

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE INFORMÁTICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM COMPUTAÇÃO

DÉBORA NICE FERRARI BARBOSA

**Um Modelo de Educação Ubíqua Orientado
à Consciência do Contexto do Aprendiz**

Tese apresentada como requisito parcial para a
obtenção do grau de Doutor em Ciência da
Computação

Prof. Dr. Cláudio Fernando Resin Geyer
Orientador

Porto Alegre, março de 2007.

CIP – CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

Barbosa, Débora Nice Ferrari

Um Modelo de Educação Ubíqua Orientado à Consciência do Contexto do Aprendiz / Débora Nice Ferrari Barbosa – Porto Alegre: Programa de Pós-Graduação em Computação, 2007.

181 f.:il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Computação. Porto Alegre, BR – RS, 2006. Orientador: Cláudio Fernando Resin Geyer.

1. Educação Ubíqua. 2. Consciência do Contexto do Aprendiz. 3. Computação Ubíqua. I. Geyer, Cláudio Fernando Resin. II. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Reitor: Prof. José Carlos Ferraz Hennemann

Vice-Reitor: Prof. Pedro Cezar Dutra Fonseca

Pró-Reitora de Pós-Graduação: Profa. Valquiria Linck Bassani

Diretor do Instituto de Informática: Prof. Flávio Rech Wagner

Coordenadora do PPGC: Profa. Luciana Porcher Nedel

Bibliotecária-Chefe do Instituto de Informática: Beatriz Regina Bastos Haro

Para meus cinco sentidos: Jorge, Tereza, Luna, Minti e Cozinho.

E para o sexto, que está vindo....Vencemos!

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	18
LISTA DE FIGURAS	20
LISTA DE TABELAS	22
RESUMO	23
ABSTRACT	24
1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Tema de Pesquisa	15
1.2 Motivação	16
1.3 Problema de Pesquisa	18
1.4 Hipótese de Trabalho	20
1.5 Objetivos.....	21
1.6 Metodologia	22
1.7 Histórico de Inserção da Tese	23
1.8 Organização do Texto	24
2 EM DIREÇÃO A EDUCAÇÃO UBÍQUA	25
2.1 Aspectos Tecnológicos.....	25
2.1.1 Em direção a Computação Ubíqua.....	25
2.1.2 Em direção a Educação Ubíqua	29
2.2 Aspectos Pedagógicos.....	32
2.3 Elementos que Caracterizam a Educação Ubíqua	34
2.4 Considerações sobre o Capítulo.....	37
3 GLOBALEDU: ASPECTOS GERAIS	38
3.1 Modelo Pedagógico.....	38
3.2 Requisitos do Sistema.....	39
3.3 Representação dos Principais Elementos do GlobalEdu	40
3.3.1 Perfil do Aprendiz	40
3.3.2 Conteúdo.....	42
3.3.3 Contexto.....	44
3.4 Arquitetura.....	47
3.5 Modelo de Execução.....	49
3.6 Modelo de Comunicação	51
3.7 Modelo de Adaptação.....	52

3.8	Considerações sobre o Capítulo.....	53
4	GLOBALEDU: ASPECTOS DE MODELAGEM.....	54
4.1	Agente Pedagógico - AP	54
4.1.1	Arquitetura.....	55
4.2	Módulos Educacionais.....	61
4.2.1	Gerencia Perfil	62
4.2.2	Gerencia Conteúdo.....	63
4.3	Módulos de Suporte	65
4.3.1	Acesso.....	65
4.3.2	Persistência	66
4.3.3	Comunicação.....	66
4.4	Considerações sobre o Capítulo.....	66
5	CONSCIÊNCIA DO CONTEXTO DO APRENDIZ.....	68
5.1	Contexto no GlobalEdu.....	68
5.2	Usando Ontologia para Modelar Contexto	68
5.3	Representando Contexto no GlobalEdu através de Ontologia	69
5.3.1	Determinando o Domínio da Ontologia	69
5.3.2	Pesquisando Ontologias Existentes	69
5.3.3	Definindo Classes - Hierarquia e Propriedades	70
5.3.4	Determinando Instâncias	73
5.4	Módulo Educacional Gerencia Contexto.....	74
5.4.1	Gerencia Metadados de Contexto Região	76
5.4.2	Presença de Aprendizes no Contexto	77
5.4.3	Relaciona Aprendizes.....	78
5.4.4	Relaciona Contexto Região	79
5.4.5	Informa Contexto Social.....	80
5.4.6	Gerencia Contexto Físico	81
5.5	Considerações sobre o Capítulo.....	81
6	ASPECTOS DE IMPLEMENTAÇÃO E AVALIAÇÃO	83
6.1	O Agente Pedagógico - AP	83
6.1.1	Cognição.....	83
6.1.2	Capacidades	83
6.1.3	Comunicação.....	84
6.1.4	Interface	86
6.2	Módulo Educacional Gerencia Contexto.....	89
6.3	Módulos de Suporte	91
6.3.1	MS Comunicação	91
6.3.2	MS Acesso	92
6.4	Aspectos de Avaliação.....	92
6.4.1	GlobalEdu e ISAM.....	93
6.4.2	GlobalEdu e LOCAL.....	97
6.5	Considerações sobre o Capítulo.....	100
7	TRABALHOS RELACIONADOS	102
7.1	Redes de aprendizagem.....	102
7.1.1	ELENA	102
7.1.2	SeLeNe	103
7.1.3	Análise dos Ambientes	104

7.2	Ambientes Educacionais Ubíquos.....	106
7.2.1	CLUE.....	106
7.2.2	CULE.....	108
7.2.3	LIP.....	109
7.2.4	Análise dos Ambientes.....	110
8	CONCLUSÕES E CONTRIBUIÇÕES	113
8.1	Publicações	113
8.2	Conclusões	114
8.3	Contribuições e Limitações.....	116
8.4	Trabalhos Futuros.....	118
	REFERÊNCIAS.....	121
	ANEXO A ONTOLOGIA CONTEXTREGION.....	133
	ANEXO B ONTOLOGIA PERSONAL INFORMATION.....	137
	ANEXO C ONTOLOGIA PHYSICALCONTEXT.....	140
	ANEXO D BASE DE CONHECIMENTO DO AP.....	144
	ANEXO E CLASSES DO PROTÓTIPO DO AP.....	146
	ANEXO F PROTÓTIPO DO ME GERENCIA CONTEXTO.....	147
	ANEXO G PERFIL DE EXECUÇÃO DO GLOBALEDU NO MIDDLEWARE GRADEP.....	148
	APENDICE A ORGANIZANDO CONCEITOS.....	150
	APÊNDICE B ONTOLOGIA E REPRESENTAÇÃO DE CONTEXTO.....	161
	APÊNDICE C ASPECTOS DE AVALIAÇÃO DO GLOBALEDU.....	166
	APÊNDICE D AMBIENTES ISAM E LOCAL.....	172
	APÊNDICE E ASPECTOS DE IMPLEMENTAÇÃO DO GLOBALEDU.....	179

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
AP	Agente Pedagógico
ACU	Ambiente Computacional Ubíquo
ADL	<i>Advanced Distributed Learning</i>
API	<i>Application Program Interface</i>
AVU	Ambiente Virtual do Usuário
DC	<i>Dublin Core</i>
EaD	Educação a Distância
ECA	Evento-Condição-Ação
EXEHDA	<i>Environment Execution for High Distributed Applications</i>
MobLab	Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento em Mobilidade
GlobalEdu	<i>Global Education</i>
GPPD	Grupo de Processamento Paralelo e Distribuído
IA	Inteligência Artificial
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
IMS	<i>Instructional Management System</i>
ISAM	Infra-estrutura de Suporte às Aplicações Móveis Distribuídas
LIP	<i>Learner Information Protocol</i>
LOM	<i>Learning Object Metadata</i>
LTSC	<i>Learning Technology Standards Committee</i>
ME	Módulo Educacional
MS	Módulo de Suporte
P2P	<i>Peer-to-peer</i>
PAPI	<i>Public and Private Information for Learners</i>
PDA	<i>Personal Digital Assistant</i>
RDF	<i>Resource Description Framework</i>
SCO	<i>Sharable Content Object</i>
SCORM	<i>Sharable Content Object Reference Model</i>

SHA	Sistemas de Hiper�m�dia Adaptativa
STI	Sistemas Tutores Inteligentes
W3C	<i>World Wide Web Consortium</i>
XML	<i>eXtensible Markup Language</i>

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1: Visão geral da arquitetura GlobalEdu.....	47
Figura 3.2: Modelo de Execução do GlobalEdu.....	51
Figura 3.3: Modelo de Comunicação do GlobalEdu	52
Figura 4.1: Ações do aprendiz.....	54
Figura 4.2: Arquitetura do AP.....	56
Figura 4.3: Modelo de Comunicação do AP.....	60
Figura 4.4: Diagrama de Seqüência – Aprendiz busca outros aprendizes	61
Figura 4.5: Modelo de classes do AP.....	61
Figura 4.6: Integração do módulo Gerencia Perfil no GlobalEdu.....	63
Figura 4.7: Interação do módulo Gerencia Conteúdo no GlobalEdu	65
Figura 4.8: Modelo Conceitual da Camada de Sistema.....	66
Figura 5.1: Ontologia <i>ContextRegion</i>	71
Figura 5.2: Ontologia <i>Personal_Information</i>	72
Figura 5.3: Ontologia <i>PhysicalContext</i>	73
Figura 5.4: Instância da classe <i>GeographicRegion</i> Unilasalle	74
Figura 5.5: Integração do módulo Gerencia Contexto no GlobalEdu	74
Figura 5.6: Funcionalidades do ME Gerencia Contexto.....	75
Figura 5.7: Descrição do cenário 1	75
Figura 5.8: Classe <i>MyFactory</i> de manipulação do Contexto Localização.....	76
Figura 5.9: Diagrama de Atividades: entrada na Biblioteca	77
Figura 5.10: Classes de relacionamento de aprendizes.....	78
Figura 5.11: Classe de relacionamento de aprendizes com o contexto localização	79
Figura 5.12: Classe <i>ContextSocialInformation</i>	80
Figura 5.13: Conversa entre APs.....	80
Figura 5.14: Contexto Físico	81
Figura 6.1: Classe <i>Actions</i>	83
Figura 6.2: Método <i>sendMessage</i> da classe <i>CommunicationImplAP</i>	84
Figura 6.3: Envio de informações para a camada de sistemas	84
Figura 6.4: Parte do método <i>composeMessage</i> da classe <i>Actions</i>	85
Figura 6.5: Método <i>readResponse</i> da classe <i>Actions</i>	85
Figura 6.6: parte do método <i>processMessage</i> da classe <i>CommunicationImplAP</i>	86
Figura 6.7: Modo de visibilidade: visão PDA (à esquerda) e <i>desktop</i> (à direita).....	86
Figura 6.8: AP – visão PDA (à esquerda) e <i>desktop</i> (à direita).....	87
Figura 6.9: Menu “Minhas informações”.....	87
Figura 6.10: Edição de informações do perfil do aprendiz	88
Figura 6.11: Interface de bate-papo com o aprendiz: visão PDA (à esquerda) e <i>desktop</i> (à direita)	88
Figura 6.12: Descrição do cenário 2	89
Figura 6.13: Notificação de entrada de aprendiz no contexto.....	89

Figura 6.14: Entrada da aprendiz Cássia no Contexto.....	90
Figura 6.15: Busca de informações de Contexto Região	90
Figura 6.16: Gerando o contexto adaptado ao perfil do aprendiz	90
Figura 6.17: Método <i>talk()</i> para conversa via Chat entre APs	91
Figura 6.18: GlobalEdu e ISAM.....	93
Figura 6.19: Arquivo de inicialização da aplicação.....	94
Figura 6.20: Classe GRADEp para comunicação	94
Figura 6.21: Análise das avaliações quanto às informações de contexto (ISAM)	95
Figura 6.22: Análise das avaliações quanto aos objetivos do GlobalEdu (ISAM).....	97
Figura 6.23: LOCAL X GlobalEdu	98
Figura 6.24: Análise das avaliações quanto às informações de contexto (LOCAL)	99
Figura 6.25: Análise das avaliações quanto aos objetivos do GlobalEdu (LOCAL)	99
Figura 6.26: Avaliação da adaptação à interface.....	100
Figura 6.27: Avaliação quanto à interação com outros usuários em uma localização .	100
Figura 7.1: Arquitetura do CLUE.....	107
Figura 7.2: Arquitetura LIP	109

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Dimensões do contexto na Educação Ubíqua	36
Tabela 3.1: Perfil de aprendiz no GlobalEdu	40
Tabela 3.2: Objetos de Aprendizagem no GlobalEdu	43
Tabela 3.3: Contexto Região no GlobalEdu.....	45
Tabela 3.4: Modelo de contexto físico.....	46
Tabela 3.5: Elementos da Educação Ubíqua X GlobalEdu.....	48
Tabela 3.6: Concepções quanto aos elementos da Educação Ubíqua X GlobalEdu	49
Tabela 7.1: Comparativo entre os projetos.....	104
Tabela 7.2: Comparativo entre os projetos.....	110

RESUMO

A Educação Ubíqua, tema de pesquisa desta tese, tem como objetivo relacionar os aprendizes com o ambiente em seu entorno, formando uma rede virtual e real de pessoas, objetos e situações, auxiliando para uma aprendizagem contínua, contextualizada e significativa. A consciência do contexto do aprendiz constitui-se do elemento fundamental neste tipo de educação. A partir das pesquisas realizadas, concluiu-se que, atualmente, os ambientes virtuais de suporte à Educação Ubíqua possuem um contexto de atuação específico ou localizado, além de um ambiente computacional próprio. Desta forma, o problema de pesquisa desta tese consiste em identificar os elementos básicos necessários para auxiliar uma aprendizagem independente de lugar, de tempo, do contexto em que ela ocorre e do ambiente computacional de suporte. A partir desses aspectos, esta tese aborda a hipótese de que o desenvolvimento de um ambiente educacional ubíquo deve ser apoiado por mecanismos computacionais pró-ativos, providos por um ambiente de suporte à ubiqüidade, que possibilite perceber o contexto do aprendiz e o uso de diversas tecnologias de acesso. Cabe ao ambiente educacional adaptar os recursos disponíveis, levando em consideração a dinamicidade com que eles se alteram, de forma contínua e transparente, criando um ambiente propício para a aprendizagem.

