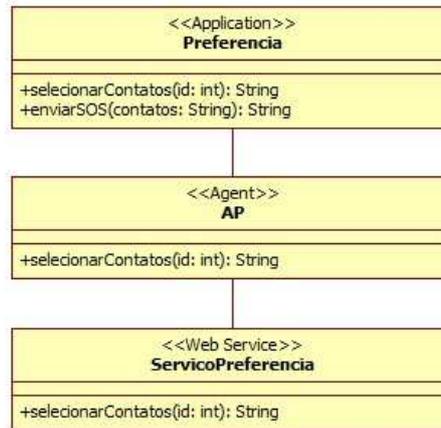
e) Enviar SOS

O Hefestos *Wheelchair* oferece um recurso, que embora seja de simples implementação, apresenta-se como muito útil para os PCDs e idosos.

A figura 32 apresenta o diagrama de classes que faz parte do caso de uso **Enviar SOS**. Para este caso de uso, é utilizado o *web service* **ServicoPreferencia**, que disponibiliza o método de seleção de contatos de

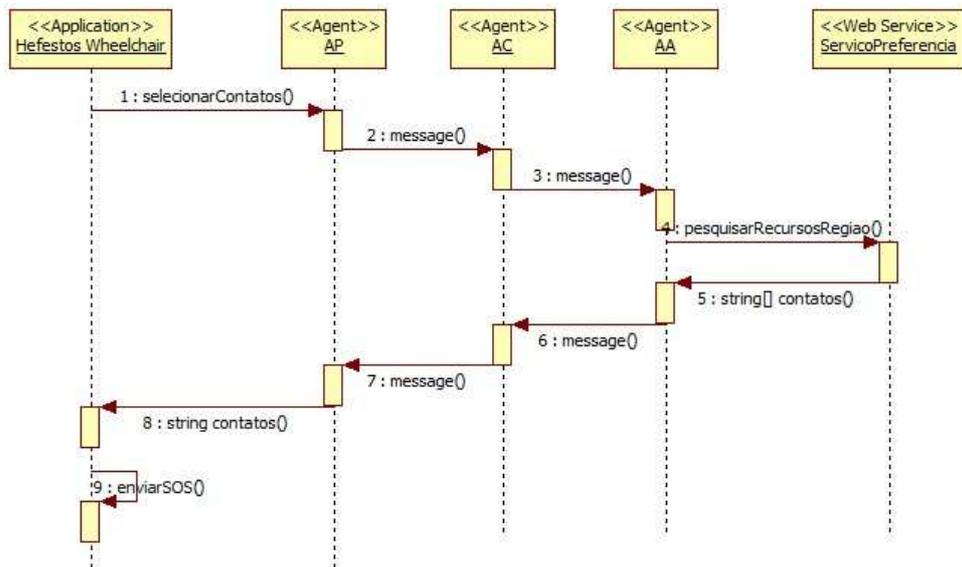
emergência (método **SelecionarContatos**), que retorna a lista de contatos para enviar uma mensagem de SMS com a solicitação de ajuda do usuário.

Figura 32: Diagrama de Classes – Enviar SOS.



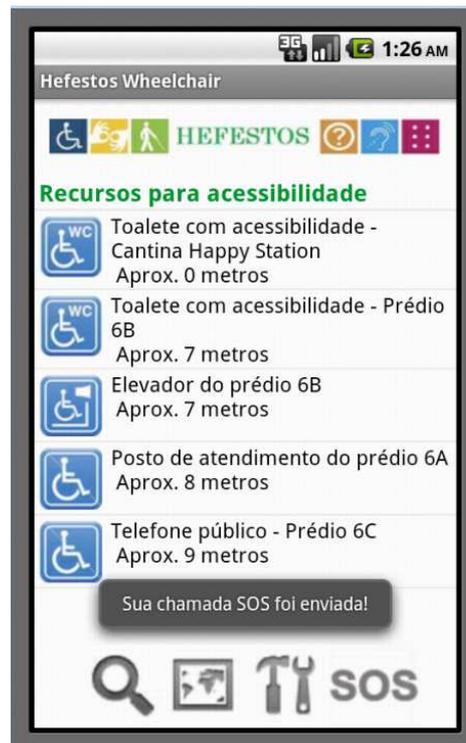
A figura 33 apresenta o diagrama de seqüência que demonstra como foi implementada a funcionalidade de envio de SOS. Neste diagrama, a *activity* no dispositivo móvel (**ActivityPrincipal**) utiliza a ação **SelecionarContatos** do agente AP que encaminha a requisição para o método **SelecionarContatos** do *web service* **ServicoPreferencia** passando como parâmetros o perfil (id) do usuário. O serviço retorna a lista de contatos telefônicos para que a aplicação local envie a mensagem de SOS com a solicitação de ajuda do usuário, informando sua localização.

Figura 33: Diagrama de Seqüência – Enviar SOS.



Um exemplo da tela de envio de SOS pode ser visto na figura 34. Essa funcionalidade pode ser utilizada em situações em que o usuário precisar de algum tipo de auxílio ou socorro. Para envio de SOS basta ao usuário pressionar o botão correspondente na barra inferior de funções do Hefestos *Wheelchair*. Dessa forma os contatos configurados nas preferências receberão uma mensagem de SMS com as informações sobre a sua localização.

Figura 34: Exemplo de tela de envio de SOS.

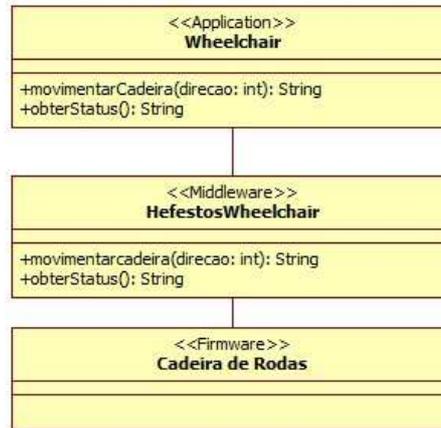


f) Operar Cadeira de Rodas

A funcionalidade de operação da cadeira de rodas é um diferencial do protótipo do Hefestos. Pois além das funcionalidades já apresentadas, todas relacionadas a manipulação dos recursos para acessibilidade, esta serve como um complemento para que o usuário possa usar o Hefestos *Wheelchair* como um painel de controle completo.

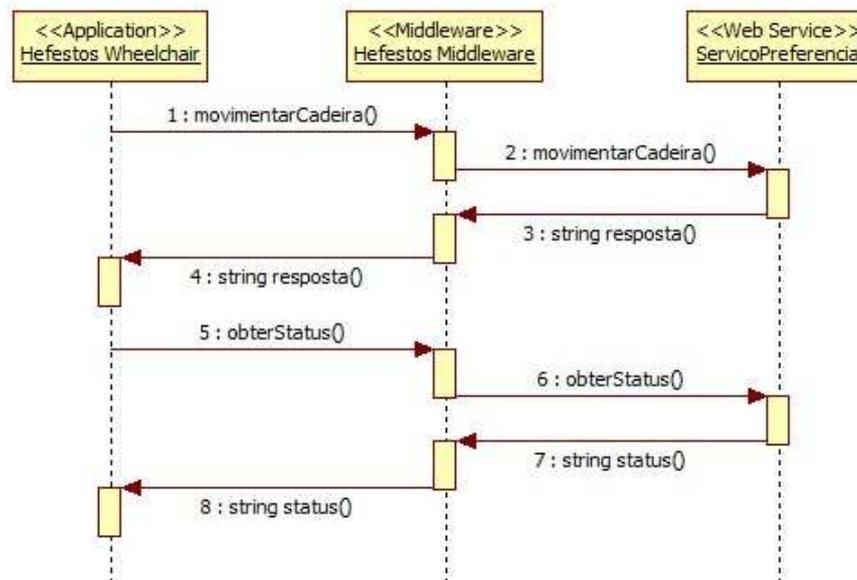
A figura 35 apresenta o diagrama de classes que faz parte do caso de uso **Operar Cadeira de Rodas**. Para este caso de uso, foi implementada uma classe **Wheelchair** na aplicação principal. Esta classe possui dois métodos principais **movimentarCadeira** e **obterStatus**. Além disso, implementou-se um *middleware* (**HefestosMiddleware**) para o dispositivo Sun *SPOT* que faz o interfaceamento com o *firmware* da cadeira de rodas.

Figura 35: Diagrama de Classes – Operar Cadeira de Rodas.



A figura 36 apresenta o diagrama de sequência que demonstra como foi implementada a funcionalidade Operar Cadeira de Rodas. Neste diagrama, a *activity* no dispositivo móvel (**ActivityPrincipal**) utiliza o método **movimentarCadeira** da classe **Wheelchair** para enviar os parâmetros de movimentação da cadeira. Passando pelas etapas seguintes de comunicação entre o **HefestosMiddleware** e o *firmware* da cadeira de rodas. No final retorna para a aplicação no dispositivo móvel o *feedback* da comunicação (sucesso ou erro).

Figura 36: Diagrama de Sequência – Operar Cadeira de Rodas.



Exemplos das telas de operação da cadeira de rodas pelo dispositivo móvel podem ser vistos na figura 37. Na tela da esquerda, visualizam-se as setas de operação manual (para as quatro direções), por toques na tela do dispositivo (*touch screen*).

A segunda tela funciona baseada na inclinação do dispositivo (utiliza o sensor de aceleração – acelerômetro), sendo que de acordo com o ângulo de inclinação do equipamento (X, Y e Z, representam os ângulos tridimensionais – indo de -90° a 90°), são enviados os comandos correspondentes para movimentação da cadeira. Funcionando como um controle remoto sem fio. A seta exibida na tela (direita) indica a direção atual para qual a cadeira está sendo movimentada.

Figura 37: Exemplo de tela de Operação da Cadeira de Rodas.

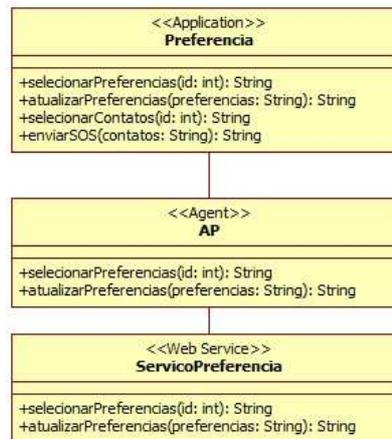


g) Configurar Preferências

A funcionalidade de configuração de preferências complementa o protótipo do Hefestos. Por essa interface o usuário ajusta suas preferências e necessidades, indicando para o sistema como ele prefere receber os recursos para acessibilidade e outros detalhes.

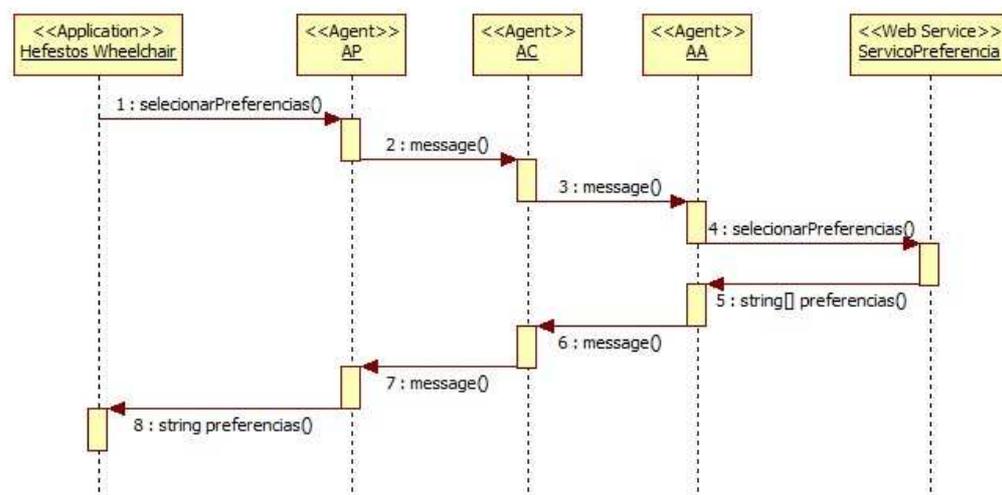
A figura 38 apresenta o diagrama de classes que faz parte do caso de uso **Configurar Preferências**. Para este caso de uso, é utilizado o *web service* **ServicoPreferencia**, que disponibiliza o método de seleção e atualização das preferências do usuário (métodos **SelecionarPreferencias** e **AtualizarPreferencias**).

Figura 38: Diagrama de Classes – Configurar Preferências.



A figura 39 apresenta o diagrama de sequência que demonstra como foi implementada a funcionalidade de configuração de preferências. Neste diagrama, a *activity* no dispositivo móvel (**ActivityPrincipal**) utiliza a ação **SelecionarPreferencias** do agente AP que encaminha a requisição para o método **SelecionarPreferencias** do *web service* **ServicoPreferencia** passando como parâmetros o perfil (id) do usuário. O serviço retorna a lista de preferências para que a aplicação local exiba para visualização e edição do usuário.

Figura 39: Diagrama de Sequência – Configurar Preferências.



Um exemplo da tela de configuração das preferências pode ser visto na figura 40. Nesta tela o usuário pode ajustar o Hefestos *Wheelchair* de acordo com suas características. Dentre as opções, consta a de monitoramento remoto, que pode ser ativada caso o usuário autorize um familiar ou outra pessoa a conhecer sua localização ou acessar seu histórico de trilhas.

Finalmente, após os ajustes o usuário pressionando o botão **ok**, efetiva-se suas alterações. Caso selecione o botão **voltar**, a tela principal é exibida.

Figura 40: Exemplo de tela de configuração das preferências.



6.2 Avaliação

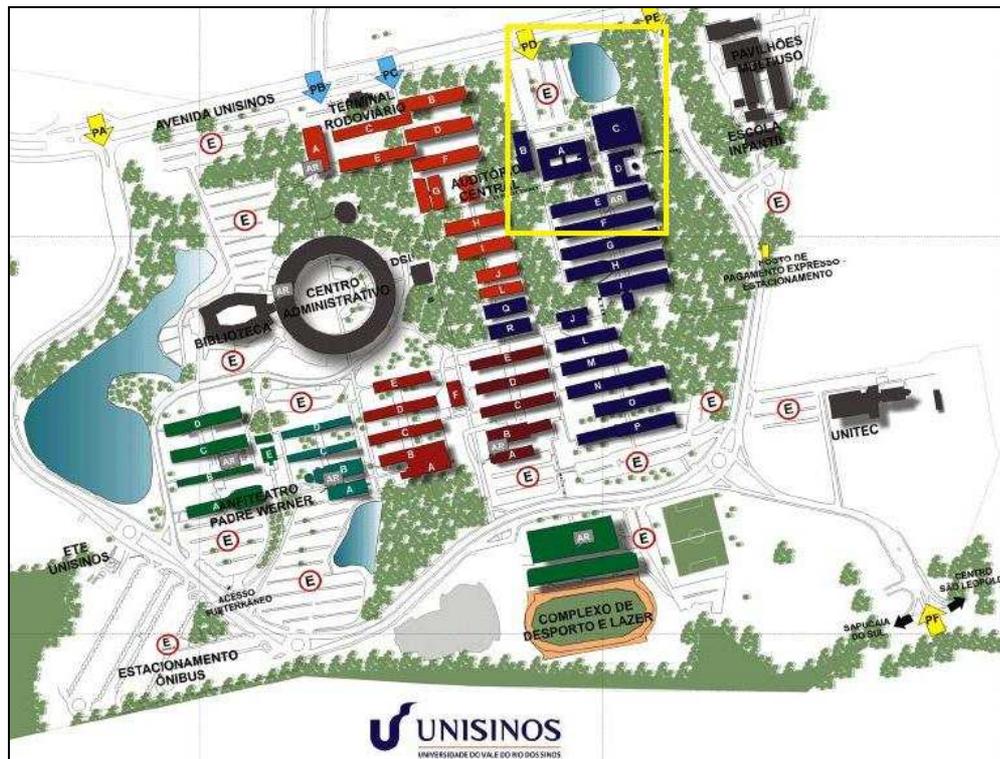
O objetivo do experimento foi executar na prática, em ambiente real, um dos cenários apresentados no capítulo 5, cenário acadêmico, com a intenção de comprovar que o modelo Hefestos poderia ser utilizado para viabilizá-lo. Nesta seção será apresentada a preparação do experimento e os detalhes da execução de cenário realizada.

6.2.1 Ambiente e equipamentos utilizados na avaliação

Para que fossem possíveis realizar avaliações do protótipo Hefestos, desenvolveu-se um ambiente com a infraestrutura necessária para a execução de um cenário da forma mais próxima da realidade possível.

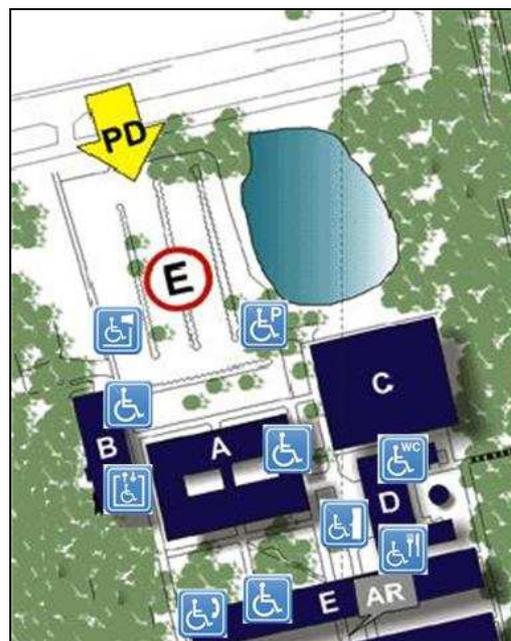
A figura 41 apresenta o mapa do *campus* da Unisinos (UNISINOS, 2011) e a região em destaque corresponde à Área 6 (Área de Ciências Exatas e Tecnológicas). Essa região foi selecionada para a aplicação e avaliação do cenário acadêmico. Escolheu-se essa área como base porque é o local onde está situado o Mobilab (MOBILAB, 2011) e há a infraestrutura de comunicação necessária para a realização dos testes. O cenário de avaliação é composto de um contexto no qual instalou-se um *Access Point (AP) Cisco Aironet 1100*.

Figura 41: *Campus da Unisinos (Centro 6 em destaque).*



Visualizam-se na figura 42 os recursos para acessibilidade mapeados na área de cobertura do ambiente Hefestos, dentro do cenário avaliado. O mapeamento considerou os seguintes tipos de recursos: rampas de acesso, estacionamento com vagas exclusivas para PCDs, toaletes com acessibilidade, cantina e central de informações, telefones públicos, elevadores e terminal bancário.

Figura 42: Recursos para acessibilidade mapeados no Centro 6.



Os diferentes recursos para acessibilidade mapeados podem ser visualizados na tabela 3.

Tabela 3. Lista de recursos para acessibilidade mapeados.

Ícone	Nome	Descrição
	Estacionamento exclusivo	Estacionamento com vagas reservadas para PCDs.
	Rampa de acesso	Rampa de acesso para cadeirantes.
	Toailete com acessibilidade	Toaletes adaptados com acessibilidade para PCDs.
	Terminal bancário	Terminal bancário com recursos para acessibilidade.
	Elevador	Elevador para acesso a andares superiores.
	Cantina	Cantina com espaço adaptado para PCDs com profissionais treinados para atendê-los.
	Telefone público	Telefone público com acessibilidade universal.
	Serviços	Central de informações, serviços de impressão, ambiente de relacionamento, recepção e posto de atendimento com profissionais treinados para atendimento de PCDs,

Para a realização dos experimentos, foram utilizados equipamentos de computação móvel: um *smartphone HTC Desire A8181* (figura 43a), um *tablet i-MXT* com tela de 7" (figura 43b), ambos com sistema operacional Android 2.2. Além disso, utilizou-se um *kit Sun SPOT* (figura 43c). A maioria destes equipamentos são de propriedade do Mobilab (MOBILAB, 2011) e foram adquiridos com recursos do projeto aprovado pela FAPERGS (BARBOSA et al., 2010).

Figura 43: Dispositivos móveis utilizados no protótipo e experimento.



O computador servidor localizado no Mobilab (MOBILAB, 2011) foi utilizado para a execução dos artefatos da camada *server* do Hefestos e armazenamento do banco de dados. Esse equipamento possui a seguinte configuração: *CPU Intel Core2Duo E4600 2.4Ghz, 4GB RAM, HD 250GB*, sistema operacional *Windows Server 2008 Enterprise Edition 64bits* e o servidor de aplicações *Apache Tomcat 6.0.29*.

6.2.2 Metodologia

A comunidade científica tem utilizado cenários para a validação de ambientes sensíveis ao contexto (de acordo com a abordagem de Dey (2001) e ambientes ubíquos (de acordo com Satyanarayanan (2001)).

Seguindo essa estratégia, criou-se um cenário para testes e avaliações da implementação do Hefestos *Wheelchair* envolvendo a rotina de um cadeirante em um *campus* universitário. Este cenário acadêmico concentrou-se na sugestão de recursos para acessibilidade em diferentes contextos baseando-se no perfil do PCD, de acordo com o seu deslocamento por diferentes setores neste ambiente.

Os experimentos foram realizados durante o mês de novembro de 2011, na região apresentada na seção 6.2.1. As avaliações contaram com a participação voluntária de 10 (dez) PCDs cadeirantes, de ambos os sexos, de diversas idades, níveis sociais e escolaridade.

Os procedimentos adotados para o recrutamento dos participantes da pesquisa foram divididos em divulgação e entrevista. A divulgação foi realizada através de publicação no *site* do projeto (<http://projeto.unisinos.br/hefestos/>), envio de e-mail e contato telefônico direto. Através da divulgação foram explicitados os objetivos da pesquisa e os requisitos para participação na mesma.

Foram priorizados nesta etapa da pesquisa cadeirantes que eram alunos ou profissionais da Unisinos, devido à simplificação do processo de logística e comunicação. Para isso, setores da Unisinos, tais como, LAI (Laboratório Adaptado de Informática), colaboraram como parceiros na divulgação do projeto. Entretanto,

como apenas cinco cadeirantes vinculados à Unisinos se prontificaram a colaborar, outros cinco foram convidados através de associações que se dispuseram a colaborar com o projeto.