Desta forma, este trabalho propõe um modelo de Educação Ubíqua orientado à consciência do contexto do aprendiz denominado GlobalEdu. Neste, o aprendiz tem a possibilidade de aprender de forma contínua e integrada com o seu contexto. O GlobalEdu provê uma organização em camadas. A camada de Aplicação é representada por um Agente Pedagógico, cujo objetivo é auxiliar a interação do aprendiz no ambiente. A camada de Sistema constitui-se de um conjunto de módulos Educacionais e de Suporte, necessários para auxiliar no processo educacional do aprendiz no ambiente, manipulando o contexto do aprendiz, seu perfil e seus conteúdos, além de elementos que auxiliem a execução do agente e dos recursos que ele manipula.

As principais contribuições dessa tese consistem em aprofundar os aspectos referentes à consciência do contexto do aprendiz, bem como a proposta e desenvolvimento do modelo e sua integração com ambientes de suporte à Computação Ubíqua. Além disso, a partir de uma ontologia para representação de contexto, o modelo permite o mapeamento de contextos diversos. A partir da avaliação do sistema, identificou-se a importância do ambiente educacional preocupar-se com os processos educacionais, enquanto o ambiente computacional suporta os elementos necessários para prover à consciência do contexto e os demais aspectos relacionados à ubiqüidade.

Palavras-Chave: Educação Ubíqua, Consciência do Contexto do Aprendiz, Computação Ubíqua.

Ubiquitous Learning Model Addressed to Learner's Context-Aware

ABSTRACT

This research is about Ubiquitous Learning. The idea of ubiquitous learning is to create a network of devices, people and situation that allows learning experiences to play out. The learner's context-aware is a fundamental element of this type of education. Thus, the ubiquitous learning environment supports omnipresence processes, learner autonomy and integration with learner's surrounding environment. The current related works are oriented for specific contexts. We are investigating what subset of functionality is required for to provide learning can occur anywhere, anytime, with continued computing support and no-specific computational environment. Our hypothesis is that it is possible to develop ubiquitous learning environment using ubiquitous computing support, because this type of computing can provide the context aware characteristics and support several access technologies. With this, the learning environment provides continuous learning resources, creating a propitious environment for the learning.

This work proposes a ubiquitous learning model addressed to learner's context-aware called GlobalEdu. This model supports learning on ubiquitous computing environments. It is composed by Pedagogical Agent, Educational Services and Support Services. The Pedagogical Agent is an agent that runs in the device that the learner is using, assisting the educational process in the ubiquitous environment. It contains an interface to the Educational Services and provides a ubiquitous vision through ubiquitous environment. The Educational Services and Support Services provide the support to agent execution in the ubiquitous environment, through identification and adaptation of resources in agreement with the learner's profile and learner's context.

The main contributions of this work are concentrated in the surrounding context of the learner. An ontology for context representation was proposed. Moreover, it was proposed a ubiquitous learning model and its integration with a ubiquitous environment. We concluded that the integration of learning environment and ubiquitous environment is important. The ubiquitous environment supports context information and others ubiquitous aspects while the learning environment is dedicated to the educational process.

Keywords: Ubiquitous Learning, Learner's Context-Aware, Ubiquitous Computing

1 INTRODUÇÃO

Atualmente vivenciamos uma mudança de paradigma na computação. Os sistemas computacionais precisam adaptar-se a uma computação altamente dinâmica, onde o ambiente está em constante mudança em função da mobilidade do usuário portanto dispositivos móveis e acessando recursos através das tecnologias de rede sem fio. Aliado a isso, tem-se a co-existência de diversos dispositivos e redes de comunicação, integrando tecnologias estáticas e dinâmicas.

Neste cenário, a Computação Ubíqua (*Ubiquitous Computing*) (WEISER, 1991) surge como um modelo computacional que tem o objetivo de atender pró-ativamente às necessidades dos usuários, atuando de forma invisível (*background*) para este, com integração contínua entre tecnologia e ambiente de modo a auxiliar o usuário em suas tarefas cotidianas. Nesse modelo, as aplicações do usuário estão sempre disponíveis, em qualquer lugar onde este se encontre, a qualquer tempo, mantendo o acesso à rede de interconexão e a seu ambiente computacional, independente de dispositivo ((SATYANARAYANAN, 2001), (SAHA, 2003), (AUGUSTIN, 2004), (YAMIN, 2004)). Assim, as novas tecnologias vêm permitindo o desenvolvimento de sistemas ubíquos conscientes da localização do usuário e do contexto onde estão inseridos, tirando vantagem desta informação para configurar-se dinamicamente de um modo distribuído, adaptando-se as necessidades do usuário. A consciência do contexto nesse tipo de sistema é fator essencial. Segundo Dey (1999) “contexto é qualquer informação que pode ser usada para caracterizar a situação de uma entidade. Uma entidade é uma pessoa, um lugar ou um objeto que é considerado relevante para a interação entre o usuário e uma aplicação, incluindo o próprio usuário e a própria aplicação.”

Para prover esse novo modelo computacional, a Computação Ubíqua utiliza tecnologias como a computação distribuída (COULOURIS, 2005), computação móvel (SATYANARAYANAN, 1996), consciente da localização (HIGHTOWER, 2001) e consciente do contexto (DEY, 1999). Segundo Satyanarayanan (2001), a Computação Ubíqua integra estes modelos já presentes no cenário computacional. Essas tecnologias, aliadas a consolidação de padrões de interconexão sem fio ((BLUETOOTH, 2006), (WIFI, 2006)), estão tornando viável o cenário de ubiçuidade global. Assim, aplicações podem explorar tanto informações explícitas fornecidas pelo sistema, como também informações implícitas provenientes do contexto e seus usuários.

Em face deste novo cenário computacional, os ambientes virtuais de educação precisarão evoluir para um novo modelo, suportando processos educacionais em qualquer lugar e tempo, de forma integrada ao contexto, tanto virtual quanto real, do aprendiz. Esse novo modelo educacional denomina-se Educação Ubíqua (*Ubiquitous Learning*) ((OGATA, 2004), (ROGERS, 2005)), tema de pesquisa desta Tese.

1.1 Tema de Pesquisa

Essa Tese tem como tema de pesquisa a Educação Ubíqua, conceituada nesta Tese como um processo que ocorre em qualquer tempo e lugar, de forma contínua, contextualizada e integrada ao cotidiano do aprendiz¹. Portanto, a essência da Educação Ubíqua está em perceber o conhecimento presente no dia-a-dia das mais diferentes formas e em diferentes locais, relacionando esse conhecimento com os processos educacionais direcionados ao aprendiz. As pesquisas em Educação Ubíqua buscam ainda definições e modelos que suportem o uso destas novas tecnologias na educação, considerando um cenário ubíquo ((SAKAMURA, 2005), (SCHMIDT, 2005), (THOMAS, 2005), (YANG, 2006)). Esse cenário vem permitindo que os ambientes virtuais de educação possam considerar a mobilidade do aprendiz em uma rede global, bem como a informação presente nos diversos locais onde o aprendiz se encontra (contexto). Com isso, torna-se possível o uso desses elementos como instrumentos para promover a aprendizagem do aprendiz (BARBOSA, D. 2005b).

Entende-se que os ambientes virtuais de suporte à Educação Ubíqua devem conter elementos que permitam que os processos de ensino e aprendizagem ocorram de forma onipresente, garantindo a permanência do processo, a autonomia do aprendiz e sua integração com o contexto em seu redor. Analisando estes aspectos e os trabalhos em desenvolvimento na área, conclui-se que os ambientes educacionais, face ao cenário da computação atual, precisam evoluir no suporte à ubiqüidade, agora fortalecido pela mobilidade, tanto das aplicações quanto dos aprendizes.

Esse novo cenário educacional é aberto, dinâmico e adaptável. Os recursos educacionais são decididos dinamicamente e, principalmente, não ficam mais restritos a planos formais e espaços específicos. Ao contrário, a educação é apoiada em um processo de crescimento, consciente dos elementos de contexto que envolve o aprendiz e no qual esse tem a oportunidade de decidir sobre suas necessidades, de forma autônoma. Nesse modelo, todo o contexto dinâmico do aprendiz pode ser vinculado com seus objetivos educacionais. Conforme os objetivos pedagógicos do aprendiz, o ambiente educacional deve auxiliar questões do tipo: "um conteúdo/pessoa/evento que se relaciona com seu objetivo está disponível para você agora (contexto)". Assim, é fundamental a personalização baseada no conhecimento do aprendiz, no ambiente que o envolve, e em como ele se relaciona com o ambiente, adaptando com isto processos e recursos educacionais.

A partir das pesquisas realizadas, constatou-se que os ambientes virtuais de aprendizagem atualmente disponíveis, tais como os apresentados em (LUCENA, 1999), (LUCINA, 1999), (ADAPTWEB, 2001), (BEHAR, 2001), (GEYER, 2001), (ELENA, 2004), (SELENE, 2004), (TELEDUC, 2004) e (WEBCT, 2004), não levam em consideração a mobilidade e as características do contexto do aprendiz no processo educacional. Em função da complexidade inerente ao ambiente ubíquo, entende-se que os processos educacionais no cenário da Educação Ubíqua devem ser apoiados por um ambiente computacional com suporte a elementos da Computação Ubíqua. Portanto, percebe-se a falta de uma proposta de sistema educacional que suporte à educação considerando um sistema de computação ubíquo. Um sistema educacional neste cenário

¹ Essa Tese utiliza o termo “aprendiz” pois entende o indivíduo como capaz de aprender “sempre” e em “qualquer tempo”, levando em consideração objetivos educacionais a serem atingidos. Esta autora considera que o termo “aluno” conduz a idéia da existência de um curso ou de um processo formal que envolve “aluno e professor”.

deve possuir consciência da mobilidade, da heterogeneidade e do dinamismo do contexto, agindo assim de forma pró-ativa no aproveitamento das oportunidades educacionais que surgem.

Assim, essa Tese apresenta o GlobalEdu ((BARBOSA, D. 2005a), (BARBOSA, D. 2006a), (BARBOSA, D. 2006b)), um modelo de Educação Ubíqua orientado à consciência do contexto do aprendiz. Esse, usando os recursos do sistema, tem a possibilidade de aprender de forma contínua e integrada com o seu contexto. O GlobalEdu tem como principais elementos um Agente Pedagógico (BARBOSA, D. 2005b) e um conjunto de Módulos Educacionais e de Suporte. O agente acompanha o aprendiz, estando presente nos dispositivos de acesso utilizados. Os Módulos gerenciam os elementos necessários para prover processos de aprendizagem e a interação. A integração dos processos de ensino e de aprendizagem com o contexto e a mobilidade do aprendiz constitui-se de elemento fundamental na educação em um cenário ubíquo. Em função disso, esses elementos são abordados em profundidade nessa Tese.

1.2 Motivação

Para Satyanarayanan (2001), Saha (2003) e Coulouris (2005) Computação Ubíqua e Computação *Pervasiva* (*Pervasive Computing*) são sinônimos. No entanto, autores como Augustin (2004) e Yamin (2004), por exemplo, defendem a distinção entre os modelos. Para eles, os termos não são exatamente sinônimos, e sim propostas diferentes para uma ascensão futura da computação emergindo na Computação Ubíqua. Segundo Augustin, “os dispositivos computacionais disponíveis atualmente ainda necessitam de interações manuais do usuário para execução de tarefas desejadas pelo mesmo, aspecto que interfere na implantação de projetos ubíquos”. Portanto, conforme os autores, a necessidade da interação do usuário restringe a invisibilidade da computação (computação atuando em *background*). Nesta tese, entende-se que esse fato não interfere na implantação de sistemas ubíquos. Embora o momento tecnológico atual ainda restrinja a questão da invisibilidade da computação, é possível um nível de ubiqüidade onde ainda é necessária a interação do usuário, portanto, não totalmente invisível. Porém, elementos como consciência do contexto e da mobilidade do usuário já são perfeitamente suportados pelas tecnologias atuais. Com isso, é possível que a computação se ajuste a sua necessidade e atue de forma pró-ativa, considerando as restrições tecnológicas vigentes.

Assim, nesse trabalho adota-se o termo Computação Ubíqua. Esta pesquisadora entende que o desenvolvimento das pesquisas na área atualmente, já está possibilitando que os sistemas computacionais atuem de forma pró-ativa e com um certo grau de invisibilidade para o usuário, integrando a tecnologia e o ambiente.