Como requisitos básicos para participação no projeto, destacaram-se o caráter voluntário do cadeirante, cuja contribuição valorizaria o projeto e o futuro desenvolvimento de tecnologias que proporcionarão melhorias em sua qualidade de vida.

A entrevista foi feita pessoalmente ou via e-mail, após o contato inicial, com o objetivo de esclarecer eventuais dúvidas em relação ao projeto, avaliação do enquadramento do voluntário no perfil solicitado e estabelecimento de um canal de comunicação direto entre o pesquisador e o voluntário.

Os riscos envolvidos no projeto estavam relacionados principalmente com as questões de deslocamento e locomoção. Procurou-se selecionar cadeirantes que já utilizavam cadeira de rodas motorizadas, a fim de diminuir os riscos quanto à operação da mesma. Porém, para garantir maior segurança e conforto aos usuários, solicitou-se que o mesmo fosse assistido por profissional que já o acompanhasse ou algum especialista indicado, durante seu deslocamento ou a realização dos testes.

Cabe salientar que dentro do escopo de avaliação do presente estudo, os idosos, bem como PCDs com outros tipos de necessidades especiais (surdos, cegos, deficientes mentais, etc) não foram convidados a realizarem os testes. Primeiramente porque o protótipo foi desenvolvido com vistas às necessidades dos usuários cadeirantes, segundo, por não haver tempo hábil para avaliações de maior amplitude. Tais procedimentos serão sugeridos como trabalhos futuros.

Os instrumentos utilizados para avaliação do projeto foram um teste prático de uso da solução e um questionário. O questionário foi composto de informações básicas do usuário (sexo, idade, nível de escolaridade, nível de conhecimento em informática e se o mesmo possuía cadeira de rodas motorizada) e dez sentenças afirmativas relacionadas à experiência, cujas opções de resposta disponíveis eram: *Discordo Totalmente, Discordo, Indiferente, Concordo e Concordo Totalmente*.

O percurso trilhado dentro do campus foi previamente analisado, de modo a se evitar possíveis locais que oferecessem riscos à segurança e integridade do voluntário. Além do acompanhamento e suporte integral da equipe do projeto durante a realização dos testes.

Antes do início do experimento, foram passadas explicações sobre o propósito da pesquisa, todas as instruções gerais de uso e os testes a serem realizados. Além disso, era lido e assinado pelas partes o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndice A), conforme determinação do Comitê de Ética na Pesquisa (CEP) da Unisinos. Na figura 44, visualiza-se o pesquisador esclarecendo os detalhes da avaliação para um dos cadeirantes avaliadores.

Em seguida, o teste prático começava com a acomodação do usuário na cadeira de rodas inteligente. Após o usuário sentir-se seguro e à vontade para realização dos testes, iniciava-se o percurso dentro do campus que contemplava um cenário composto de diversos recursos para acessibilidade, previamente mapeados.

O percurso trilhado iniciou-se junto ao portão de entrada “D”, da Av. Unisinos (entrada do centro 6 – Ciências Exatas e Tecnológicas). A seguir, seguiu-se sobre o calçamento lateral ao estacionamento até a entrada do bloco 6B. Após, deslocou-se,

sempre sobre o calçamento lateral aos prédios, passando pelos blocos 6A, 6C e 6D, até o Ambiente de Relacionamento (AR), situado junto ao bloco 6E.

Figura 44: Pesquisador explicando o projeto para um dos voluntários.



Na figura 45 visualiza-se um dos avaliadores testando o Hefestos *Wheelchair* dentro do cenário proposto.

Figura 45: Voluntário testando o Hefestos *Wheelchair* dentro do cenário proposto.



Os usuários eram assistidos durante todo o percurso pelo pesquisador e equipe de apoio, sendo orientado a operar a cadeira de rodas pelo Assistente Pessoal do Hefestos, instalado no *tablet* acoplado à cadeira de rodas. Durante o deslocamento, o sistema sugeria ao usuário recursos para acessibilidade, exibidos de forma gráfica na tela do equipamento. Após o uso da interface de toque na tela do dispositivo móvel, solicitava-se o uso da interface de controle da cadeira por inclinação. Visualiza-se na figura 46 um dos voluntários operando a cadeira de rodas inteligente pelo Assistente Pessoal do Hefestos.

Figura 46: Cadeirante utilizando o Hefestos *Wheelchair*.



Ao final do percurso, o questionário era apresentado para o usuário, para que o mesmo fizesse a sua avaliação geral da experiência. O usuário dispunha de total liberdade para respondê-lo, sem interferência da equipe do projeto, podendo solicitar ajuda de seu assistente ou a terceiros, quando fosse necessário.

6.3 Resultados

Com o objetivo de avaliar a aceitação do modelo Hefestos, os itens do questionário foram elaborados com base nos conceitos do modelo de aceitação de tecnologia (*Technology Acceptance Model – TAM*) proposto por Davis (1989), aplicado e expandido por Yoon e Kim (2007) em seu estudo sobre aceitação de redes wireless. O modelo TAM considera as crenças descritas abaixo como principais influências para a aceitação de uma nova tecnologia:

- **Facilidade percebida de uso:** é o grau em que uma pessoa acredita que a tecnologia poderia reduzir os seus esforços;

- **Utilidade percebida:** é o grau em que uma pessoa acredita que o uso da tecnologia poderia melhorar o seu desempenho.

Adicionalmente, foram avaliados aspectos de **acessibilidade** e **usabilidade** do protótipo Hefestos *Wheelchair*. Para isso, duas questões complementares foram adicionadas. A primeira relativa à cadeira de rodas inteligente e segunda avaliando o *software* assistente pessoal.

A relação das afirmações apresentadas aos cadeirantes voluntários neste experimento pode ser vista na tabela 4. Sendo que das dez afirmações, as quatro primeiras (itens de 1 a 4) referem-se à facilidade percebida no uso do Hefestos, as quatro seguintes (itens de 5 a 8) estão relacionadas à utilidade percebida do modelo. E, as duas últimas (itens 9 e 10) avaliam a acessibilidade e usabilidade do protótipo.

Para todos os itens do questionário disponibilizou-se um espaço para comentários, para que o voluntário pudesse complementar livremente sua avaliação sobre o tópico em pauta.

Tabela 4. Itens do questionário no experimento.

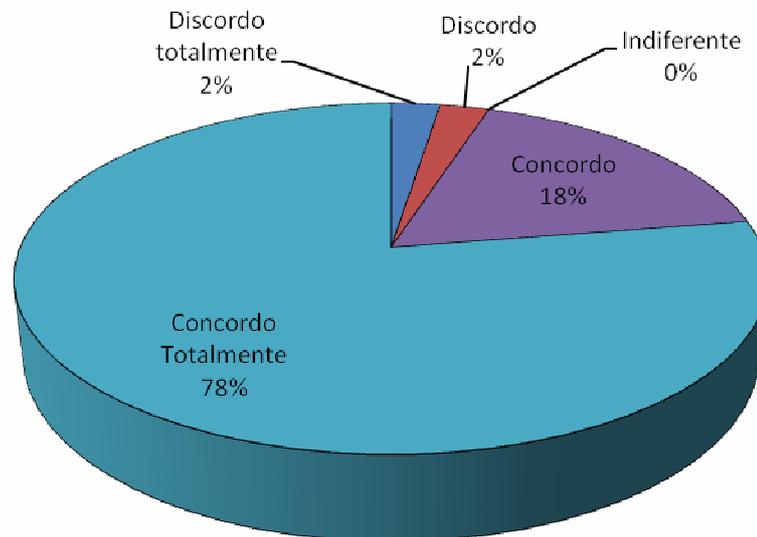
Item	Informe sua opinião sobre as seguintes afirmações:
1	O Assistente Pessoal do Hefestos é de fácil compreensão.
2	Seria fácil me tornar hábil no uso da interface do Assistente Pessoal do Hefestos.
3	As informações sobre os recursos para acessibilidade são apresentadas de forma clara e objetiva, permitindo a compreensão.
4	Não é necessário muito esforço para inclusão de novos recursos e consulta de recursos existentes.
5	Os recursos para acessibilidade apresentados foram relevantes conforme minhas preferências e necessidades.
6	O uso do Hefestos estimula a acessibilidade e inclusão social.
7	O Hefestos facilita a identificação de recursos para acessibilidade em determinados ambientes.
8	O Hefestos seria útil para apoiar a acessibilidade dos PCDs em suas atividades do cotidiano.
9	A cadeira de rodas inteligente é plenamente acessível, proporcionando ergonomia e conforto.
10	O Assistente Pessoal do Hefestos é plenamente acessível, não havendo qualquer dificuldade para seu uso.

A análise das respostas foi organizada em gráficos que agrupam todos os resultados obtidos.

Visualiza-se no gráfico da figura 47 a avaliação dos usuários quanto à facilidade percebida de uso. Observa-se que nesse aspecto o modelo foi avaliado positivamente pela maioria dos cadeirantes, 96%. De modo que 78% concordaram totalmente que o modelo reduziria seus esforços e 18% concordaram que o

Hefestos seria fácil de compreender e utilizar. 2% discordaram e outros 2% discordaram totalmente.

Figura 47: Facilidade percebida de uso (itens 1 a 4).

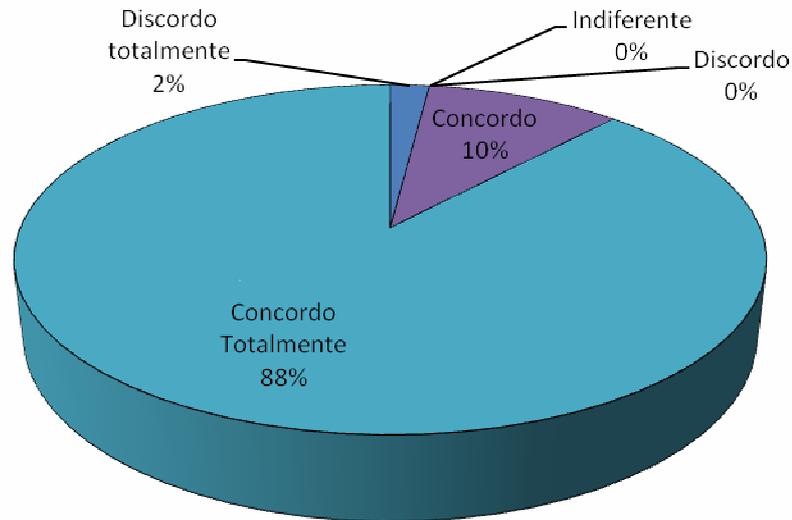


Os principais comentários em relação ao aspecto da facilidade percebida de uso foram relatados por alguns cadeirantes tetraplégicos ou com mobilidade reduzida dos membros superiores, pois estes tiveram maior dificuldade, tanto no uso da interface de toque na tela do *tablet* quanto à interface de inclinação. Em relação à facilidade de uso do Assistente Pessoal, através de funcionalidades, tais como, consulta e visualização dos recursos para acessibilidade não houveram maiores dificuldades.

A avaliação quanto à utilidade percebida do modelo pode ser visualizada no gráfico da figura 48. Nesse aspecto 88% dos usuários avaliaram com concordância plena os itens da utilidade e relevância do Hefestos como apoio à acessibilidade. Outros 10% concordaram que o modelo pode ajudar na melhoria das atividades de suas rotinas. Sendo que 2% dos avaliadores discordaram totalmente quanto aos itens de avaliação da utilidade percebida. Ou seja, o modelo foi avaliado positivamente por 98% dos avaliadores.

Praticamente todos os comentários relacionados à utilidade percebida foram elogiosos. De modo que, corroborando com o gráfico da figura 48, a maioria dos avaliadores destacaram a utilidade do Hefestos. Muitos destacaram a alta relevância dos recursos para acessibilidade disponibilizados pelo sistema, de acordo com suas preferências. Segundo um dos usuários: “Gostaria que o Hefestos torne-se um produto comercial, pois eu teria muito interesse em utilizá-lo”, enquanto outro sentenciou que: “O Hefestos estimula a autonomia e a proporciona maior liberdade para os cadeirantes”.

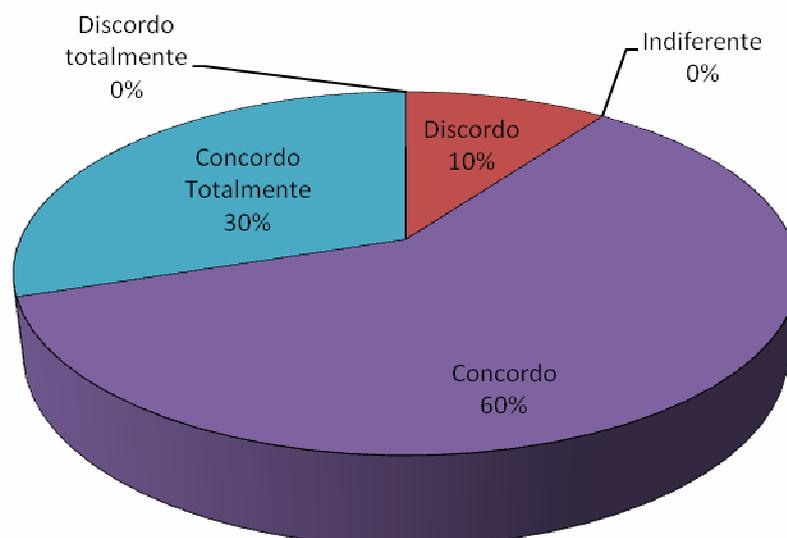
Figura 48: Utilidade percebida (itens 5 a 8).



Porém, um dos cadeirantes tetraplégicos, com mobilidade reduzida dos membros superiores enfrentou dificuldades no uso das interfaces de toque e de inclinação, restando como opção de operação apenas o joystick. Esse mesmo usuário, em relação ao item 5 do questionário, sugeriu: “O Hefestos deveria enfatizar a presença de obstáculos, barreiras, ou situações que ofereçam riscos ao cadeirantes, tais como, escadas sem proteção”.

As avaliações quanto à acessibilidade e usabilidade do protótipo Hefestos *Wheelchair* foram divididas em dois gráficos. A figura 49 apresenta o resultado da avaliação dos cadeirantes quanto à acessibilidade da cadeira de rodas inteligente (item 9 do questionário).

Figura 49: Acessibilidade da cadeira de rodas inteligente (item 9).

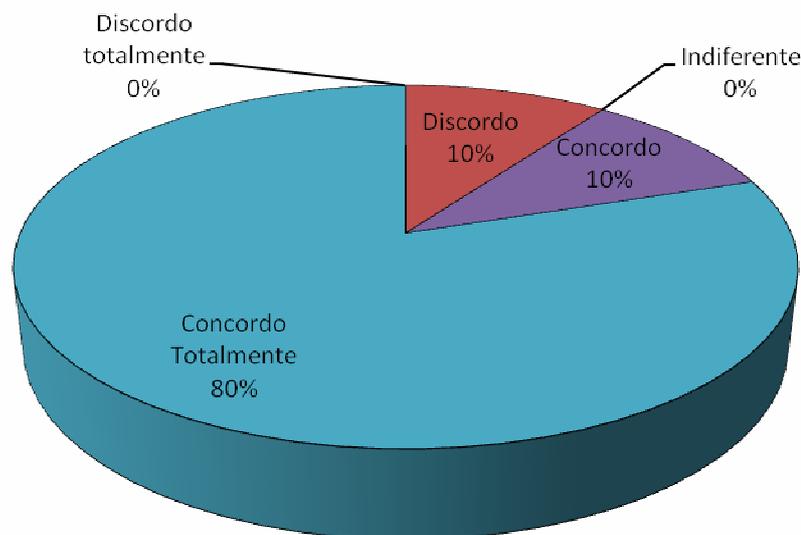


O percentual de usuários que concordaram totalmente (30%) foi menor do que os que apenas concordaram (60%). Sendo que 10% dos avaliadores discordaram de que a cadeira de rodas inteligente é acessível. Esse resultado justifica-se pelo fato da cadeira de rodas utilizada para todas as avaliações ter sido única, não sendo totalmente adequada para os diferentes níveis de deficiência dos cadeirantes que a avaliaram. Nas palavras de um dos avaliadores: “A cadeira de rodas para um cadeirante é como uma peça de roupa, exclusiva, cujo tamanho adequado e outras características proporcionam o conforto, bem estar e segurança”.

Alguns cadeirantes sugeriram: “O suporte para o *tablet* poderia ser flexível, facilitando o ajuste da posição de acordo com as características de cada um”. Um dos avaliadores, canhoto, teve dificuldades na operação devido ao fato do suporte estar fixo na lateral direita da cadeira. Um dos usuários, com maiores restrições de mobilidade sugeriu um apoio para a fixação das pernas, de modo que com o deslocamento da cadeira, as pernas fiquem seguras, evitando acidentes ou danos.

A figura 50 mostra a avaliação da acessibilidade do Assistente Pessoal do Hefestos (item 10 do questionário).

Figura 50: Acessibilidade do Assistente Pessoal (item 10).



Nesse aspecto, a avaliação dos cadeirantes foi quase que unânime em relação à acessibilidade e usabilidade do Assistente Pessoal. 80% concordaram totalmente com a afirmação do item 10. Enquanto 10% concordam. Entretanto, 10% dos avaliadores discordaram de tal afirmação.

Alguns usuários destacaram aspectos positivos do Hefestos, tais como, ícones com tamanho adequado, textos claros, explicativos e com tamanho da fonte adequada, informações sobre os recursos, exibidos de forma clara e objetiva, tamanho dos botões de comando adequados (funções com “SOS”, “Mapa” ou setas de direção).

Todavia, um dos avaliadores, tetraplégico com mobilidade reduzida dos membros superiores, considerou a interface de toque na tela e de inclinação

inadequados para suas características, não concordando de que o Assistente Pessoal do Hefestos é acessível e com plena usabilidade.

Além do questionário apresentado para a avaliação do modelo, elaborou-se também um formulário auxiliar para obtenção de dados pessoais dos cadeirantes voluntários, cujos itens podem ser visualizados na tabela 5, com a finalidade de se traçar perfis dos usuários conforme suas preferências e possíveis correlações entre as suas respostas e o perfil apresentado. Respeitando-se sempre o anonimato do voluntário, conforme estabelecido no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), apresentado no Apêndice A.

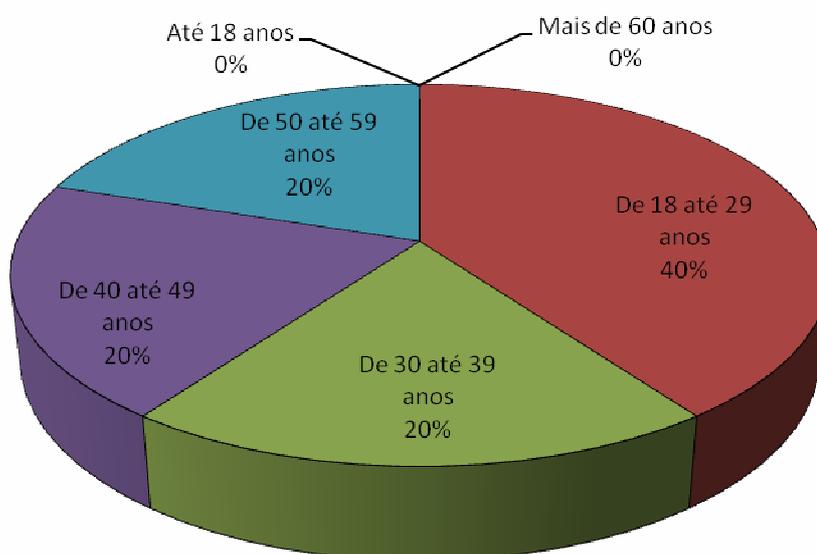
Tabela 5. Itens do formulário de informações pessoais.

Item	Informação
1	Faixa etária.
2	Sexo.
3	Nível de escolaridade.
4	Nível de conhecimento em informática ou experiência no uso de computadores.
5	Possui cadeira de rodas motorizada.

A análise das informações pessoais dos voluntários pode ser visualizada nos gráficos que agrupam os dados obtidos.

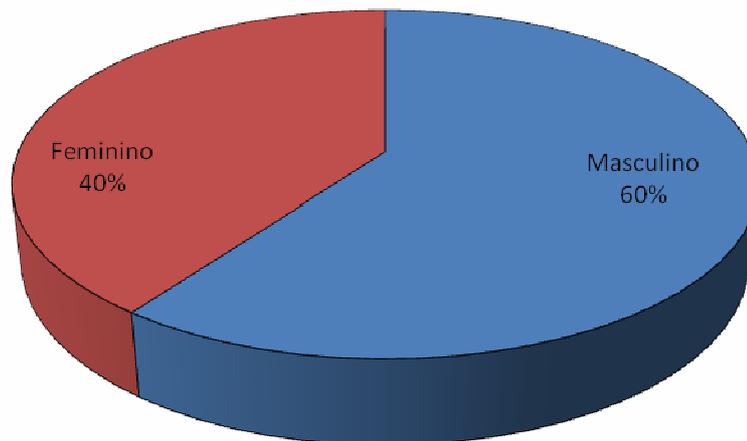
Visualiza-se na figura 51 a distribuição da idade dos voluntários entre diversas faixas etárias. Esse fator foi considerado relevante, pois demonstra que a avaliação foi realizada por grupos com diferentes experiências de vida. Alguns cadeirantes com deficiência congênita, outros com deficiência adquirida.

Figura 51: Faixa etária dos avaliadores (item 1).