Sistemas para suporte à Computação Ubíqua estão sendo propostos em nível acadêmico, com diferentes perspectivas, tais como os projetos Aura (GARLAN, 2002), Gaia (ROMAN, 2002), One.World (GRIMM, 2004) e Oxygen (OXYGEN, 2005). No Brasil, algumas pesquisas também estão em desenvolvimento, tais como os projetos ISAM ((AUGUSTIN, 2004), (YAMIN, 2004)), MoCA (SACRAMENTO, 2004) e PHolo (BONATTO, 2005). O projeto ISAM propõe alternativas para desenvolvimento e execução de aplicações *pervasivas* que operem em um ambiente de mobilidade em larga escala. A arquitetura permite que as aplicações obtenham informações do ambiente no qual estão executando e reajam de maneira adaptativa, possibilitando a alteração do comportamento conforme modificações no ambiente. Salienta-se novamente que os

autores utilizam termo *pervasivo* e não ubíquo. Segundo eles, *Pervasive Computing* e *Ubiquitous Computing* são termos distintos, onde a *Pervasive Computing*, associada a outras tecnologias como a computação de vestir (*Wearable Computing*) e redes inteligentes, convergirá para a *Ubiquitous Computing*. O projeto MoCA é uma arquitetura de suporte ao desenvolvimento de aplicações distribuídas sensíveis ao contexto, que envolvem dispositivos móveis interconectados através de redes *wireless* LAN infra-estruturadas. O projeto PHolo propõe uma arquitetura para suporte à execução de aplicações *pervasivas* no ambiente holoparadigma.

Esse desenvolvimento tecnológico e as mudanças nos paradigmas computacionais favorecem o desenvolvimento de várias áreas do conhecimento, dentre essas a Educação. A Internet favoreceu o desenvolvimento de um amplo conjunto de soluções para o apoio a aprendizagem e o desempenho dos aprendizes através de ambientes virtuais de aprendizagem. Em função da complexidade do processo de ensino e aprendizagem no cenário virtual, sistemas capazes de identificar o perfil cognitivo e de aprendizagem do aprendiz foram criados, tais como os propostos em (BRUSILOVSKY, 1996a), (SOUZA, F.1997), (DAMICO,1999), (ADAPTWEB, 2001), (GEYER, 2001), (COCCO, 2004).

Da mesma forma, as possibilidades oriundas das tecnologias da Computação Ubíqua, vem permitindo o desenvolvimento de sistemas que suportem processos educacionais em qualquer lugar, a qualquer tempo, de forma integrada ao dia-a-dia do aprendiz - a chamada Educação Ubíqua ((OGATA, 2004), (ROGERS, 2005), (SAKAMURA, 2005), (SCHMIDT, 2005), (THOMAS, 2005), (YANG, 2006)).

Yuh-Shyan Chen (2002) destaca que o imediatismo inerente ao processo deverá garantir que a informação esteja disponível ao aprendiz quando este necessitar. As possibilidades de interatividade serão fortalecidas, permitindo a troca de informações em pares, em grupos, com professores, com outros aprendizes, etc. Isto é, a disseminação das tecnologias permitirá que mais pessoas interajam em processos de ensino e de aprendizagem. Finalmente, destaca que, cada vez mais, o processo educacional ocorrerá de maneira onipresente: o ensinar e o aprender ocorrerão a qualquer lugar e hora.

Ogata (2004), baseado na proposta de comparação de sistemas de Computação Ubíqua apresentado por Lytinen (2002), estabelece uma comparação entre os diversos ambientes direcionados à Educação Ubíqua, começando por sistema de suporte à educação baseados em *desktop* até sistemas ubíquos, analisando o nível de integração ao ambiente (*embeddedness*) e à mobilidade. Segundo o pesquisador, a aprendizagem em um ambiente ubíquo não é suportada considerando somente sistemas baseados em *desktop*, pois esse modelo possui um baixo nível de integração com o ambiente real e de mobilidade. Já na aprendizagem com mobilidade os aprendizes têm a capacidade de se moverem fisicamente utilizando recursos e acessando informação. Trabalhos como os propostos em (FAGERBERG, 2002), (HOLMES, 2002), (COATTA, 2003), (DAGGER, 2003), (TATAR, 2003), (TOIVONEN, 2003), (PRICE, 2004), (ROSHELLE, 2004), (FILIPPO, 2005), (MEIRELES, 2005), (ROGERS, 2005) são exemplos do uso de dispositivos móveis (PDA, celular, *smart phones*, etc) na educação. Estes podem acessar a Internet utilizando redes sem fio, permitindo aprender a qualquer tempo e em diversos lugares. Entretanto, embora possibilite um alto grau de mobilidade, nesta situação os dispositivos não necessariamente possuem flexibilidade para obter informações sobre o contexto em que o aprendiz está inserido. Sistemas para suporte à educação *pervasiva* podem obter informações sobre o contexto em que a aprendizagem está ocorrendo. Isso é permitido através de pequenos dispositivos (sensores) que são

integrados ao ambiente e se comunicam mutuamente. Ainda segundo Ogata (2004), ambientes de educação *pervasiva* possuem um alto grau de integração com os elementos do contexto. Em função disso, a mobilidade é restrita, visto que esse modelo exige grande integração do sistema com sensores ao seu redor, dependendo bastante da localização do aprendiz. Em contrapartida, um sistema de suporte à Educação Ubíqua integra o alto nível de mobilidade com a alta integração com os elementos do ambiente (*pervasivo*), possuindo, portanto, suporte à mobilidade, consciência do contexto e da localização, suportando processos educacionais do ponto de vista ubíquo.

Através do trabalho de Ogata (2004), observa-se educação *pervasiva* e ubíqua como termos distintos. Já Thomas (2005) conceitua educação *pervasiva* como a educação que usa tecnologias onipresentes no cotidiano do aprendiz, possibilitando a aprendizagem a qualquer lugar e tempo. A idéia é criar uma rede de dispositivos, pessoas e situações que possibilitem que a educação ocorra de forma integrada e contínua (*always on*). Considerando que o termo ubíquo refere-se a algo “que está ou pode estar em todo lugar ao mesmo tempo; onipresente” (MICHAELIS, 1998), percebe-se que a definição de Thomas para educação *pervasiva* está mais apropriada para Educação Ubíqua. Hill (2000) e Yuh-Shyan Chen (2002) usam o termo Educação Ubíqua e confirmam a idéia de que em um ambiente educacional com suporte à ubiqüidade os processos educacionais podem ocorrer a qualquer tempo e lugar, de forma contínua e adaptada ao aprendiz e ao seu contexto.

Esse trabalho usa o termo Educação Ubíqua e a conceitua como um processo que ocorre em qualquer tempo e lugar, de forma contínua, contextualizada e integrada ao cotidiano do aprendiz. Assim, um ambiente computacional de suporte à Educação Ubíqua deve auxiliar processos de ensino e aprendizagem de forma onipresente, garantindo a permanência do processo, a autonomia do aprendiz e sua integração com o contexto em seu redor.

1.3 Problema de Pesquisa

Os ambientes virtuais de aprendizagem, tais como Estúdio@Web (LUCENA, 1999), AulaNet (LUCINA, 1999), Rooda (BEHAR, 2001), TELEDUC (2004), WEBCT (2004), ELENA (2004) e SeLeNe (2004) são voltados para arquiteturas estáticas (computação baseada em *desktop*). Essa característica é presente também nos sistemas capazes de identificar o perfil cognitivo e de aprendizagem do aprendiz, como os propostos em (BRUSILOVSKY, 1996a), (SOUZA, F. 1997), (DAMICO, 1999), (ADAPTWEB, 2001), (GEYER, 2001), (COCCO, 2004). Estes ambientes não consideram as possibilidades e potencialidades advindas dos elementos da Computação Ubíqua. Em especial, o processo educacional nesse modelo é dissociado da mobilidade do aprendiz e do ambiente real que o envolve (contexto).

Em outros ambientes, destaca-se o uso de dispositivos móveis para suporte aos processos de ensino e de aprendizagem (ROSCHELLE, 2002), não considerando consciência do contexto e da localização do aprendiz. Esses elementos são aprofundados em trabalhos como os propostos em (TOIVONEN, 2003), (SCHMIDT, 2005) e (YANG, 2006). Em Toivonen (2003), as apresentações de conteúdo e de mensagens são adaptadas em função do contexto dos aprendizes móveis. O contexto, neste caso, representa informações relacionadas à descrição de tempo (dia, noite), localização, aspectos sociais e características dos dispositivos. Schmidt (2005) usa ontologias para representar contexto, onde o foco é o contexto social e de trabalho do aprendiz, aliado a questões relacionadas a dispositivos. Com isso, adapta a

apresentação dos recursos educacionais. Já Yang (2006) considera como elementos de contexto o perfil, preferências, compromissos e a localização do aprendiz. Da mesma forma, tem como objetivo oferecer recursos personalizados ao aprendiz.

Ambientes para suporte à Educação Ubíqua, tais como os propostos por Ogata (2004), Rogers (2005) e Sakamura (2005), são voltados para um domínio específico e não consideram acesso ao sistema de forma global. Isto é, esses ambientes são projetados para ambientes específicos, não podendo ser acessados de qualquer lugar. Ogata (2004) descreve um sistema de compartilhamento de conhecimento e de colaboração em um contexto ubíquo controlado, voltado para o ensino da língua japonesa. Rogers (2005) apresenta um sistema direcionado ao ensino de botânica, que identifica, através de sensores, árvores no bosque de um campus. Ao caminhar pelo bosque, as informações são acessadas através de dispositivos móveis, levando em consideração seus interesses pelo tema. Já Sakamura (2005) apresenta um ambiente para suporte à Educação Ubíqua considerando uma infra-estrutura computacional específica. Essa tecnologia consiste em sensores e um sistema operacional dedicado denominado TRON (*The Real Time Operation System*). A partir de dispositivos móveis, os sensores do ambiente são percebidos e as informações são enviadas aos aprendizes de acordo com seu interesse.

Analisando este cenário e levando em consideração as características expostas por Yuh-Shyan Chen (2002), percebe-se que consciência do contexto e interatividade com elementos não computacionais são tratados pelos trabalhos apresentados considerando cenários de atuação específicos. Em ambientes abertos, que suportam processos educacionais independentes de domínio, como Elena (2004) e SeLeNe (2004), por exemplo, o processo educacional é desassociado da mobilidade do aprendiz e do ambiente real que o envolve (contexto). Embora o trabalho de Ogata (2004) comporte consciência do contexto do aprendiz, é direcionado para um foco e dispositivo específico, sem considerar o acesso a qualquer tempo e local de forma global.

Analisando estes aspectos, conclui-se que os ambientes educacionais necessitam elementos para prover suporte à educação em um cenário ubíquo. Os atores desse novo cenário passam para um processo educacional aberto, dinâmico e adaptável. Os recursos educacionais são decididos dinamicamente e, principalmente, não ficam mais restritos a planos formais e espaços específicos. Ao contrário, a educação é apoiada em um processo de crescimento, consciente dos elementos de contexto que envolve o aprendiz e no qual esse tem a oportunidade de decidir sobre suas necessidades, de forma autônoma. Assim, é importante que os sistemas computacionais ubíquos tenham como foco os elementos de apoio a esse cenário.

Esta pesquisadora entende que os ambientes educacionais ubíquos devem abstrair os aspectos relacionados ao suporte tecnológico para ubiqüidade. Com isso, da mesma forma que os ambientes virtuais de educação atuais usam os recursos da Internet para seu desenvolvimento, preocupando-se em auxiliar aos processos de ensino e de aprendizagem, os ambientes de suporte à Educação Ubíqua precisam considerar um ambiente computacional também ubíquo. Portanto, entende-se que as propostas atuais para suporte à Educação Ubíqua são limitadas, visto que são voltadas para ambientes específicos, em função da necessidade de fornecer o ambiente de execução necessário para prover a ubiqüidade. Para solução dessa questão, entende-se que os sistemas de educação ubíquos devem preocupar-se com os aspectos relacionados ao suporte educacional deixando o suporte à execução para o ambiente computacional ubíquo.

Assim, o problema de pesquisa² dessa Tese consiste em identificar os elementos básicos necessários para que o aprendiz possa aprender independentemente de lugar e tempo, consciente do contexto real em que a aprendizagem ocorre, considerando um ambiente computacional com suporte à ubiqüidade. A partir disso, alguns questionamentos são possíveis:

- Como possibilitar que o processo educacional seja contínuo e persistente e que o acesso aos recursos educacionais e a obtenção de informações sejam feitos de forma adaptada e imediata?
- Como definir o contexto que envolve o aprendiz, identificando recursos e atores envolvidos, relacionando estes aspectos com seus objetivos de aprendizagem?
- Que recursos educacionais, modelos de aprendiz e de contexto devem ser utilizados e como devem ser representados, para auxiliar este novo modelo educacional?

1.4 Hipótese de Trabalho

A análise das questões abordadas anteriormente conduz à hipótese³ de que o desenvolvimento de um ambiente educacional ubíquo deve ser apoiado por mecanismos computacionais pró-ativos, providos por um ambiente de suporte à ubiqüidade, que possibilite perceber o contexto do aprendiz e o uso de diversas tecnologias de acesso. Cabe ao ambiente educacional adaptar os recursos, levando em consideração a dinamicidade em que eles se alteram, de forma contínua e transparente, criando o ambiente propício para a aprendizagem do aprendiz. Portanto, em função da complexidade inerente ao ambiente ubíquo, é necessário considerar uma Computação Ubíqua suportando os elementos necessários para o ambiente educacional.