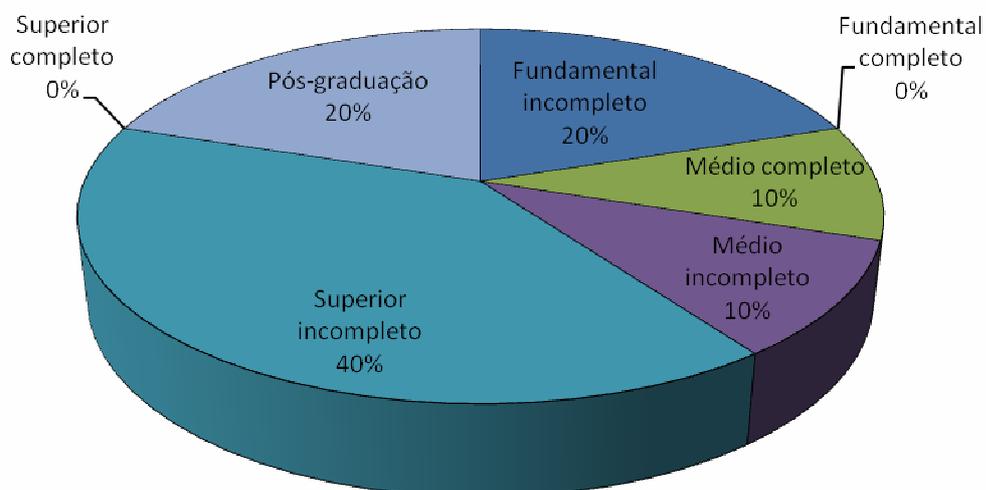
Além da faixa etária, o equilíbrio na divisão entre avaliadores do sexo feminino e masculino foi considerado para a composição do grupo de voluntários. Visualiza-se na figura 52 a distribuição dos avaliadores conforme o sexo.

Figura 52: Distribuição dos avaliadores por sexo (item 2).



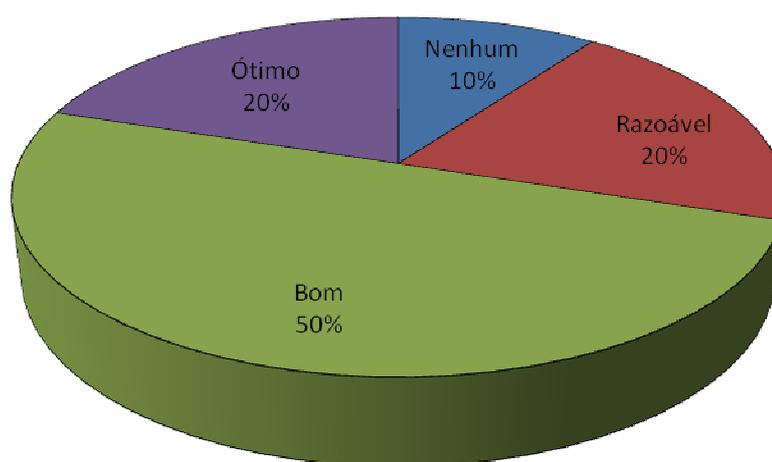
Visualiza-se na figura 53 a distribuição dos avaliadores conforme o nível de escolaridade. Considerou-se esse fator relevante para avaliar se haveria correlação entre a facilidade de compreensão e uso do protótipo e o nível de instrução do usuário. Como constata-se, há uma distribuição heterogênea entre a grau de formação dos cadeirantes participantes.

Figura 53: Nível de escolaridade dos avaliadores (item 3).



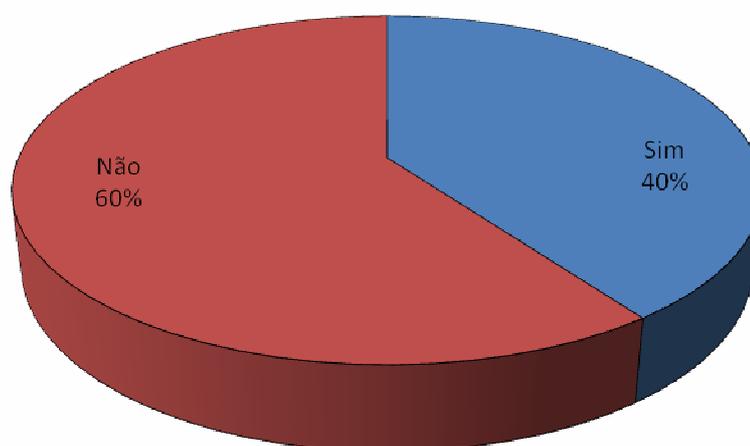
O quarto item do formulário identificou o nível de conhecimento em informática ou experiência no uso de computadores. Considerou-se esse aspecto relevante para avaliar o quanto a familiaridade com a tecnologia da informação influenciaria na aceitação do modelo. Visualiza-se na figura 54 a distribuição dos avaliadores conforme esse quesito.

Figura 54: Nível de conhecimento em informática dos avaliadores (item 4).



Complementarmente, o formulário utilizado, em seu quinto item, assinalou se o usuário possuía cadeira de rodas motorizada. Essa informação foi utilizada para avaliar a aceitação da interface de operação automatizada da cadeira de rodas inteligente, principalmente por parte dos usuários de cadeira de rodas manuais. Além do impacto na adaptação que uma nova tecnologia pode representar. A distribuição dos usuários conforme esse enfoque é apresentado na figura 55.

Figura 55: Avaliadores possuem cadeira de rodas motorizada (item 5).



Finalmente, disponibilizou-se um campo do formulário livre para críticas, sugestões e observações sobre todos os aspectos do projeto. De modo que os avaliadores pudessem expressar suas impressões e comentários gerais sobre o Hefestos.

Algumas sugestões referiram-se à possível disponibilização do Hefestos como um produto de mercado, sendo que alguns avaliadores comprariam uma versão paga, sendo que um dos avaliadores sugeriu que o mesmo fosse disponibilizado como “*software* livre e gratuito”. A maioria dos voluntários afirmou que usariam uma versão final do projeto. Independentemente se utilizam cadeira de rodas manual ou motorizada.

Porém, alguns cadeirantes, principalmente os tetraplégicos com mobilidade reduzida dos membros superiores, aprovaram o projeto com ressalvas à interface de toque na tela do dispositivo móvel. Constatou-se que estes usuários precisam de interfaces diferenciadas, que contemplem o movimento de algum membro (cabeça, por exemplo) ou outras formas de especiais de Interface Homem-Computador (IHC).

Por outro lado, um avaliador paraplégico afirmou: “O recurso de movimentar a cadeira de rodas pela interface de toque do *tablet* é muito interessante e útil”.

Na opinião de um dos voluntários: “Para os paraplégicos a solução está perfeita!”. Outro avaliador observou: “É um grande trabalho que auxiliará muito os PCDs”. Na mesma linha, um terceiro usuário expressou: “É um excelente trabalho!”.

Muitos sugeriram ainda a parceria com associações e instituições voltadas à acessibilidade dos PCDs, tais como, FADERS, ACADEF, LEME e afins, de modo que o projeto continue a ser desenvolvido e aplicado de fato. Outro avaliador argumentou que seria interessante o financiamento por algum órgão público para tornar o projeto um produto de fato, de modo que fosse acessível a toda a comunidade dos PCDs. Complementando ainda: “Destaco que esta ferramenta é um instrumento de inclusão social, porém enquanto não possuir um preço acessível ou algum incentivo do governo, será uma tecnologia assistiva para poucos. Pois a inclusão social é efetiva quando atinge a maior parte daqueles que realmente necessitam”.

A maioria dos avaliadores destacou a relevância e importância da função “SOS”. Muitos citaram situações de perigo, necessidade ou emergência que já passaram, em que, caso tivessem essa ferramenta disponível poderiam ter se beneficiado. Um dos voluntários expressou: “A opção SOS será útil e estimulará o cumprimento da lei que reserva vagas em estacionamentos”. Referindo-se ao fato de em caso de desrespeito à lei, o cadeirante poderia solicitar auxílio ao policiamento ou fiscalização.

Além disso, muitos declararam que essa função auxiliará em questões de segurança (para contato com a polícia ou bombeiros), saúde (hospital, ambulância, etc) ou contato com familiares.

Outra funcionalidade destacada por alguns voluntários foi a possibilidade de acesso a recursos dinâmicos, tais como, profissionais de saúde, usuários com as mesmas necessidades e ônibus que estejam no mesmo contexto ou nas proximidades.

Segundo um dos avaliadores: “A personalização do sistema é um ótimo recurso, pois facilita as atividades do cotidiano”.

Em termos de acessibilidade e usabilidade as principais críticas foram relacionadas à cadeira de rodas. Muitos sugeriram que o suporte para o *tablet* seja flexível, possibilitando a mobilidade para ambos os lados e ajuste da distância de acordo com as características físicas do cadeirante. As demais observações relacionaram-se aos ajustes que seriam necessários de acordo com a estatura física ou necessidades especiais de cada usuário. Naturalmente, por utilizar-se apenas uma única cadeira de rodas para as avaliações de todos os cadeirantes e por tratar-se de um protótipo, tais situações já eram previstas. Todavia, procurou-se oferecer as melhores condições possíveis para cada avaliador.

Diversos usuários afirmaram que a possibilidade de encontrar recursos como rampas de acesso, estacionamento, toaletes e elevadores são de grande importância, pois muitas vezes ou não identificam tais recursos facilmente ou tem dificuldades de percorrer rotas devido à incerteza da disponibilidade de recursos no trecho a percorrer.

Muitos usuários destacaram que a possibilidade de se usar a “navegação autônoma”, que auxiliaria no deslocamento de percursos já trilhados, seria muito importante. Dessa forma, algumas trilhas poderiam, inclusive, ser compartilhadas com os demais usuários com o mesmo perfil, como um recurso para acessibilidade.

O monitoramento remoto foi outra funcionalidade sugerida, a ser utilizada principalmente para PCDs ou idosos que necessitem de alguma atenção ou cuidado especial.

Finalmente, um avaliador argumentou: “Para turistas e viajantes seria uma ótima ferramenta para ajudar na localização de recursos, especialmente em locais desconhecidos”.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O avançado estágio de desenvolvimento dos dispositivos móveis, que estão cada vez menores e com maiores capacidades de computação, associado à evolução das tecnologias de comunicação sem fio, propõem novos desafios e oportunidades. Embora muitas áreas tenham se beneficiado desses avanços, a da acessibilidade ainda encontra-se incipiente. Nesse contexto, situa-se a acessibilidade ubíqua, ou *u-accessibility*.

Por isso, esse trabalho apresentou o Hefestos, um modelo para suporte à acessibilidade ubíqua que pode ser utilizado para o desenvolvimento de aplicações variadas cujo foco seja a *u-accessibility*.

Este último capítulo apresenta as principais conclusões e contribuições trazidas pelo trabalho, além dos trabalhos futuros que se pretende evoluir sobre este tema.

7.1 Principais conclusões

O estudo e o desenvolvimento de trabalhos relacionados à acessibilidade de PCDs e idosos não são novos. Seja através de tecnologias assistivas, *softwares* educativos especiais, avaliadores de acessibilidade ou padrões, muito se desenvolveu nos últimos anos. Ou seja, em geral esses projetos se propõem a adaptar o computador para o usuário com deficiência ou idoso.

Por outro lado, estudos voltados para a acessibilidade ubíqua são escassos e, geralmente, apenas teóricos. Conforme apresentado no capítulo 3 a maioria dos trabalhos relacionados dedicam-se a apenas parte das necessidades de acessibilidade dos PCDs ou idosos.

Entretanto, o Hefestos é o único modelo com foco no suporte à acessibilidade, tanto de PCDs quanto idosos, nas diversas atividades dos seus cotidianos. É genérico o suficiente para sugerir recursos para acessibilidade de acordo com o perfil e o contexto do usuário. Considerando ainda diferentes tipos de recursos, sejam estáticos ou dinâmicos.