Levando em consideração as características da Educação Ubíqua descritas em Yuh-Shyan Chen (2002), Thomas (2005) e Yang (2006), essa tese considera que os ambientes educacionais voltados para Educação Ubíqua devam dar suporte, pelo menos, os seguintes elementos:

- **Mobilidade do aprendiz e acesso aos recursos educacionais:** os sistemas educacionais devem considerar a mobilidade do aprendiz através de vários contextos, acessando recursos educacionais. Esses devem estar acessíveis de qualquer lugar, disponíveis em vários formatos, considerando a heterogeneidade de dispositivos e redes de comunicação;
- **Consciência do ambiente que envolve o aprendiz:** a mobilidade do aprendiz traz a possibilidade de aprendizado em diferentes cenários e situações, onde diferentes recursos e oportunidades podem estar disponíveis (contexto). Para isso os sistemas devem dar suporte a consciência do aprendiz, agindo pró-ativamente, sugerindo e indicando

² Marconi e Lakatos (2006) definem Problema de Pesquisa como “uma dificuldade, teórica ou prática, no conhecimento de alguma coisa de real importância, para qual se deve encontrar uma solução”.

³ Para Marconi e Lakatos (2006, pág. 28) hipótese é “uma proposição que se faz na tentativa de verificar a validade de resposta existente para um problema”.

elementos presentes no cenário em tempo real e que são de interesse dele. Com isto o processo educacional ocorre de forma contextualizada, permitindo o relacionamento de informações do contexto (por exemplo, um evento que está ocorrendo no local que o aprendiz se encontra) com seus objetivos educacionais do aprendiz (ele pode estar interessado no tópico do evento);

- **Adaptação:** os processos educacionais são dinâmicos, uma vez que as necessidades educacionais mudam em função dos objetivos a serem atingidos. Além disso, a mobilidade e a possibilidade de acesso aos recursos utilizando diferentes tecnologias pressupõem a adaptação destes recursos à tecnologia. Desta forma, é necessário conhecer o perfil do aprendiz e o ambiente que o envolve. Conhecer suas preferências, modelos de aprendizagem, os ambientes que acessa e os recursos tecnológicos utilizados são fatores importantes. Assim, é importante que os processos educacionais levem em consideração os objetivos pedagógicos e o contexto em que se encontra o aprendiz;
- **Permanência do processo educacional:** o aprendiz tem a capacidade de se mover entre vários ambientes, aprendendo de forma constante, independente de onde esteja. Desta forma, é importante identificar esta mobilidade e permitir que elementos em uso pelo aprendiz, para construção de sua aprendizagem, o acompanhem em seu percurso, de forma adaptada, mantendo a continuidade do processo.

Considerando as pesquisas realizadas, percebe-se a necessidade de ambientes de Educação Ubíqua que integrem os aspectos acima citados, suportando a aprendizagem de temas diversos, considerando o acesso a uma rede global e heterogênea.

1.5 Objetivos

Considerando o problema de pesquisa e a hipótese apresentada, o objetivo desse trabalho é propor um modelo direcionado à consciência do contexto do aprendiz para suporte à aprendizagem ubíqua, considerando um ambiente computacional ubíquo.

Assim, o GlobalEdu (*Global Education*) (BARBOSA, D. 2005a), (BARBOSA, D. 2006a), (BARBOSA, D. 2006b), é um modelo de suporte à Educação Ubíqua voltado ao objetivo desta Tese, onde a consciência do contexto do aprendiz, elemento importante para suporte à Educação Ubíqua, é abordada em profundidade. Como objetivos específicos, pode-se destacar:

- **Especificação e desenvolvimento de um agente pedagógico no contexto da Educação Ubíqua.** Entende-se que o cenário da Educação Ubíqua é amplo e bastante heterogêneo, sendo, portanto, desejável que o aprendiz tenha instrumentos que auxiliem nos processos educacionais. Este é o objetivo do Agente Pedagógico - AP, como um agente que acompanha o aprendiz, independente do dispositivo de acesso às informações educacionais (*desktop*, celular, *handhelds*, etc). À medida que o aprendiz se move entre contextos diferentes, o AP move-se com ele, apresentando os recursos educacionais conforme o perfil do aprendiz;
- **Proposta de um conjunto de funcionalidades computacionais que apoiem os processos educacionais considerando um sistema**

computacional ubíquo. Entende-se também que o ambiente ubíquo deve ser implícito, do ponto de vista do aprendiz. Assim, os Módulos Educacionais (ME) e Módulos de Suporte (MS) consistem em um conjunto de funcionalidades executam em uma arquitetura ubíqua. Eles servem como interface entre o ambiente de execução e o Agente Pedagógico (AP), manipulando questões relacionadas ao modelo de aprendiz, conhecimento e contexto, além de funcionalidades de suporte à execução do AP;

- **Consciência do Contexto do aprendiz:** A mobilidade do aprendiz torna possível conhecer e descobrir informações sobre os locais onde ele está (contexto), tais como pessoas, recursos disponíveis, eventos e situações que estão ocorrendo. O sistema deve ter a capacidade de relacionar estas informações com o modelo do aprendiz, inferindo alterações nesse modelo e auxiliando na interação com o contexto.

1.6 Metodologia

A pesquisa aqui apresentada possui uma natureza aplicada, abordando o problema de forma qualitativa, utilizando o método de estudo de caso como forma de avaliação do trabalho desenvolvido.

Uma pesquisa aplicada caracteriza-se pelo seu interesse prático e a utilização na solução de problemas que ocorrem na realidade (MARCONI, 2006). Essa Tese caracteriza-se como pesquisa aplicada pois tem um interesse no desenvolvimento de um ambiente educacional que seja utilizado para suporte à Educação Ubíqua.

Uma pesquisa qualitativa, segundo Köche (1997), se preocupa com aspectos da realidade que não podem ser quantificados, centrando-se na dinâmica das relações sociais, e que não podem ser reduzidos à operacionalização de variáveis. Essa Tese adota uma abordagem qualitativa pois o processo educacional ubíquo não é analisado sob o prisma de vista estatístico ou matemático, e sim considera que há uma relação dinâmica entre o mundo real e o aprendiz, dificilmente traduzido em números.

O estudo de caso caracteriza-se, segundo Yin (1989), “de uma inquirição empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de um contexto da vida real”. Essa técnica pode envolver o estudo profundo de um ou poucos objetos de pesquisa, permitindo o seu amplo e detalhado conhecimento (MARCONI, 2006). Em função da amplitude do tema desta Tese, a consciência do contexto e da mobilidade do aprendiz é abordada em profundidade e um cenário (caso) é apresentado para avaliação da proposta.

A metodologia do trabalho envolveu etapas referentes ao estudo do referencial teórico, um modelo de ambiente, uma prototipação do sistema, a avaliação a partir de um estudo de caso e a aplicação de um questionário e uma análise dos resultados.

Após a motivação, apresentação do problema, hipóteses e objetivos do trabalho, foi realizado um estudo envolvendo um referencial teórico. Esse tem como objetivo apresentar as tecnologias computacionais que apóiam os processos de ensino e de aprendizagem em ambientes de Educação Ubíqua, bem como os pressupostos pedagógicos que orientam estes ambientes. Além disso, apresenta pesquisas relacionadas com o tema.

A análise comparativa dessas permitiu identificar elementos de pesquisa em aberto e sua incorporação na solução do problema apresentado nessa Tese. A partir disso, um

modelo de arquitetura educacional para suporte à Educação Ubíqua, considerando um ambiente computacional com suporte à ubiqüidade foi proposto e apresentado.

Considerando o escopo abrangente do tema, a consciência do contexto foi aprofundada. Um protótipo do sistema foi desenvolvido, considerando dois ambientes de suporte à execução. Em cada um deles, um estudo de caso a partir de um cenário foi realizado, com o objetivo de identificar as contribuições e limitações do trabalho.

Seguindo a metodologia de Estudo de Caso (MARCONI, 2006), um questionário foi aplicado com objetivo de coletar dados para posterior análise qualitativa dos resultados obtidos, permitindo avaliar o modelo proposto. Finalmente, os resultados foram analisados e as contribuições do trabalho, em geral, foram apresentadas.

1.7 Histórico de Inserção da Tese

Os trabalhos desenvolvidos no contexto do Grupo de Pesquisa em Processamento Paralelo e Distribuído⁴ influenciaram o desenvolvimento dessa Tese. Temas como os relacionados à Inteligência Artificial Distribuída aplicada à Educação ((PEREIRA, 1999), (GEYER, 2001), (RODRIGUES, A. 2002), (COCCO, 2004)), sistemas distribuídos e paralelos ((YAMIN, 1994), (BARBOSA, J. 1996), (VARGAS, 1998), (OPERA, 1999), (APPELO, 2000)) objetos móveis ((FERRARI, 2001), (BARBOSA, D. 2002)), consciência do contexto ((GEYER, 2003), (SILVA, 2004), (FEHLBERG, 2006)) e suporte à execução de aplicações da computação *pervasiva* ((SILVA, 2003), (AUGUSTIN, 2004), (YAMIN, 2004), (COSTA, C. 2005), (FEHLBER, 2006)) formam o cenário de pesquisa onde se insere o GlobalEdu.

Esta pesquisadora, a partir de um histórico de pesquisas envolvendo sistemas distribuídos e paralelos (FERRARI, 1999) e mobilidade ((BARBOSA, J. 2001), (FERRARI, 2001)), concentrou suas pesquisas na área da Informática na Educação (RODRIGUES, O. 2001), envolvendo Sistemas Tutores Inteligentes e Sistemas Multiagentes (GEYER, 2001) além de ferramentas interativas ((MARTINS, 2003), (SGANDERLA, 2003)) e agentes pedagógicos ((SOUZA, C. 2000), (GOMES, 2005)).

Influenciada pelas pesquisas relacionadas à informática como suporte à educação, bem como as pesquisas relacionadas à Computação Ubíqua em desenvolvimento no grupo, esta autora passou a analisar o cenário das pesquisas no âmbito da Educação Ubíqua. A partir desse cenário, surge a proposta do GlobalEdu ((BARBOSA, D. 2005a), (BARBOSA, D. 2005b), (BARBOSA, D. 2006a), (BARBOSA, D. 2006b), (BARBOSA, D. 2006c), (SILVA, 2006)). As pesquisas com o GlobalEdu envolvem quatro instituições de Ensino Superior, a saber:

- Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)
- Centro Universitário La Salle (UNILASALLE)
- Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS)
- Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)

⁴ <http://saloon.inf.ufrgs.br/twiki/view/>

1.8 Organização do Texto

Esta Tese está organizada em oito capítulos. O Capítulo 1 apresentou a introdução do trabalho, sua motivação, problema, hipótese, objetivos e metodologia de pesquisa.

O Capítulo 2 apresenta os cenários que envolvem, e que motivam, o desenvolvimento de ambientes que suportem os processos educacionais em uma perspectiva ubíqua. Questões relacionadas aos novos cenários educacionais, bem como os pressupostos pedagógicos que dão embasamento ao modelo são apresentados. A importância deste capítulo está na reflexão das tecnologias que podem dar suporte à Educação Ubíqua e seu uso no GlobalEdu.

O Capítulo 3 aborda uma visão geral da arquitetura do GlobalEdu e dos seus principais elementos. A importância deste capítulo está em compreender os elementos principais que compõem a proposta e sua macro-organização.

O modelo do GlobalEdu é apresentado no Capítulo 4. Esse capítulo é importante para compreender a dimensão da infra-estrutura proposta, bem como decisões de projeto abordadas.

O Capítulo 5 apresenta o modelo da consciência do contexto do aprendiz, aspecto a ser aprofundado nessa Tese.

O Capítulo 6 apresenta o protótipo do sistema e a avaliação do sistema, considerando dois ambientes de suporte à execução. Um estudo de caso é realizado, com o objetivo de identificar as contribuições e limitações do trabalho. Um questionário é aplicado com objetivo de coletar dados para posterior análise dos resultados obtidos, permitindo avaliar o modelo proposto.

O Capítulo 7 destaca os trabalhos que serviram como referencial bibliográfico desta proposta. As pesquisas realizadas na literatura visaram o conhecimento de ambientes educacionais ubíquos e suas características. A análise das características principais dos trabalhos e uma comparação com o GlobalEdu são apresentadas.

Finalmente, o Capítulo 8 apresenta as conclusões, contribuições e trabalhos futuros.

2 EM DIREÇÃO A EDUCAÇÃO UBÍQUA

Esse capítulo apresenta as tecnologias computacionais que apóiam os processos de ensino e de aprendizagem em ambientes de Educação Ubíqua (seção 2.1), bem como os pressupostos pedagógicos que orientam estes ambientes (seção 2.2).

2.1 Aspectos Tecnológicos

Essa seção apresenta o embasamento tecnológico necessário para entendimento das tecnologias que suportam a Educação Ubíqua.

2.1.1 Em direção a Computação Ubíqua

Com o advento da Internet, surgiram várias frentes de pesquisa com o objetivo de explorar sistemas para suporte à distribuição e mobilidade, tais como as propostas em (FOSTER, 1998), (BARBOSA, J. 2001), (FERRARI, 2001), (SILVA, 2001), (ARAUJO, 2002), (GEYER, 2002), (AUGUSTIN, 2004), (YAMIN, 2004). O avanço tecnológico das redes de computadores e a alta heterogeneidade de recursos e serviços, possibilitaram o uso unificado de recursos distribuídos e interação de dispositivos conectados a redes de abrangência global (SATYANARAYANAN, 2001), (YAMIN, 2004).