A tabela 6 traz o comparativo entre os trabalhos relacionados à *u-accessibility*, apresentado na seção 3.6, incluindo agora o modelo Hefestos. Nesta tabela destacam-se sua abordagem genérica, gerenciamento de trilhas, do perfil do usuário, sensibilidade ao contexto e aplicação tanto em ambientes fechados quanto externos. Podendo ainda ser aplicado com diferentes tecnologias assistivas, neste trabalho com uma cadeira de rodas inteligente, conforme visto no capítulo 6, onde foram expostos os detalhes do experimento realizado e os resultados obtidos.

Tabela 6. Comparativo entre os trabalhos pesquisados incluindo o Hefestos.

Atributo	<i>AmbienNet</i>	<i>Awareness Marks</i>	<i>INHOME</i>	<i>UbiSmart Wheel</i>	<i>MIT Intelligent Wheelchair</i>	<i>Hefestos</i>
Sensível ao contexto	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim
Gerencia trilhas	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Sim
Gerencia perfil do usuário	Não	Não	Sim	Sim	Não	Sim
Emprega agentes de <i>software</i>	Não	Não	Não	Não	Não	Sim
Ambientes <i>indoor</i> e <i>outdoor</i>	Indoor, apenas	Indoor, apenas	Indoor, apenas	Indoor, apenas	Indoor, apenas	Ambos
Integração com tecnologias assistivas	Sim (cadeira de rodas inteligente)	Não	Sim (diferentes tipos)	Sim (cadeira de rodas inteligente)	Sim (apenas cadeira de rodas)	Sim
Emprega ontologia	Não	Sim	Não	Não	Não	Sim

Destacam-se ainda como conclusões deste trabalho:

- h) As informações precisas de localização estimulam o uso de dispositivos móveis como instrumento para suporte à acessibilidade, pois permitem enfoque orientado a contextos;
- i) O modelo Hefestos contém os módulos básicos para suporte à acessibilidade usando sensibilidade ao contexto e o perfil dos PCDs e idosos;
- j) O sucesso obtido na execução do cenário acadêmico demonstra a viabilidade do Hefestos para operacionalizar diversas situações da acessibilidade ubíqua;
- k) A avaliação realizada a partir de um experimento sinaliza uma excelente aceitação do modelo Hefestos por parte dos usuários reais;
- l) Os resultados apurados e as opiniões dos usuários indicam que o modelo Hefestos poderia ser comercialmente viável;
- m) As avaliações referentes ao protótipo Hefestos *Wheelchair* sinalizam para uma aceitação parcial. Justificando-se pelo fato dos cadeirantes tetraplégicos ou com mobilidade reduzida dos membros superiores possuírem necessidades específicas para o uso de interfaces especiais

para operação do Assistente Pessoal do Hefestos. Para os paraplégicos o protótipo foi totalmente aceito.

- n) Observou-se que a aceitação do modelo ou adaptabilidade ao uso protótipo independe da faixa etária, sexo, nível de escolaridade, tampouco de experiência prévia no uso de cadeira de rodas motorizada.
- o) O nível de entendimento dos conceitos do Hefestos e adaptação ao Hefestos *Wheelchair* foram proporcionais ao conhecimento prévio de informática ou no uso de computadores. Entretanto, nenhum cadeirante apresentou dificuldades que impedissem a compreensão ou o processo de avaliação.

7.2 Contribuições

Como principal contribuição no campo teórico, este trabalho traz o detalhamento de um modelo para a acessibilidade ubíqua, chamado Hefestos, que pode ser utilizado em diversas aplicações voltadas para PCDs e idosos. Este detalhamento inclui cada um dos oito (8) módulos que compõem o modelo.

Foram estudados conceitos e terminologias específicas relacionadas à acessibilidade, além de temas recentes voltados aos PCDs e idosos, tais como, ambientes assistivos, *u-healthcare*, entre outros.

O estudo sobre acessibilidade ubíqua contribui também com a identificação das principais pesquisas voltadas para o desenvolvimento de tecnologias que apoiem a acessibilidade utilizando ubiquidade. Onde, a partir de estudos, foi possível identificar características da *u-accessibility*, com as quais realizou-se um comparativo entre os trabalhos relacionados (Tabela 6).

Tendo foco inicial na avaliação do modelo proposto, este trabalho contribuiu ainda com a criação de nove (9) possíveis cenários de acessibilidade ubíqua, sendo que, tendo o suporte de um modelo genérico como o Hefestos, tais cenários poderiam fazer parte do cotidiano.

Em termos práticos, foi gerado nesse trabalho um protótipo funcional do modelo Hefestos, chamado Hefestos *Wheelchair*, utilizado em um experimento com a participação de dez (10) usuários reais, cadeirantes. Tal protótipo pode ser aplicado para a operacionalização de outros cenários de acessibilidade ubíqua, e também aperfeiçoado para atender as demais funcionalidades do modelo, sendo dessa forma, uma base para novos estudos e aplicações comerciais.

Paralelamente, conquistaram-se alguns resultados positivos, tais como, financiamento via projeto de pesquisa e inovação, publicações científicas relevantes e uma boa colocação em um concurso de ciência e inovação.

No ano de 2010, obteve-se a aprovação do Projeto de Pesquisa Tecnológica e Inovação “Hefestos: Um Modelo para Suporte à Acessibilidade Ubíqua”, pela FAPERGS, no Programa Pesquisador Gaúcho (PqG)⁷ (BARBOSA et al., 2010). De modo a proporcionar a parceria estratégica com a empresa Freedom, cuja doação

⁷ Programa Pesquisador Gaúcho (PqG) – Edital FAPERGS 006/2010 – <http://www.fapergs.rs.gov.br>.

de uma cadeira de rodas motorizada possibilitou as avaliações do presente trabalho. Além do aporte de capital para aquisição de equipamentos e patrocínio dos custos das viagens para apresentação do Hefestos nos eventos científicos citados a seguir.

Ainda no ano anterior, o Hefestos logrou classificação como semifinalista no VI Prêmio Santander de Ciência e Inovação, promovido pelo Santander Universidades⁸, ficando entre os 35 melhores projetos dentre 885 submetidos à avaliação.

Em termos de publicações científicas, obteve-se a aprovação do artigo, como *full paper*, “Hefestos: a Model for Ubiquitous Accessibility Support” (TAVARES et al., 2011a), no *4th ACM International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments (PETRA’11)*⁹, realizado no mês de maio de 2011, na ilha de Creta, Grécia. O PETRA é um dos maiores eventos mundiais na área da acessibilidade e é organizado pela *University of Texas at Arlington (UTA – USA)* em parceria com universidades e institutos de pesquisa europeus.

Finalmente, no mês de outubro de 2011, apresentou-se o artigo completo, intitulado “Computação Ubíqua Aplicada à Acessibilidade” (TAVARES et al., 2011b), no XVII Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web (WebMedia’11)¹⁰, promovido pela Sociedade Brasileira da Computação (SBC), organizado pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), ocorrido em Florianópolis, Santa Catarina.

7.3 Trabalhos futuros

O modelo Hefestos constitui uma proposta inicial que ainda pode ser aperfeiçoada. Como trabalhos futuros, serão realizados estudos aprofundados em temas pouco explorados neste trabalho, como por exemplo, o uso de Ontologias para classificação de recursos para acessibilidade, ou da integração com outras tecnologias assistivas para a ampliação do alcance do presente trabalho. A tabela 7 apresenta os trabalhos futuros já identificados.

Tabela 7. Trabalhos futuros identificados.

O que	Como
Validar a adaptabilidade do modelo	Avaliação do modelo com outros cenários de acessibilidade ubíqua (comercial, transporte público, etc).
Implementar e validar o conceito de recursos dinâmicos	Implementação das rotinas para gerenciamento de recursos dinâmicos dentro do Assistente para Acessibilidade. Posteriormente, realizar testes em cenários onde este conceito é necessário.

⁸ Site oficial do Santander Universidades – <http://www.santanderuniversidades.com.br>.

⁹ Site oficial do PETRA’11 – <http://www.petrae.org>.

¹⁰ Site oficial do WebMedia’11 – <http://www.sbbd-webmedia2011.inf.ufsc.br/webmedia/index.php/pt/>.

Avaliar o modelo com PCDs e idosos que possuam outras necessidades (surdos, cegos, etc)	Ampliar a avaliação do modelo para outros usuários, com diferentes perfis, considerando diferentes contextos e ainda a interação entre PCDs ou idosos com diferentes necessidades especiais compartilhando os mesmos contextos.
Avaliar o uso do protótipo em ambientes <i>indoor</i>	Inclusão e avaliação do protótipo em contextos em ambientes fechados, com o uso de tecnologias de localização, tais como, <i>WiFi, Bluetooth, Zigbee, RFID, QRCode</i> , etc. Mapeando recursos para acessibilidade relevantes em tais contextos.
Aperfeiçoar a ontologia para acessibilidade	Aperfeiçoar a ontologia para acessibilidade desenvolvendo novas classes e atributos. Integrar ao modelo e testar novos cenários para avaliar a aplicação desta nova estrutura.
Criar processos de tolerância a falhas	Considerar na implementação a tolerância a falhas para os processos e componentes mais críticos do modelo.
Testes de carga no modelo	Realizar testes de carga no modelo para verificar a escalabilidade do mesmo, propondo ajustes necessários para suportar aplicações massivas.
Avaliar o protótipo com o uso de diferentes interfaces	Implementar ou integrar novas interfaces para operação da cadeira de rodas inteligente, avaliando sua aceitação por parte dos PCDs. Avaliar especialmente interfaces para cadeirantes tetraplégicos, contemplados parcialmente pelo Hefestos <i>Wheelchair</i> .
Integrar o <i>tablet</i> diretamente com a cadeira de rodas motorizada do Hefestos <i>Wheelchair</i>	Implementação do módulo de comunicação serial via <i>RS232</i> diretamente no Assistente Pessoal do Hefestos, eliminando o uso de camadas de comunicação intermediárias. Nesse caso o dispositivo Sun <i>SPOT</i> e os adaptadores não serão mais necessários. O <i>tablet</i> i-MXT apresentado na seção 6.2.1 possui tal porta de comunicação por <i>default</i> .
Implementar e validar o gerenciamento de trilhas	Implementação e validação do gerenciamento de trilhas no modelo Hefestos, integrado ao projeto UbiTrail (SILVA et al., 2010).
Implementar a sugestão de rotas e rotas alternativas	Implementação de rotinas no Assistente para Acessibilidade para a indicação de rotas principais e alternativas (trilhas) de acordo com o perfil do usuário e o contexto.
Implementar e validar a função de “navegação autônoma” no Hefestos <i>Wheelchair</i>	Implementação e validação das rotinas para operação automatizada da cadeira de rodas. De modo que os usuários possam utilizar rotas (trilhas) armazenadas como recursos para acessibilidade.