Nesse cenário, para prover um serviço de melhor qualidade ao usuário, é desejável que os sistemas se ajustem, de forma a tender esse cenário. Conforme Satyanarayanan (2001), esses aspectos trazem a necessidade de fornecer aos usuários um acesso uniforme e imediato à informação, suportando, transparentemente, a execução de suas tarefas. Para dar suporte a esses aspectos tecnológicos, modelos computacionais vigentes são fundamentais, tais como os que serão abordados nas próximas seções.

2.1.1.1 *Computação em Grade*

Assim, a Computação em Grade (FOSTER, 2002) surge como uma tecnologia capaz de auxiliar os aspectos destacados em Satyanarayanan (2001). A Computação em Grade se constitui de uma infra-estrutura de Computação Distribuída ((TANENBAUM, 2002), (COULORIS, 2005)) que tem como objetivo a agregação de poder computacional formando um único ambiente computacional, atendendo problemas que exijam recursos não disponíveis em computadores individuais (FOSTER, 2002). Desta forma, um dos benefícios trazidos pela computação em grade é a possibilidade de processamento computacional em escala global (YAMIN, 2004). Esse aspecto é importante para suporte à Computação Ubíqua, principalmente considerando o conceito de “computação em qualquer lugar”.

2.1.1.2 Computação Móvel

Da mesma forma, o crescente uso das redes sem fio, vem concretizando o paradigma computacional da Computação Móvel (*Mobile Computing*), permitindo aos usuários, portando dispositivos móveis, terem acesso a serviços e dados, independente de sua localização física (SATYANARAYANAN, 1996), tendo como suporte as tecnologias de rede sem fio e sistemas distribuídos. Na maioria dos casos, os dispositivos utilizados na computação móvel possuem menor poder de processamento, comparados aos dispositivos utilizados na computação fixa. Apesar dessa limitação, o usuário tem como benefícios a possibilidade de ter acesso a suas informações a qualquer momento, independente de sua localização, considerando o limite da área de cobertura da rede de interconexão. Segundo Augustin (2004), “isto disponibiliza uma comunicação flexível entre as pessoas e facilita o acesso aos serviços de rede. A produção de software no ambiente móvel é complexa. Seus componentes são variáveis no tempo e no espaço em termos de conectividade, portabilidade e mobilidade”. Em função das características dos dispositivos e da rede de interconexão, os níveis de serviço e de disponibilidade de recursos são imprevisíveis, tornando o ambiente móvel altamente dinâmico. Ainda segundo Augustin, “esse é o grande desafio no desenvolvimento de aplicações móveis distribuídas”. Nesse sentido, algumas pesquisas ((SATYANARAYANAN, 1990), (JOSEPH, 1996), (NOBLE, 2000)), são direcionadas para o suporte do comportamento adaptativo das aplicações da Computação Móvel, abordando aspectos relacionados ao acesso a dados.

2.1.1.3 Computação Consciente do Contexto

Segundo Satyanarayanan (1996), mobilidade exige adaptabilidade. Considerando isso, a adaptação emerge como um elemento central, onde elementos relacionados à localização, tanto dos recursos como do usuário, bem como a percepção da situação em que a computação está inserida, devem ser considerados pelos sistemas computacionais. Assim, os sistemas devem ter consciência da localização do usuário e do entorno onde estão inseridos, e devem tirar vantagem desta informação para configurar-se dinamicamente de um modo distribuído. Emerge assim uma classe de aplicações projetadas especificamente para este ambiente dinâmico, denominadas de Computação Consciente da Localização (HIGHTOWER, 2001) e Consciente do Contexto (DEY, 1999), onde a adaptação ao contexto consiste em uma das características principais.

Tecnologias de posicionamento, tais como GPS e WiFi, estão viabilizando o desenvolvimento de sistemas conscientes da posição física do usuário (Computação Consciente da Localização). Assim, aplicações podem explorar tanto informações explícitas fornecidas pelo sistema, como também informações implícitas provenientes do contexto físico e computacional do ambiente e seus usuários.

Segundo Dey (1999) “*contexto é qualquer informação que pode ser usada para caracterizar a situação de uma entidade. Uma entidade é uma pessoa, um lugar ou um objeto que é considerado relevante para a interação entre o usuário e uma aplicação, incluindo o próprio usuário e a própria aplicação.*” Para alguns autores, o contexto pode ser classificado em três categorias: *Computing context*, *User context* e *Physical context*. A primeira envolve elementos computacionais, tais como característica de uma rede, a largura da banda, impressoras e estações de trabalho. A segunda está relacionada ao perfil do usuário, sua localização física, pessoas próximas e situação social atual do ambiente. A terceira representa características de um ambiente, como luminosidade, nível de ruído e temperatura do ambiente (CHEN, G. 2000). Assim, sistemas

conscientes do contexto podem ser considerados como sistemas que possuem a funcionalidade de obter uma determinada informação, independente da forma de recebimento, e que tenham a capacidade processá-la e utilizá-la de forma adaptada ao problema.

Um dos aspectos essenciais em sistemas conscientes do contexto consiste na identificação, aquisição e tratamento dos elementos cada caracterizam o contexto. A obtenção de informações de contexto pode ser descrita com base em cinco dimensões (ABOWD, 2000):

- Quem. Os atuais sistemas geralmente desconsideram informações relativas a outros usuários presentes fisicamente no ambiente, focando suas interações na identidade de um usuário em particular. Entretanto, o ser humano é influenciado pelo aspecto social. Assim, informações de contexto de todas as pessoas envolvidas em uma dada atividade assistida por computador é importante de ser obtida;
- O quê. Percebe e interpreta o quê o usuário está fazendo. Alguns sistemas de propósito gerais assumem a atividade do usuário em função do próprio projeto do sistema. No entanto, em sistemas onde atividades variadas podem ser desenvolvidas, identificar o quê um usuário está fazendo em um determinado momento pode ser uma tarefa complexa;
- Onde. A localização é um elemento bastante utilizado pelos sistemas conscientes de contexto. Geralmente essa informação é associada a outras dimensões, tais como a temporal (quando) e a de identificação (quem), no sentido de prover novas funcionalidades às aplicações. Em ambientes móveis, o contexto do usuário, tanto sua localização como as pessoas e os objetos que estão ao seu redor são dinâmicos, possibilitando numerosas situações diferentes para o usuário;
- Quando. O aspecto temporal do contexto tem sido utilizado para indexar um registro capturado ou para informar por quanto tempo um usuário esteve em um determinado local;
- Por quê. Entender o porquê da ação do usuário é mais complexo que perceber o quê ele está fazendo. Esse aspecto é um dos principais desafios da computação consciente do contexto.

Desta forma, a computação Consciente do Contexto, se beneficia do uso de informações contextuais para aprimorar a interação com seus usuários. O contexto pode descrever informações sobre localização, dispositivos, perfis de equipamentos e da rede, atividades, objetos computacionais e outros (CHEN, G. 2000 *apud* AUGUSTIN, 2004). Assim, essa forma de computação pode ser entendida como aquela em que as aplicações se utilizam e tomam decisões de acordo com um contexto particular proveniente do ambiente e da situação em que se encontram. Por exemplo, as aplicações podem considerar elementos de contexto relacionados à localização do usuário, a hora do dia, aos dispositivos mais próximos, o histórico das atividades do usuário, atividades correntes, etc.

Essa nova classe de sistemas computacionais abre perspectivas para o desenvolvimento de aplicações que exploram a natureza dinâmica e a mobilidade do usuário. Os contextos e suas informações contextuais são originários de diversas fontes, como sensores de localização, sensores de temperatura, monitores de redes de computadores dentre

outros. Segundo Augustin (2004), “um dos desafios que se apresenta consiste em interpretar a grande quantidade de informação disponível e conseguir determinar ações a partir da interpretação dessas informações”. Em trabalhos como (CHEN, G. 2002), (RANGANATHAN, 2003), (GEYER, 2003), (HENRICKSEN, 2004), (SACRAMENTO, 2004) são propostas infra-estruturas de software para suporte ao desenvolvimento e execução de aplicações sensíveis ao contexto (*context-aware applications*).

2.1.1.4 Computação Ubíqua

A partir dos modelos computacionais até aqui abordados, vislumbra-se uma realidade onde a computação passa a ser parte integrante do espaço físico do usuário, oferecendo um ambiente computacional que o envolve. Assim, observa-se um movimento de pesquisas direcionadas à Computação Ubíqua (WEISER, 1991). Como já abordado (Capítulo 1), esse modelo computacional tem como objetivo atender pró-ativamente às necessidades dos usuários, atuando de forma invisível (*background*) para este, em uma integração contínua entre tecnologia e o ambiente de modo a auxiliar o usuário em suas tarefas cotidianas.

Na Computação Ubíqua, a computação e seus diversos sistemas podem interagir com o ser humano a todo o momento, não importando onde ele esteja, constituindo um ambiente altamente distribuído, heterogêneo, dinâmico, móvel e interativo. Nesse modelo, as aplicações precisam entender e se adaptar ao ambiente, compreender o contexto em que estão inseridas e estarem disponíveis ao usuário, em qualquer lugar onde este se encontre, a qualquer tempo, mantendo o acesso à rede e a seu ambiente computacional, independente de dispositivo (SAHA, 2003). Segundo Abowd (2000) e Fischer (2001), em um cenário em que a informação encontra-se disponível de forma globalizada, os desafios de um sistema ubíquo é não somente disponibilizar a informação para qualquer pessoa, em qualquer lugar e com vários formatos, mas especificamente disponibilizar a informação certa, no momento certo e da maneira correta. Considerando esses aspectos, a consciência do contexto assume um papel importante.

Para isso, alguns desafios são objetos de pesquisa atualmente. Trabalhos como Gaia (ROMAN, 2002), Aura (GARLAN, 2002), One.World (GRIMM, 2004), ISAM ((AUGUSTIN, 2004), (YAMIN, 2004)), Oxygen (2005) e PHolo (BONATTO, 2005) são iniciativas mais recentes, já preocupadas em prover infra-estrutura de desenvolvimento e execução de aplicações da Computação Ubíqua. Essas pesquisas preocupam-se com a integração da grande diversidade de dispositivos e seus elementos característicos, além do desenvolvimento de infra-estruturas de software considerando um ambiente computacional altamente distribuído que deve ser transparente às aplicações e aos usuários finais. Alia-se a isso interfaces adaptáveis que permitam uma interação aperfeiçoada do homem com os sistemas e tecnologias de posicionamento, que permitem perceber com maior precisão a mobilidade do usuário.

Dessa forma, essas tecnologias vêm permitindo o desenvolvimento de sistemas ubíquos conscientes da localização do usuário e da situação onde estão inseridos, tirando vantagem desta informação para configurar-se dinamicamente de um modo distribuído, adaptando-se as necessidades do usuário. Devido as suas características, os ambientes ubíquos vêm emergindo como uma possível alternativa para diversas áreas de aplicação, como meio ambiente, transporte, *healthcare*, turismo, educação, entre outros.

2.1.2 Em direção a Educação Ubíqua

O uso das tecnologias de informação e da comunicação estabelece novas formas de comunicação e interação. A troca de informações e a aquisição de conhecimento, sem levar em consideração as distâncias físicas e temporais, possibilitam um rápido acesso a novas informações. Nesse cenário, o aprendiz tem um papel cada vez mais ativo no processo educacional, tendo o professor um papel de mediador e motivador.

Esse cenário, potencializado pelo uso dos recursos da Internet, favoreceu o desenvolvimento de ambientes virtuais de aprendizagem, em especial para apoio a Educação a Distância (EaD), tais como Estúdio@Web (LUCENA, 1999), AulaNet (LUCENA, 1999), Rooda (BEHAR, 2001), TELEDUC (2004) e WEBCT (2004). A necessidade de personalizar o processo educacional, atendendo às diferentes formas de aprendizado, motivou o desenvolvimento de sistemas capazes de identificar o perfil cognitivo e de aprendizagem do aprendiz, como os propostos em (BRUSILOVSKY, 1996a), (SOUZA, F. 1997), (DAMICO, 1999), (ADAPTWEB, 2001), (GEYER, 2001), (COCCO, 2004). Outros trabalhos, motivados pela potencialidade da colaboração e compartilhamento de recursos pela web, propõe o uso de sistemas que se constituem de redes de suporte à aprendizagem (ELENA, 2004), (SELENE, 2004).

Acompanhando a evolução tecnológica, as possibilidades oriundas das tecnologias da Computação Ubíqua são, atualmente, tema de pesquisa no cenário educacional ((ROSCHELLE, 2002), (COATTA, 2003), (DAGGER, 2003), (TATAR, 2003), (TOIVONEN, 2003), (OGATA, 2004), (PRICE, 2004), (ROGERS, 2005), (SAKAMURA, 2005), (SCHMIDT, 2005), (YANG, 2006)). Ambientes e experiências em direção à Educação Ubíqua integram diferentes aspectos tecnológicos, presentes em diferentes frentes de pesquisa, tais como: educação baseada na mobilidade (*mobile learning*), ((ROSCHELLE, 2002), (ROSCHELLE, 2003)), educação baseada na localização (*location-aware learning*) (PRICE, 2004), educação consciente do contexto (*context-aware learning*) (TOIVONEN, 2003), (SCHMIDT, 2005), (YIN, 2005), (YANG, 2006), educação *pervasiva* (*pervasive learning*) (COATTA, 2003), (THOMAS, 2005).

Aspectos importantes para a Educação Ubíqua serão abordados nessa seção. Dos trabalhos apresentados, os propostos em (SELENE, 2004), (ELENA, 2004), (OGATA, 2004), (SCHMIDT, 2005) e (YANG, 2006) serviram de base para o GlobalEdu e serão aprofundados no Capítulo 7.

2.1.2.1 Redes de aprendizagem

Alguns trabalhos, tais como SeLeNe (2004) e ELENA (2004), embora não suportem consciência do contexto e da mobilidade do aprendiz, possuem elementos que contribuem para o suporte à Educação Ubíqua.

SeLeNe (2004) interliga repositórios de objetos de aprendizagem (OA), através de uma rede do tipo *peer-to-peer*. Um OA consiste em um bloco de instrução ou informação educacional independente, digital ou não, que pode ser usado para educação, treinamento ou aprendizado (IEEE/LTSC, 2002). SeLeNe permite aos usuários compartilhar serviços, recursos e dados destinados a aprendizagem, de forma colaborativa. ELENA (2004) é uma “rede inteligente de aprendizado”, que conecta repositórios de objetos de aprendizagem e oferece serviços para troca desses objetos. Os repositórios de objetos são chamados de nodos educacionais e sua interoperabilidade é garantida através de uma rede *peer-to-peer* denominada Edutella (NEJDL, 2002). Um

elemento importante em Elena é o PLA (*Personal Learning Assistant*), um assistente pessoal de aprendizado, acessado via *browser*, que oferece aos usuários acesso personalizado ao sistema. O sistema possui ainda um componente que permite acesso ao PLA através de vários dispositivos, inclusive móveis, previamente especificados.

Ambientes como SeLeNe (2004) e Elena (2004), não levam em consideração a mobilidade e o contexto do aprendiz. Não se configurando, portanto, como ambientes de Educação Ubíqua.

Questões como formação de redes de aprendizagem, acesso personalizado e organização das informações através de metadados padronizados, são elementos suportados nas propostas de SeLeNe (2004) e ELENA (2004). Em função da complexidade inerente ao ambiente ubíquo, entende-se que esses elementos também devem ser considerados em um cenário de Educação Ubíqua (BARBOSA, 2005b).

2.1.2.2 Educação baseada na mobilidade do aprendiz

Segundo Roschelle (2003), as novas tecnologias devem estar alicerçadas em pressupostos pedagógicos, de forma que sejam instrumentos e não o fim do processo educacional. Esse deve ser rico e a tecnologia fácil de ser manipulada e compreendida. A possibilidade do aprendiz levar consigo o objeto de estudo, ou poder acessá-lo de qualquer lugar, potencializam o uso de dispositivos móveis na educação (*mobile learning*). Desta forma, Roschelle destaca que o uso desses dispositivos na educação deve ser encarado como uma quebra de paradigma, e não apenas a representação de um modelo tradicional, só que agora usando ferramentas que permitem mobilidade. Alguns trabalhos, como os propostos em (FAGERBERG, 2002), (HOLMES, 2002), (TATAR, 2003), (ROSCHELLE, 2004), (FILIPPO, 2005), (MEIRELES, 2005) suportam o uso de dispositivos móveis na educação.

Em Fagerberg (2002) é apresentado um ambiente de suporte à aprendizagem usando dispositivos móveis, suportando processos educacionais fora do contexto da sala de aula, mas como se estivesse nela, usando o conceito de “sala de aula estendida” (*Extended classroom model*). Em Holmes (2002) o trabalho teve como foco o acesso a conteúdos de aprendizagem dentro de um campus universitário através de dispositivos móveis. O sistema de *e-learning* da universidade foi adaptado para que os alunos pudessem acessar os conteúdos usados em sala de aula. Tatar (2003) apresenta os resultados de um projeto envolvendo vários professores e o uso de dispositivos móveis em sala de aula. Em Roschelle (2004), os autores destacam as potencialidades do ensino e da aprendizagem através do uso de tecnologias interativas no contexto da sala de aula, denominadas *classroom learning* ou *c-learning*, apoiadas por dispositivos móveis. Filippo(2005) propõe a extensão do serviço de Fórum do ambiente AulaNet para adequar-se a usuários de PDAs. Já Meireles (2005) propõe um *framework* para desenvolvimento de ambiente educacional com suporte à computação móvel destinado a organizar os diferentes componentes da aprendizagem com mobilidade em dois grandes domínios: pedagógico e tecnológico.

Pode-se observar, nestes trabalhos, a reprodução do modelo baseado em *desktop* para o modelo móvel, adaptando os recursos e conteúdos ao cenário móvel sem, no entanto, explorar as potencialidades da mobilidade do aprendiz no processo educacional. Questões como sincronização dos conteúdos do dispositivo móvel com dispositivos fixos, interface limitada e consumo de bateria são limitações que devem ser consideradas. Assim, a solução das questões abordadas com relação ao uso de dispositivos móveis na educação sugere o suporte de outras tecnologias.

2.1.2.3 Educação consciente do contexto do aprendiz

A consciência do contexto no apoio aos processos educacionais assume o ponto central de algumas propostas para a Educação Ubíqua, tais como os trabalhos apresentados em (TOIVONEN, 2003), (SCHMIDT, 2005), (YANG, 2005).

Em Toivonen (2003), o contexto é usado para adaptação do conteúdo e para comunicação entre usuários em um mesmo local. O contexto representa informações relacionadas à descrição de tempo (dia, noite), localização, aspectos sociais (características do grupo) e características dos dispositivos. Os dados relativos à localização que o usuário se encontra são mapeados na forma de ontologias (USCHOLD, 1996). Conforme o modelo de acesso ao conteúdo é escolhido qual o melhor para o contexto presente. Considera para isto, também, os fatores relacionados ao dispositivo e ao tempo. Os aspectos sociais são usados para potencializar a comunicação entre usuários em um mesmo contexto, isto é, usuários que estão na mesma localização. Todos os aspectos de contexto são fornecidos pelo usuário.

Schmidt (2005) apresenta um sistema denominado LIP – *Learning in Process*. Mais voltado para educação corporativa, o sistema provê recursos para perceber o ambiente do aprendiz, suas relações e necessidades (em especial as de trabalho). Com isso, permite o desenvolvimento e o envio de recursos (conteúdos e serviços) de acordo com o perfil do aprendiz. O uso de ontologias para representar o aprendiz, seu ambiente, o conteúdo e os serviços disponíveis também é proposto. Já Yang (2006) apresenta um ambiente *peer-to-peer* para aprendizagem colaborativa que provê serviços para acesso a conteúdo de forma adaptativa ao dispositivo, um sistema de anotações personalizadas a esse conteúdo e a formação de grupos virtuais, considerando o perfil e contexto físico e virtual dos elementos do grupo.

As propostas que suportam consciência do contexto do aprendiz propõem o uso de dispositivos móveis explorando aspectos de mobilidade e acesso a diferentes ambientes. Do ponto de vista desta Tese, uma aplicação educacional consciente do contexto deve considerar os elementos do contexto sob o ponto de vista educacional. Isto é, aspectos relacionados com localização, dispositivos, atividades, recursos, etc, devem ser considerados como integrantes e potencializadores do processo educativo, auxiliando o aprendiz na sua própria aprendizagem e na percepção dos elementos que estão a sua volta. Percebe-se, portanto, que a mobilidade do aprendiz e a consciência do contexto assumem um papel característico do processo de Educação Ubíqua.

2.1.2.4 Educação Ubíqua

O trabalho apresentado em Sakamura (2005) apresenta um ambiente para suporte à Educação Ubíqua considerando uma infra-estrutura de Computação Ubíqua específica. Essa tecnologia consiste em sensores e um sistema operacional dedicado denominado TRON (*The Real Time Operation System*). Segundo o pesquisador, esse sistema é utilizado atualmente por 50% dos produtos japoneses como celulares, câmeras digitais, computadores de bordo em automóveis e aplicações para automação residencial. A partir de dispositivos móveis, os sensores do ambiente são percebidos e as informações são enviadas aos aprendizes de acordo com seu interesse.

Em YIN (2005) é apresentada uma aplicação de auxílio à aprendizagem da língua japonesa denominada JAPELAS. Utilizando o sistema CLUE (*Collaborative Learning suport system with an Ubiquitous Environment*) (OGATA, 2004), objetos pertencentes aos locais onde os alunos se encontram (contexto), são relacionados às palavras que os descrevem. E, através de dispositivos móveis ou fixos, o aluno pode acessar a descrição

do objeto, outros alunos ou inquerir questões ao sistema. Com isto, conforme o trabalho, também é possível aproximar alunos com mesmas características ou que possam se auxiliar mutuamente. Um *Knowledge Awareness Map* (KAM) permite a visualização dos elementos presentes no contexto, auxiliando os estudantes a reconhecer e procurar recursos e colaboradores em um espaço compartilhado de conhecimento.

Rogers (2005) apresenta um sistema direcionado ao ensino de botânica, que identifica, através de sensores, árvores no bosque de um campus. Ao caminhar pelo bosque, as informações são acessadas através de dispositivos móveis, levando em consideração seus interesses pelo tema.

Analisando as propostas direcionadas a Educação Ubíqua, observa-se a exploração de domínios específicos e localizados, não suportando acesso de forma global. Assim, esses ambientes são projetados para contextos específicos, não podendo ser acessados de qualquer lugar. Em função disto, nota-se a importância do ambiente computacional dar suporte ao acesso global e a percepção dos elementos do contexto.

Nesta perspectiva, os ambientes virtuais de Educação Ubíqua devem auxiliar processos educacionais relacionados com a situação que envolve o aprendiz (consciência do contexto). O contexto muda em função da sua mobilidade, devendo o processo educacional se adaptar a estes aspectos. Assim, a educação neste cenário é dinâmica e os recursos educacionais são acessados de acordo com o perfil e o contexto onde se encontra o aprendiz.

2.2 Aspectos Pedagógicos

A Internet vem revolucionando as formas de ensinar e de aprender e possibilitando que a informação seja disponibilizada de acordo com o interesse de cada indivíduo. Em função disso, identificar a informação necessária e o momento apropriado para sua manipulação é o grande desafio das tecnologias que apóiam processos educacionais. Esse aspecto não é uma tarefa fácil, considerando que novas informações são geradas a cada instante e disseminadas de forma ampla e imediata. As possibilidades trazidas pelas tecnologias interativas potencializam a interação como instrumento para construção do conhecimento. Dessa forma, o indivíduo não é mais o elemento passivo do processo educacional, somente recebendo informação, mas tem agora a possibilidade de ser ativo, interagindo com a informação e com outros indivíduos, de forma a construir seu próprio conhecimento.

Esse aspecto marca o diferencial entre o Ensino e Educação. O primeiro é um processo baseado na transmissão de conteúdos, sem interação entre os indivíduos que se envolvem no processo. Em geral, sistemas de suporte ao ensino abordam soluções de aprendizado tradicional, expresso pela concepção empirista de treinamento e instrução. Já a educação é um processo amplo, baseado nas interações entre os indivíduos que envolvem o processo. Dessa forma, a educação transcende a mera transmissão de conhecimento e entende o indivíduo como autônomo e participante no processo de construção de conhecimento.

Com os recursos que a Internet propicia, é possível desenvolver processos educativos, enfatizando a construção e a socialização do conhecimento. Assim, qualquer pessoa, independente do tempo e do espaço, pode tornar-se agente de sua aprendizagem. Isso é possível devido ao uso de materiais diferenciados e meios de comunicação que permitam a interatividade e o trabalho colaborativo e cooperativo. Dessa forma, a educação apoiada pelas tecnologias da informação e da comunicação, tem como

consequência uma concepção construtivista e interacionista de educação. Essa concepção é abordada em Becker (2001), da seguinte forma:

“Construtivismo significa a idéia de que nada, a rigor, está pronto, acabado, e de que, especificamente, o conhecimento não é dado, em nenhuma instância, como algo terminado – é sempre um leque de possibilidades que podem ou não ser realizadas. É constituído pela interação do indivíduo com o meio físico...”
(BECKER, 2001, pg.72)

Nessa concepção, o conhecimento é construído a partir de um processo de interação entre o indivíduo e o objeto de conhecimento. No interacionismo, segundo Becker (2001), o conhecimento não está nem no sujeito, nem no objeto, mas sim na interação, dando-se a real importância da ação do sujeito no seu próprio processo de aprendizagem. Assim, a interação entre o aprendiz e o meio permite que ele crie suas conexões e desenvolva seus conhecimentos, percebendo seu papel ativo na construção da sua aprendizagem. Considerando a diversidade presente nesse cenário educacional, para que a construção da aprendizagem ocorra efetivamente, dois elementos são importantes: que a aprendizagem seja **significativa** e que o indivíduo seja **autônomo** na percepção dos elementos significativos para sua aprendizagem.

Segundo Moreira (1999), a aprendizagem significativa ocorre quando o indivíduo for capaz de estabelecer relações coerentes entre o que já sabe e o novo conhecimento que está sendo apresentado. Assim, nesse tipo de aprendizagem “o fator mais importante que influi na aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe. Isto deve ser averiguado e o ensino deve depender desses dados” (AUSUBEL, 1983 *apud* MOREIRA, 1999). Para um aprendizado significativo, o indivíduo precisa ter uma disposição para aprender e o conteúdo a ser aprendido tem que ser potencialmente significativo. Assim, cria-se o cenário favorável para que cada indivíduo possa perceber o significado ou não dos conteúdos para si próprio. A aprendizagem significativa toma importância no momento em que as tecnologias de informação e da comunicação trazem a possibilidade de explorar um universo de informações, interconectados através de uma rede, onde pessoas navegam e se alimentam desse processo. Esse universo é denominado por Lévy (1999) como ciberespaço, que é ampliado a cada instante, a partir da presença de novas informações e pessoas.