REFERÊNCIAS

- ABASCAL, J.; CASAS, R.; MARCO, A.; SEVILLANO, J.; CASCADO, D. Towards an intelligent and supportive environment for people with physical or cognitive restrictions. In: 2nd INTERNATIONAL CONFERENCE ON PERVASIVE TECHNOLOGIES RELATED TO ASSISTIVE ENVIRONMENTS (PETRA'09), 2009, Corfu, Grécia. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 2009. DOI = <http://dx.doi.org/10.1145/1579114.1579124>.
- ACESSIBILIDADE BRASIL. **O que é acessibilidade?** Disponível em: <<http://www.acesso.org.br/index.php?itemid=45>>. Acesso em: 15 de novembro de 2011.
- AIPPERSPACH, R.; HOOKER, B.; and WOODRUFF, A. The Heterogeneous Home. In: 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON UBIQUITOUS COMPUTING (UbiComp'08), 2008, Seul, Coréia do Sul. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 2008. DOI = <http://dx.doi.org/10.1145/1409635.1409666>.
- ANDROID. **Site oficial do Android.** Disponível em: <<http://www.android.com>>. Acesso em: 15 de novembro de 2011.
- AUML. **Site oficial do AUML.** Disponível em: <<http://www.auml.org>>. Acesso em: 2 de dezembro de 2011.
- BALDAUF, M.; DUDSTAR, S. A Survey on Context-aware Systems. **International Journal of Ad Hoc and Ubiquitous Computing**. v.2, n. 4, 263-277, Junho 2007. DOI = <http://dx.doi.org/10.1504/IJAHUC.2007.014070>.
- BARBOSA, J.; HAHN, R.; RABELLO, S.; BARBOSA, D. LOCAL: a Model Geared Towards Ubiquitous Learning. In: 39th ACM TECHNICAL SYMPOSIUM ON COMPUTER SCIENCE EDUCATION (SIGCSE). Portland, New York, Estados Unidos. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 2008. p. 432-436. DOI = <http://doi.acm.org/10.1145/1352135.1352281>.
- BARBOSA, J.; YAMIN, A.; REAL, R.; COSTA, C.; TAVARES, J. **Hefestos: Um Modelo para Suporte à Acessibilidade Ubíqua.** Projeto de pesquisa aprovado no Programa Pesquisador Gaúcho (PqG), Edital 006/2010, Processo: 1015181, Fundação de Amparo à Pesquisa do Rio Grande de Sul (FAPERGS), Porto Alegre, 2010.
- BECKER, E.; LE, Z.; PARK, K.; LIN, Y.; MAKEDON, F. Event-based Experiments in an Assistive Environment using Wireless Sensor Networks and Voice Recognition. In: 2nd INTERNATIONAL CONFERENCE ON PERVASIVE TECHNOLOGIES RELATED TO ASSISTIVE ENVIRONMENTS (PETRA'09), 2009, Corfu, Grécia. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 2009. DOI = <http://dx.doi.org/10.1145/1579114.1579131>.
- BOOCH, Grady; JACOBSON, Ivar; RUMBAUGH, James. **The Unified Modeling Language for Object-Oriented Development v. 0.9.** Rational Software Corp., 1996.
- COMPUTAÇÃO BRASIL. Tecnologia Inclusiva. **Revista da Sociedade Brasileira da Computação**, Porto Alegre, Edição 11, p. 12-15, Outubro-Dezembro 2009.

COSTA, C. A. da; YAMIN, A. C.; GEYER, C. F. R. Towards a General Software Infrastructure for Ubiquitous Computing. **IEEE Pervasive Computing**, Los Alamitos, v.7, n.1, p. 64-73, Janeiro 2008.

COULOURIS, G.; DOLLIMORE, J.; KINDBERG, T. **Distributed Systems: Concepts and design**. 4th Ed., 784 p., Porto Alegre: Bookman, 2007.

DAVIS, F. Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. **MIS Quaterly**, v.13, n. 3, p. 319-340, Setembro 1989.

DEY, A. K. Understanding and Using Context. **Personal and Ubiquitous Computing**. v.5, n. 1, p. 4-7, Fevereiro 2001. DOI = <http://dx.doi.org/10.1007/s007790170019>.

DEY, A.; SALBER, D.; ABOWD G. A conceptual framework and a toolkit for supporting the rapid prototyping of context-aware application. **Journal Human-Computer Interaction**. v.16, n. 2, p. 97-166, Dezembro 2001. DOI = http://dx.doi.org/10.1207/S15327051HCI16234_02.

DOSVOX. **Site oficial do projeto Dosvox**. Disponível em: <<http://intervox.nce.ufrj.br/dosvox/>>. Acesso: em 15 de novembro de 2011.

ECLIPSE. **Site oficial do projeto Eclispe**. Disponível em: <<http://www.eclipse.org>>. Acesso em: 25 de novembro de 2011.

FOWLER, Betty. **UML Essencial**. 3ª Ed., Porto Alegre: Bookman, 2005.

FRANCO, L.; ROSA, J.; BARBOSA, J.; COSTA, C.; YAMIN, A. MUCS : A Model for Ubiquitous Commerce Support. **Eletronic Commerce Research and Applications**. v.10, n. 2, p. 237-246, Março-Abril 2011. DOI = <http://dx.doi.org/10.1016/j.elerap.2010.08.006>.

FREEDOM. **Site oficial da empresa Freedom**. Disponível em: <<http://www.freedom.ind.br/content/home/index.php>>. Acesso em: 15 de novembro de 2011.

GIROUX, S.; BAUCHET, J.; PIGOT, H.; LUSSIER-DESROCHERS, D. LACHAPPELLE, Y. Pervasive behavior tracking for cognitive assistance. In: 1st INTERNATIONAL CONFERENCE ON PERVASIVE TECHNOLOGIES RELATED TO ASSISTIVE ENVIRONMENTS (PETRA'08), 2008, Atenas, Grécia. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 2008. DOI = <http://dx.doi.org/10.1145/1389586.1389684>.

HERVÁS, R.; BRAVO, J.; FONTECHA, J. Awareness marks: adaptive services through user interactions with augmented objects. **Journal Personal and Ubiquitous Computing**, v.15, Janeiro 2011. DOI = <http://dx.doi.org/10.1007/s00779-010-0363-z>.

HIGHTOWER, J.; LAMARCA, A.; SMITH, I. Practical Lessons from Place Lab. **IEEE Pervasive Computing / IEEE Computer Society and IEEE Communications Society**, v. 5, n. 3, p. 32-39, Julho-Setembro 2006. DOI = <http://dx.doi.org/10.1109/MPRV.2006.55>.

IBGE. Sinopse do Censo Demográfico 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/sinopse.pdf>>. Acesso em: 22 de novembro de 2011.

IBM. Cloud computing from IBM os SmartCloud. Disponível em: <<http://www.ibm.com/cloud-computing/us/en/>>. Acesso em: 1 de dezembro de 2011.

ISO. Assistive products for persons with disability – Classification and terminology. Disponível em: <http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=38894>. Acesso em: 15 de novembro de 2011.

ITU. The Internet of Things. Disponível em: < <http://www.itu.int/osg/spu/publications/internetofthings/>>. Acesso em: 15 de novembro de 2011.

JASON. Site oficial do projeto Jason. Disponível em: < <http://jason.sourceforge.net/Jason/Jason.html>>. Acesso em: 25 de novembro de 2011.

KIM, Y.; KIM, M.; LEE, Y. COSMOS: A Middleware Platform for Sensor Networks and a u-Healthcare Service. In: ACM SYMPOSIUM ON APPLIED COMPUTING 2008 (SAC'08), Ceará, Brasil. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 2008. DOI = <http://doi.acm.org/10.1145/1363686.1363812>.

LITTLE, L.; BRIGGS, P. Pervasive healthcare: the elderly perspective. In: 2nd INTERNATIONAL CONFERENCE ON PERVASIVE TECHNOLOGIES RELATED TO ASSISTIVE ENVIRONMENTS (PETRA'09), 2009, Corfu, Grécia. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 2009. DOI = <http://dx.doi.org/10.1145/1579114.1579185>.

METSIS, V.; LE, Z.; LEI, Y.; MAKEDON, F. Towards an Evaluation Framework for Assistive Environments. In: 1st INTERNATIONAL CONFERENCE ON PERVASIVE TECHNOLOGIES RELATED TO ASSISTIVE ENVIRONMENTS (PETRA'08), 2008, Atenas, Grécia. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 2008. DOI = <http://dx.doi.org/10.1145/1389586.1389601>.

MIT. Intelligent Wheelchair Project. Disponível em: <<http://rvsn.csail.mit.edu/wheelchair/>>. Acesso em: 15 de novembro de 2011.

MOBILAB. Laboratório de pesquisa e desenvolvimento em computação móvel – Mobile Computing Lab (Mobilab). Disponível em: <<http://www.unisinos.br/laboratorios/mobilab>>. Acesso em: 28 de novembro de 2011.

MUFTI, M.; AGOURIDIS, D.; DIN, S.; MUKHATAR, A. Ubiquitous Wireless Infrastructure for Elderly Care. In: 2nd INTERNATIONAL CONFERENCE ON PERVASIVE TECHNOLOGIES RELATED TO ASSISTIVE ENVIRONMENTS (PETRA'09), 2009, Corfu, Grécia. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 2009. DOI = <http://dx.doi.org/10.1145/1579114.1579136>.

MYSQL. Site oficial do MySQL. Disponível em: < <http://www.mysql.com> >. Acesso em: 25 de novembro de 2011.

NETBEANS. **Site oficial do NetBeans**. Disponível em: < <http://www.netbeans.org> >. Acesso em: 25 de novembro de 2011.

OMS. **CID-10**: tradução do centro de colaboração OMS para classificação de doenças em português. 9 ed. Rev – São Paulo: EDUSP, 2003a.

OMS. **CIF**: Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde, tradução do centro de colaboração OMS para classificação de doenças em português. São Paulo: EDUSP, 2003b.

PADGHAM, L.; WINIKOFF, M. **Developing Intelligent Agent Systems**: A practical guide. Australia: Wiley, 2004. ISBN 0-470-86120-7.

POSTOLACHE, O.; MADEIRA, R.; CORREIA, N.; GIRÃO, P. UbiSmartWheel: a ubiquitous system with unobtrusive services embedded on a wheelchair. In: 2nd INTERNATIONAL CONFERENCE ON PERVASIVE TECHNOLOGIES RELATED TO ASSISTIVE ENVIRONMENTS (PETRA'09), 2009, Corfu, Grécia. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 2009. DOI = <http://dx.doi.org/10.1145/1579114.1579127>.

PDT. **Site oficial do projeto Prometheus & PDT @ RMIT**. Disponível em: <<http://www.cs.rmit.edu.au/agents/pdt>>. Acesso em: 25 de novembro de 2011.

PROTÉGÉ. **Site oficial do projeto Protégé**. Disponível em: <<http://protege.stanford.edu>>. Acesso em: 15 de novembro de 2011.

PUPO, D.; MELO, A.; FERRÉS, S. **Acessibilidade**: discurso e prática no cotidiano das bibliotecas. UNICAMP: Biblioteca Cesar Lattes Central, 2006. ISBN: 85-85783-16-8.

REINERS, R.; ZIMMERMANN, A.; JENTSCH, M.; ZHANG, Y. Automizing Home Environments and Supervising Patients at Home with the Hydra Middleware. In: 1st INTERNATIONAL WORKSHOP ON CONTEXT-AWARE SOFTWARE TECHNOLOGY AND APPLICATIONS (CASTA'09), 2009, Amsterdam, Holanda. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 2009. DOI = <http://dx.doi.org/10.1145/1595768.1595772>.

RYBENÁ. **Site oficial do projeto Rybená**. Disponível em: <<http://www.rybena.org.br>>. Acesso em: 15 de novembro de 2011.

SATYNARAYANAN, M. Fundamental challenges in mobile computing. In: ACM SYMPOSIUM ON PRINCIPLES OF DISTRIBUTED COMPUTING (PODC'96), 1996, Filadélfia, Estados Unidos. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 1996. DOI = <http://dx.doi.org/10.1145/248052.248053>.

SATYNARAYANAN, M. Pervasive computing: vision and challenges. **IEEE Personal Communications**. v.8, n. 4, p. 10-17, Agosto 2001. DOI = <http://dx.doi.org/10.1109/98.943998>.

SEMPREBOM, T.; CAMADA, M.; MENDONÇA, I. **Protégé e Ontologias**. Disponível em: <http://www.das.ufsc.br/~gb/pg-ia/Protege07/ontologia_protege.pdf>. Acesso em: 2 de dezembro de 2011.

SENTILLA. **Site oficial do projeto Sentilla**. Disponível em: <<http://www.sentilla.com/pr-20080501.html>>. Acesso em: 15 de novembro de 2011.

SICORDE. **Conheça seus direitos**. Disponível em: <<http://portal.mj.gov.br/corde/sicorde/direitos.asp>>. Acesso em: 15 de novembro de 2011a.

SICORDE. **Dia Internacional das Pessoas com Deficiência**. Disponível em: <<http://portal.mj.gov.br/corde/dezembro.asp>>. Acesso em: 15 de novembro de 2011b.

SILVA, M. O processo de envelhecimento no Brasil: desafios e perspectivas. **Textos sobre Envelhecimento**, v. 8, n. 1, 2005, ISSN 1517-5928.

SILVA, J.; ROSA, J.; BARBOSA, J.; BARBOSA, D.; PALAZZO, L. Content distribution in trail-aware environments. **Journal of Brazilian Computer Society**. v.16, n. 3, p. 163-176, Julho 2010. DOI = <http://dx.doi.org/10.1007/s13173-010-0015-1>.

SPELTA, L. **Acessibilidade: esse negócio tem futuro?** Disponível em: <http://acessodigital.net/art_acessibilidade_tem_futuro.html>. Acesso em: 15 de novembro de 2011.

STARUML. **Site oficial do projeto StarUML**. Disponível em: <<http://www.staruml.sourceforge.net/en/index.php>>. Acesso em: 25 de novembro de 2011.

SUN SPOT. **Site oficial do projeto Sun SPOT World**. Disponível em: <<http://www.sunspotworld.com/>>. Acesso em: 15 de novembro de 2011.

TAVARES, J.; BARBOSA, J.; COSTA, C.; YAMIN, A.; REAL, R. Hefestos: a Modelo for Ubiquitous Accessibility Support. In: 4th ACM INTERNATIONAL CONFERENCE ON PERVASIVE TECHNOLOGIES RELATED TO ASSISTIVE ENVIRONMENTS (PETRA'11), 2011, Creta, Grécia. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 2011a.

TAVARES, J.; BARBOSA, J.; COSTA, C.; YAMIN, A.; REAL, R. Computação Ubíqua Aplicada à Acessibilidade. In: XVII SBC SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SISTEMAS MULTIMÍDIA E WEB (WEBMEDIA'11), 2011, Florianópolis, Brasil. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 2011b.

TRACE CENTER. **Site oficial do Trace R&D Center, University of Wisconsin-Madison**. Disponível em: <<http://trace.wisc.edu>>. Acesso em: 15 de novembro de 2011.

UNISINOS. **Site oficial da Universidade do Vale do Rio dos Sinos**. Disponível em: <<http://www.unisinos.br>>. Acesso em: 28 de novembro de 2011.

VANDERHEIDEN, G. Ubiquitous accessibility, common technology core, and micro assistive technology. **ACM Transactions on Accessible Computing (TACCESS)**. v. 1, n. 2, Article 10, Outubro 2008. DOI = <http://dx.doi.org/10.1145/1408760.1408764>.

VAUGHAN-NICHOLS, S. Will Mobile Computing's Future Be Location, Location, Location? **Journal Computer, IEEE Press**, v.42, n. 2, p. 14-17, Fevereiro 2009. DOI = <http://dx.doi.org/10.1109/MC.2009.65>.

VERGADOS, D. Service personalization for assistive living in a mobile ambient healthcare-networked environment. **Journal Personal and Ubiquitous Computing**, v. 14, n. 6, p. 575-590, Setembro 2010. DOI = <http://dx.doi.org/10.1007/s00779-009-0278-8>.

W3C. **Site oficial do Web Content Accessibility Working Group**. Disponível em: <<http://www.w3.org/WAI/GL/>>. Acesso em: 15 de novembro de 2011.

WEISER, M. The computer for the 21st century. **Scientific American**, v. 265, n. 3, p. 94-104, Setembro 1991.

WEISS, A. Computing in the Clouds. **ACM netWorker**, v. 11, n. 4, p. 16-25, Dezembro 2007.

YOON, Cheolho.; KIM, Sanghoon. Convenience and TAM in a ubiquitous computing environment: The case of wireless LAN. **Electronic Commerce: Research and Applications**, v. 6, n. 1, p. 102-112, Janeiro 2007.

ZIMMERMANN, G.; VANDERHEIDEN, G.; GANDY, M.; LASKOWSKI, S.; MA, M.; TREWIN, S.; WALKER, M. Universal Remote Console Standard – Toward Natural User Interaction in Ambient Intelligence. In: Premier International Conference for Human-Computer Interaction (CHI'04), 2004, Viena, Austria. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 2004.

APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS
Unidade de Pesquisa e Pós-Graduação (UAP&PG)
Comitê de Ética em Pesquisa (CEP)

Versão março/2008

UNIDADE DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA****RESOLUÇÃO 145/2011**

O Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS analisou o projeto:

Projeto: Nº CEP 11/141 **Versão do Projeto:** 17/10/2011 **Versão do TCLE:** 17/10/2011

Coordenador:

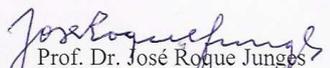
Mestrando João Elison da Rosa Tavares (PPG em Computação Aplicada)

Título: Hefestos: Um Modelo para Suporte à Acessibilidade Ubíqua.

Parecer: O projeto foi **APROVADO**, por estar adequado ética e metodologicamente, conforme os preceitos da Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde.

O pesquisador deverá encaminhar relatório anual sobre o andamento do projeto, conforme o previsto na Resolução CNS 196/96, item VII.13, letra d. Somente poderão ser utilizados os Termos de Consentimento onde conste a aprovação do CEP/UNISINOS.

São Leopoldo, 17 de outubro de 2011.


Prof. Dr. José Roque Junges
Coordenador do CEP/UNISINOS



UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS
Unidade Acadêmica de Pesquisa e Pós-Graduação
Comitê de Ética em Pesquisa

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TCLE

Eu, João Elison da Rosa Tavares, mestrando em Computação Aplicada na Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos), na condição de pesquisador no projeto "Hefestos: Um Modelo para Suporte à Acessibilidade Ubíqua", apresento-me respeitosamente à V. Sa., colocando desde já todos os meios de contato à vossa disposição.

Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos)
Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada
Av. Unisinos, 950, Bairro Cristo Rei – São Leopoldo/RS. CEP: 93.022-000
Telefone: (51) 3591.1122 / Ramal 1601
E-mail: joaotavaresti@gmail.com Celular: (51) 8186.9160

O Hefestos tem como principal objetivo propor um modelo que promova a acessibilidade de Pessoas Com Deficiência (PCDs) e idosos, nos diversos contextos de suas vidas cotidianas. Para avaliação desse modelo, proponho em minha dissertação, um protótipo de uma cadeira de rodas inteligente. Trata-se de uma cadeira de rodas motorizada equipada com um *tablet* (computador portátil), que possibilita a operação da cadeira de forma computadorizada, além de indicar recursos para acessibilidade disponíveis ao cadeirante, de acordo com seu perfil e contexto.

Como metodologia para aplicação do estudo, solicito à V. Sa. a realização de testes de uso e de funcionalidade do sistema, em um cenário proposto dentro do campus da Unisinos. Vossa Sa. ficará acomodada na cadeira de rodas inteligente do projeto Hefestos e a operará dentro do percurso guiado por este pesquisador. Iniciaremos o percurso junto ao portão de entrada "D", da Av. Unisinos (entrada do centro 6 – Ciências Exatas e Tecnológicas). A seguir, seguiremos sobre o calçamento lateral ao estacionamento até a entrada do bloco 6B. Após, nos deslocaremos, sempre sobre o calçamento lateral aos prédios, passando pelos blocos 6A, 6C e 6D, até o Ambiente de Relacionamento (AR), situado junto ao bloco 6E.

Durante este percurso serão testados os comandos informatizados da cadeira de rodas e os recursos informados pelo sistema Hefestos de acordo com a Vossa localização. Após a experiência, solicitarei o preenchimento de um questionário com informações pessoais básicas (de forma anônima) e aspectos relacionados à experiência de uso do sistema/cadeira de rodas inteligente.

Considerações gerais:

1. Informo que vossa identidade será preservada, pois não serão divulgados nome ou informações que possam identificar os participantes;
2. Vossos dados obtidos serão utilizados apenas para fins de investigação científica;
3. Vossa Sa. poderá desistir do estudo a qualquer momento, sem prejuízo algum;
4. Vossa Sa. poderá obter informações sobre o andamento da pesquisa e/ou seus resultados a qualquer momento;
5. Vossa Sa. será apoiada e assistida por este pesquisador e um auxiliar (bolsista do Mobilab) durante toda a experiência;
6. Vossa Sa. exime este pesquisador, seu orientador e demais envolvidos no projeto por eventuais danos ou prejuízos decorrentes de possíveis acidentes que excedam à previsibilidade e de nosso controle. Situações tais como: problemas ou acidentes no deslocamento até o campus, possíveis quedas da cadeira de rodas inteligente,

CEP - UNISINOS
VERSÃO APROVADA

Em: 17 / 10 / 11

.....

Unisinos, 950 Caixa Postal 275 CEP 93022-000 São Leopoldo Rio Grande do Sul Brasil
Fone: (51) 3591-1198 ou ramal 2198 Fax: (51) 3590-8118 <http://www.unisinos.br>

prejuízos a terceiros, etc. Embora estes eventos possuam mínimas chances de ocorrerem, cabe a este pesquisador manter V. Sa. informada.

Vossa Sa. declara estar ciente de que serão obtidas imagens (fotos/vídeos) do experimento que estarei realizando e consente o uso dessas para fins acadêmicos, tais como publicações de artigos científicos, dissertação de mestrado, projeto de pesquisa e divulgação no site do projeto na Unisinos.

E por estarem de comum acordo com as condições deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, as partes assinam em 3 (três) vias de igual teor.

São Leopoldo, ____ de outubro de 2011.

 Nome do voluntário
 Voluntário

CEP - UNISINOS
VERSÃO APROVADA
 Em: 17 / 10 / 11



 João Elison da Rosa Tavares
 Pesquisador

 Jorge Luis Victória Barbosa
 Orientador

 Cristiano André da Costa
 Coordenador do PIPCA/Unisinos