Considerando esse cenário, a autonomia se traduz em um elemento importante na significação da aprendizagem do indivíduo. Esse, responsável pela sua própria educação, elabora e re-elabora os elementos desse universo, fazendo escolhas, interagindo e selecionando elementos significativos para auxiliar na sua aprendizagem. Segundo Schlemmer (2005), o indivíduo é tão mais autônomo quanto mais ele for capaz de reconhecer seus objetivos e necessidades de estudo, selecionar conteúdos, organizar estratégias de estudo, buscar e utilizar os materiais necessários. Soma-se a isso a capacidade do indivíduo de, ao mesmo tempo, ir organizando, dirigindo, controlando e avaliando o seu processo de aprendizagem.

Portanto, o desenvolvimento de um indivíduo autônomo, e a possibilidade que ele aprenda de forma significativa, deve ser o elemento central dos processos educacionais mediados e potencializados pelas tecnologias. Com isso, os ambientes virtuais de educação devem propiciar o desenvolvimento de indivíduos capazes de definir recursos pedagógicos significativos para sua aprendizagem e interagir, de forma a construir seu conhecimento.

Esta concepção é fundamental na educação em um cenário ubíquo. Esse é dinâmico, possui uma variedade de recursos disponíveis e a conectividade pode ser global. Isto é,

o acesso a informação pode ser feito de qualquer lugar. O aprendiz tem a possibilidade de mover-se constantemente nesse cenário, acessando informações e recursos necessários para construção da sua aprendizagem. Yuh-Shyan Chen (2002) destaca que permanência, acessibilidade, imediatismo, interatividade e aprendizagem onipresente são características do processo educacional em um contexto ubíquo. Segundo ele, esse processo ocorrerá de maneira onipresente: o ensinar e o aprender ocorrerão a qualquer lugar e hora.

Percebe-se que os elementos expostos por Yuh-Shyan Chen (2002) estão presentes também na visão de Thomas (2005). Segundo esse, a aprendizagem ocorre em rede, formando comunidades de aprendizagem, auxiliando uns aos outros no processo educacional, de forma colaborativa. Os aprendizes devem definir seus próprios objetivos educacionais e, como ser autônomo, cabe a ele a organização do que aprender. Assim, o aprendiz tem a capacidade de aprender por si próprio, devendo compreender melhor a implicação do que ele está aprendendo, relacionando os conhecimentos com sua realidade, criando seus próprios caminhos de aprendizagem, em interação com o meio. Além disso, a aprendizagem não ocorre somente na sala de aula, mas está presente no dia a dia do aprendiz. A sala de aula é um dos espaços. O contexto que envolve o aprendiz também possui elementos de aprendizagem significativos e que devem ser explorados.

Em um ambiente de suporte à Educação Ubíqua, o ambiente percebe o aprendiz no virtual, como também o percebe integrado ao seu meio (contexto), sendo ele também parte do meio. O aprendiz interage com o meio e com outros aprendizes, de forma contínua, criando seus próprios caminhos para construção do conhecimento. Dessa forma, pode-se destacar que a autonomia do aprendiz é elemento essencial nesse cenário. Em função disso, essa Tese utiliza o termo “aprendiz” pois considera o indivíduo como capaz de aprender “sempre” e em “qualquer tempo”, levando em consideração objetivos educacionais a serem atingidos. Considera-se, ainda, que o termo “aluno” conduz a idéia da existência de um curso ou de um processo formal que envolve “aluno e professor”. A construção de conhecimento se dá a partir de elementos que tenham significado para o aprendiz e que fazem parte da sua realidade (aprendizagem significativa). Os sistemas educacionais devem ajudá-lo a interagir com estes elementos de forma construtiva.

Portanto, considerando o objetivo dessa Tese, princípios pedagógicos construtivistas, como o desenvolvimento do aprendiz enquanto ser autônomo e da aprendizagem significativa, orientaram a concepção do GlobalEdu.

2.3 Elementos que Caracterizam a Educação Ubíqua

Conforme Fischer (2001), a questão fundamental de um ambiente de Educação Ubíqua consiste em como prover aos aprendizes a informação certa, no tempo e lugar certos e da forma correta. Esses elementos devem ser o ponto central dos ambientes que suportam Educação Ubíqua, visão compartilhada por outros pesquisadores da área ((FISCHER, 2001), (OGATA, 2004), (SCHMIDT, 2005), (ROGERS, 2005), (THOMAS, 2005), (YANG, 2006)).

Para Ogata (2004), um sistema de Educação Ubíqua deve perceber o contexto do aprendiz considerando as cinco dimensões expostas em Abowd e Mynatt (2000) (ver seção 2.1.1.3):

- Quem. Um sistema de Educação Ubíqua considera não somente um usuário em particular, mas percebe outros usuários presentes no contexto do aprendiz. Assim, o sistema pode fornecer informações para o aprendiz sobre outros usuários em seu entorno baseando-se no perfil desses usuários;
- O quê. Considerando uma interação contínua em diferentes contextos, os sistemas necessitam incorporar interpretações sobre as atividades do usuário, fornecendo assim uma informação útil, considerando suas ações e sua interação com o sistema;
- Onde. Em função das tecnologias de localização, o elemento “onde” do contexto tem sido mais explorado, a partir da identificação da posição física do aprendiz. Um aspecto importante para sistemas ubíquos é a possibilidade de relacionar a noção de “onde” com outra informação contextual, tal como “quando”. Para um sistema educacional, esse elemento é importante para poder determinar as informações a serem fornecidas ao aprendiz;
- Quando. Esse aspecto deveria auxiliar na interpretação das atividades dos usuários, identificando quando uma informação é mais apropriada de ser fornecida. Por exemplo, um aprendiz pode ter o hábito de estudo em um certo momento do dia, como por exemplo, pela manhã;
- Por quê. Mais que perceber “o que” uma pessoa está fazendo, é importante compreender “porque” essa pessoa está fazendo alguma coisa. Assim, percebendo os objetivos do aprendiz, é possível fornecer a esse a informação correta, da forma correta.

Esses elementos estão presentes também na visão de Thomas (2005) e Yang (2006) para ambientes de Educação Ubíqua.

Segundo Thomas (2005), existem quatro elementos chaves que devem ser suportados por ambientes educacionais ubíquos (embora o autor use o termo *pervasive learning*): comunidade, autonomia, localidade e relacionamento. Esses elementos se sobrepõem e interagem, não atuando de forma isolada. Para Thomas, o elemento comunidade é importante, visto que a aprendizagem ocorre em rede, devendo o aprendiz considerar o modelo da comunidade, suas regras e sua organização. A autonomia é importante visto que os aprendizes devem definir seus próprios objetivos educacionais. O sistema deve dar oportunidade para que o aprendiz construa seu próprio conhecimento, através de suas ações e colaboração com outros aprendizes. Além disso, oportunizar a reflexão do aprendiz sobre suas próprias experiências é fator também importante. Quanto à localidade, o autor destaca que a aprendizagem não ocorre somente na sala de aula, mas está presente no dia a dia das mais variadas formas. Com a localização, é possível também prover serviços relevantes para o aprendiz. Quanto ao Relacionamento, Thomas afirma que o ambiente deve auxiliar o aprendiz a relacionar os conhecimentos com sua realidade, de forma que ele crie seus próprios caminhos de aprendizagem, em interação com o meio.

Yang (2006) destaca que um ambiente de Educação Ubíqua fornece uma arquitetura de aprendizagem interoperável, *pervasiva*, e contínua, conectando, integrando e compartilhando três principais dimensões do suporte à aprendizagem: colaboradores, conteúdos e serviços. Segundo o pesquisador, a Educação Ubíqua é caracterizada por prover formas de identificar colaboradores, conteúdos e serviços certos no lugar certo e no tempo certo. Para isso, tem como base o contexto que envolve o aprendiz, como onde e quando os aprendizes estão (lugar e tempo), quais recursos de aprendizagem e

serviços estão disponíveis para o aprendiz e quem são os colaboradores que se relacionam com as necessidades de aprendizagem do aprendiz. Em consequência, a eficácia e a eficiência da aprendizagem ubíqua depende profundamente do contexto que envolve os aprendizes.

A Tabela 2.1 apresenta as dimensões dos elementos de contexto e sua relação nas propostas de Ogata, Thomas e Yang.

Tabela 2.1: Dimensões do contexto na Educação Ubíqua

Ogata	Thomas	Yang
Quem	Comunidade	Colaboradores
O que	Autonomia	Conteúdos
Onde	Localidade	Serviços
Quando	Autonomia	Serviços
Por quê	Relacionamento	Conteúdos

Assim, a partir dos estudos realizados, percebe-se que a educação em um cenário ubíquo fornece ao aprendiz novas potencialidades de aprendizagem, tendo como foco o aprendiz e sua interação com o meio. Os processos educacionais ocorrem a qualquer tempo e a qualquer lugar, de forma contínua e contextualizada. Com isso, as características do **aprendiz** e do **ambiente computacional** consistem em dois eixos importantes para a Educação Ubíqua. Dessa forma, o desenvolvimento de soluções para auxiliar a Educação Ubíqua deve considerar a característica do ambiente de suporte aos processos educacionais e do aprendiz nesse ambiente.

Portanto, considerando os estudos na área, podemos destacar **quatro principais elementos** que caracterizam um ambiente para o suporte à Educação Ubíqua:

- 1) O aprendiz. Com o objetivo de proporcionar maior qualidade nas informações disponibilizadas para cada aprendiz, o sistema deve conhecer esse aprendiz, associando a ele um modelo que o representa. Este modelo procura representar o que o sistema julga conhecido pelo aprendiz e o que ele tem interesse em aprender;
- 2) A mobilidade. O aprendiz tem a capacidade de se mover entre vários ambientes, aprendendo de forma constante, independente de onde esteja. Desta forma, é importante identificar esta mobilidade e permitir que os recursos educacionais do aprendiz, para construção de sua aprendizagem, o “acompanhe” em seu percurso, de forma adaptada, mantendo a continuidade do processo. Conhecendo a localização do aprendiz e sua mobilidade, procura-se identificar os caminhos que melhor se adaptam as suas condições de aprendizagem e a percepção dos elementos que compõem seu contexto de interesse;
- 3) O conteúdo. O sistema deve permitir que o aprendiz aprenda qualquer coisa, em qualquer tempo, com qualquer dispositivo. Dessa forma, é desejável que o sistema suporte a representação de conteúdo genérico, independente de domínio. Com o auxílio do sistema, o aprendiz pode escolher os conteúdos que mais se identificam com seus objetivos e se adaptam ao seu contexto. Os

conteúdos devem estar acessíveis de qualquer lugar, disponíveis em vários formatos, considerando a heterogeneidade de dispositivos e redes de comunicação;

- 4) A Consciência do contexto. A mobilidade do aprendiz traz a possibilidade de aprendizado em diferentes contextos. O sistema deve definir, representar e gerenciar os elementos que representam o contexto do aprendiz. Com isso, os elementos que integram as diversas localizações que se encontra o aprendiz podem ser relacionados com seus objetivos educacionais. Para isso, é importante representar elementos de contexto genéricos, que possam ser utilizados para representar o maior número de localizações possíveis. Ainda, devido a dinamicidade dos ambientes ubíquos, é importante que o sistema ofereça mecanismos de assistência ao aprendiz no ambiente. Esses mecanismos agem pró-ativamente, percebendo, filtrando e fornecendo informações ao aprendiz conforme seu perfil, em direção a uma interação mais significativa;

2.4 Considerações sobre o capítulo

Este capítulo apresentou um referencial teórico envolvendo as tecnologias computacionais que suportam os elementos da Educação Ubíqua, bem como os pressupostos pedagógicos que orientam esse tipo de educação.

Conclui-se que a percepção dos elementos que envolvem o aprendiz em um mundo virtual perceptível é tarefa consagrada nas pesquisas em ambientes virtuais de aprendizagem. Considerando uma Educação Ubíqua, essa percepção transcende o virtual e alcança o mundo real do aprendiz. Dessa forma, um dos principais problemas de pesquisa em aberto tem como ponto central à percepção dos elementos que envolvem o aprendiz, isto é, a percepção do seu contexto. Segundo Schmidt (2005), “contexto é difícil de ser percebido, adquirido e usado”. Com isso, conclui-se que não é tarefa fácil perceber os elementos que envolvem o contexto real do aprendiz, considerando os diversos lugares que ele se encontra. Além disso, uma vez percebendo o contexto, a forma como o elemento que o caracteriza é adquirido, influencia tanto na sua correta percepção, como no seu correto uso. Isso porque não basta conhecer o contexto, é preciso saber como esse contexto pode auxiliar no processo educacional do aprendiz.

Assim, considerando as pesquisas realizadas, percebe-se a necessidade de ambientes de Educação Ubíqua que integrem **os principais elementos de um ambiente de suporte à Educação Ubíqua** citados neste capítulo. A falta de soluções que auxiliem nessas questões incentivou a proposta do GlobalEdu. Esse se orienta na concepção dos elementos necessários para uma educação independente de tempo e lugar, consciente da situação em que esta ocorre e que envolve o aprendiz, em um processo contínuo. As concepções gerais de sua arquitetura serão apresentadas no próximo capítulo.

3 GLOBALEDU: ASPECTOS GERAIS

Esse capítulo apresenta os elementos propostos na arquitetura do GlobalEdu, que visam auxiliar os processos educacionais do aprendiz no ambiente ubíquo.

3.1 Modelo Pedagógico

Considerando os aspectos pedagógicos abordados na seção 2.2 (capítulo 2) o GlobalEdu segue uma proposta pedagógica construtivista e interacionista (MOLL, 1999), (BECKER, 2001), entendendo o conhecimento como um processo em permanente construção, que se transforma na interação do sujeito com o meio e a partir da ação deste sobre o objeto de conhecimento. O objetivo do GlobalEdu é dar as condições necessárias para que o aprendiz construa seu conhecimento de qualquer lugar e em qualquer tempo, de forma adaptada ao seu perfil e contexto. Para isso, o processo educacional leva em consideração que o aprendiz (sujeito) é parte do processo e, como ser autônomo, responsável pela sua aprendizagem (objeto). Além disso, a aprendizagem ocorre em um universo significativo e dinâmico (contexto).

As habilidades e competências⁵ desenvolvidas durante o processo educacional devem levar em consideração o processo de formação integral do aprendiz, abrangendo os aspectos técnicos, sociais, culturais, etc. Em síntese, não basta apenas considerar o que deve ser aprendido. É preciso integrar ao processo educacional elementos característicos do meio do aprendiz. Esse tipo de aprendizagem tem como princípio o desenvolvimento de habilidades e competências a partir dos objetivos e do conhecimento do aprendiz, considerando o contexto em que ele está inserido. Com isso, possibilita o desenvolvimento de uma aprendizagem significativa.

Nesse cenário, o aprendiz deve ser responsável pela sua aprendizagem e ter a capacidade de auxiliar outros aprendizes a atingir seus objetivos. Desta forma, ora ele atua como quem ensina, ora como quem aprende. Ele também deve ter a capacidade de se expor a novos desafios, interessando-se por novos conhecimentos. Assim, o GlobalEdu não está orientado para a existência de um curso ou de um processo formal que envolve “aluno e professor”. Em vez disso, o sistema considera que a aprendizagem se dá a partir de um processo de interação do aprendiz com as informações disponíveis no ambiente e com outros aprendizes, de acordo com o contexto que o envolve e no qual esse tem a oportunidade de decidir sobre suas necessidades, de forma autônoma.

⁵ Uma competência refere-se aos objetivos gerais de um domínio de conhecimento e desenvolve um conjunto de habilidades. Estas se referem aos objetivos específicos a serem alcançados com o desenvolvimento de uma competência, podendo ser traduzidas em “saber fazer” (Becker, 2001).

3.2 Requisitos do Sistema

Considerando a análise dos estudos realizados no capítulo 2, a motivação do trabalho e os objetivos do GlobalEdu, foram definidos como requisitos técnicos para o sistema:

- **Representação do perfil do aprendiz.** O sistema relaciona a cada aprendiz um modelo. A mobilidade do aprendiz e os diversos contextos por onde ele interage influenciam e alteram seu perfil. Com isto, procura-se identificar os caminhos que melhor se adaptam às suas condições de aprendizagem e a percepção dos elementos que, em uma determinada posição, compõem o contexto de interesse;
- **Representação de domínio genérico.** O sistema deve permitir que o aprendiz aprenda diversos domínios do conhecimento, em qualquer tempo, com qualquer dispositivo. Dessa forma, é desejável que o sistema suporte a representação de conhecimento independente de domínio e que este possa ser reutilizável. Para isso, o GlobalEdu representa os conteúdos educacionais na forma de Objetos de Aprendizagem – OA, (*learning objects*). Esses consistem em um bloco de instrução ou informação educacional independente, digital ou não, que pode ser usado para educação, treinamento ou aprendizado (IEEE/LTSC, 2002). Com o auxílio do sistema, o aprendiz tem acesso aos objetos que mais se identificam com seus objetivos e que mais se adaptam ao seu contexto. Os OA devem estar acessíveis de qualquer lugar, disponíveis em vários formatos, considerando a heterogeneidade de dispositivos e redes de comunicação;
- **Consciência do contexto do aprendiz.** O sistema deve definir, representar e gerenciar os elementos que representam o contexto do aprendiz, agindo proativamente, sugerindo e indicando elementos presentes no cenário em tempo real e que são de interesse dele. Os elementos que integram as diversas localizações que se encontra o aprendiz devem ser relacionados com seus objetivos educacionais. Para isso, é importante representar elementos de contexto genéricos, que possam ser utilizados para representar o maior número de localizações possíveis. A dinamicidade dos ambientes ubíquos torna importante que o aprendiz seja auxiliado na identificação de oportunidades educacionais e na descoberta de informações. Assim, é importante que o sistema ofereça mecanismos de assistência ao aprendiz no ambiente, bem como de elementos que ajam de forma pró-ativa, percebendo, filtrando e fornecendo informações ao aprendiz conforme seu perfil, tornando a interação no ambiente mais significativa;
- **Existência de um ambiente computacional com suporte à execução de aplicações da Computação Ubíqua.** Outro requisito é que o ambiente educacional ubíquo deve ser dedicado às questões educacionais, deixando que o ambiente computacional garanta os elementos necessários para a execução das aplicações educacionais sob uma perspectiva ubíqua. Assim, o GlobalEdu necessita de um ambiente de execução que suporte, pelo menos, aspectos como: percepção de elementos de contexto físico, mobilidade de entidades computacionais, adaptação aos elementos de contexto e computação contínua. Para isso, o GlobalEdu define o modelo de integração com o ambiente computacional de execução.

3.3 Representação dos Principais Elementos do GlobalEdu

Para atender aos requisitos do sistema expostos na seção 3.2, o GlobalEdu se utiliza de padrões estabelecidos para representar o aprendiz e o conteúdo. Além disso, propõe um conjunto de informações que visam representar um modelo de contexto genérico. Devido à importância desses elementos para o GlobalEdu, formas de representação de perfil, conteúdo e contexto são aprofundados e discutidos no Apêndice A.

3.3.1 Perfil do aprendiz

Não foram encontrados, nas pesquisas realizadas nessa Tese, estudos sobre quais informações sobre o perfil do aprendiz tem impacto em ambientes de Educação Ubíqua. Assim, o modelo de aprendiz proposto no GlobalEdu baseou-se nas características pedagógicas propostas para o sistema, isso é, autonomia, aprendizagem significativa e interação. Portanto, o modelo proposto não está baseado em *o que* o aprendiz conhece e *quer* aprender. Embora saber *o quanto* o aprendiz conhece seja importante, esse aspecto não é tratado no momento no GlobalEdu, ficando para trabalhos futuros. As informações foram escolhidas em função dos estudos realizados, além da importância de elementos que determinem como o aluno aprende, quais suas preferências, seus interesses e como sua vida diária está organizada. Isso é importante pois o GlobalEdu se propõe a auxiliar na aprendizagem de qualquer domínio, independente de processos formais como um “curso”, considerando um aprendiz autônomo e uma aprendizagem significativa (contextualizada).

Tendo como inspiração as propostas de Selene (2004) e Elena (2004), o perfil do aprendiz definido no GlobalEdu (Tabela 3.1) utiliza informações provenientes dos padrões PAPI (2001) e LIP (2001), bem como informações referentes ao estilo de aprendizagem do aprendiz, sua agenda e seu histórico no ambiente. O perfil é representado na forma de um metadado descrito em XML.

Tabela 3.1: Perfil de aprendiz no GlobalEdu

Personal Information	Id	Relation	othersIdentifierList	
	type		relationLabelList	
	name			
	address		Goal	typename
	e-mail			contentType
	Home-page			description
	phone			date
	role			priority
	workspace		Competence	contentType
	bucket			exrefrecord
Preferences	hciDevicePreferenceList	Interest	description	
	bucket		typename	
Security	credential	contentType		
	bucket	description		
Commitments	Typename	Learning style	description	
	contentType		pedagogicalStrategy	
	description	Trail	list	
	datetime			
	Regularity			

A categoria *Personal Information* contém informações básicas do aprendiz para identificá-lo no sistema. Seus elementos são os seguintes: 1) *id*: identificador único; 2) *type*: tipo da informação, podendo ser pessoal e profissional; 3) *Name*: nome completo; 4) *address*: endereço completo (rua, número, bairro, cidade); 5) *e-mail*: endereço eletrônico; 6) *home-page*: site da pessoa; 7) *Phone*: telefone de contato; 8) *role*: cargo que ocupa ou papel que desempenha; 9) *workspace*: local de trabalho; 10) *bucket*: espaço para extensão dos elementos como telefones, endereços alternativos, informações adicionais, etc. A categoria *Personal Information* é proposta pelo GlobalEdu e possui as informações pessoais de qualquer indivíduo representado no sistema. Com isso, ao entrar em um contexto, um aprendiz pode ser relacionado com as informações sobre a Pessoa do Contexto Região. Em função disso, foi proposta uma ontologia para representar as informações dessa categoria (ver Capítulo 5).

Do padrão PAPI são utilizadas as categorias *Preferences*, *Security* e *Relation*. Essas são utilizadas também nos trabalhos de SeLeNe (2004) e Musa (2005). No GlobalEdu, estas categorias são utilizadas acrescentando informações que não foram abordadas nos trabalhos citados. O uso da categoria *Relation* juntamente com as demais é proposta pelo GlobalEdu.

Preferences contém as preferências do aluno referente a elementos de interface homem-computador. Os elementos da categoria são os seguintes: 1) *hciDevicePreferenceList*: lista de preferências de dispositivos para interface homem-computador (texto, gráfico, áudio, vídeo, etc); 2) *bucket*: campo para extensão de elementos.

Security preocupa-se com as credenciais de segurança como: senhas, chaves de criptografia públicas e privadas, usadas para acesso do aprendiz no sistema. A categoria possui os seguintes elementos: 1) *credential*: lista das credenciais de segurança; 2) *bucket*: campo para extensão de elementos.

A categoria *Relations* contém os relacionamentos do aluno com outros usuários do sistema. É constituída de dois elementos: 1) *othersIdentifierList*: identificadores das pessoas que possuem algum tipo de relacionamento com o aluno; 2) *relationLabelList*: descreve a natureza do relacionamento, podendo ser por semelhança ou complementaridade. Essa categoria é responsável por manter as informações referentes a outros aprendizes no ambiente que se relacionam com o aprendiz.

Do padrão LIP são utilizadas as categorias *Goal*, *Competence* e *Interest*. A categoria *Goal* é utilizada nos trabalhos de SeLeNe (2004) e Musa (2005). *Competence* também é proposta em SeLeNe (2004). No GlobalEdu, estas categorias são utilizadas acrescentando outros elementos da categoria que não foram abordadas nos trabalhos citados.

A categoria *Goal* contém os objetivos do aprendiz, possuindo os elementos: 1) *typename*: tipo do objetivo que pode ser educacional, profissional, geral ou pessoal; 2) *contentType*: dado usado para descrever a que se refere o objetivo; 3) *description*: descrição do objetivo de aprendizagem. Essa descrição segue a taxionomia de Bloom (1956) podendo ser categorizado como conhecimento, compreensão, aplicação, análise, síntese e avaliação. Esta informação determina o tipo de material que será usado para alcançar o objetivo; 4) *date*: data para alcançar o objetivo; 5) *priority*: nível de prioridade do objetivo, podendo ser: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta.

As habilidades do aluno, experiências e conhecimentos já adquiridos estão na categoria *Competence*. Esta contém quatro elementos: 1) *contentType*: dado usado para

descrever o conteúdo da competência; 2) *exrefrecord*: lista de habilidades desenvolvidas. Refere-se às habilidades desenvolvidas na manipulação de um determinado conteúdo ou proveniente de algum interesse. As habilidades estão descritas no metadado do Objeto de Aprendizagem; 3) *description*: descrição da competência.

A categoria *Interest* contém os interesses e *hobbies* do aprendiz. Os elementos dessa categoria são: 1) *typename*: tipo do interesse que pode ser educacional, profissional, geral ou pessoal; 2) *contentype*: dado usado para descrever o conteúdo do interesse; 3) *description*: descrição do interesse.

A categoria *Commitments*, proposta no GlobalEdu, descreve os compromissos do aprendiz está relacionada com os diferentes contextos (locais) que ele se relaciona. Os compromissos contêm: 1) *typename*: tipo do compromisso que pode ser educacional, profissional, geral ou pessoal; 2) *contentype*: dado usado para descrever o compromisso que pode ser uma reunião, palestra, aula, etc. Esse dado é dependente do tipo de compromisso; 3) *description*: descrição do compromisso; 4) *datetime*: data e hora do compromisso; 5) *regularity*: descreve a regularidade do compromisso, podendo ser diária, semanal, mensal ou sem periodicidade.

A categoria *Learning style* contém o estilo de aprendizagem, que é uma coleção de habilidades e preferências individuais que afetam como a pessoa percebe, busca e processa a informação. A categoria contém como elementos: 1) *description* que possui, conforme Feder-Silverman (1988), os seguintes valores válidos: ativo, reflexivo, sensorial, intuitivo, visual, verbal, seqüencial, global; 2) *pedagogicalStrategy*: definem as estratégias de ensino que podem ser aplicadas ao estilo de aprendizagem, a saber: ativo (conteúdo didático, tarefas, exercícios, trabalho em Grupo); reflexivo (conteúdo didático, tarefas, exercícios, revisão do conteúdo, anotações); sensorial (conteúdo didático, tarefas, exercícios, exemplos); intuitivo (conteúdo didático, tarefas, exercícios, análise das tarefas); visual (conteúdo didático, tarefas, exercícios, diagramas); verbal (conteúdo didático, tarefas, exercícios, resumo geral); seqüencial (conteúdo didático, tarefas, exercícios, plano de aula); global (conteúdo didático, tarefas, exercícios, objetivos). As estratégias seguem os estudos realizados por Belhot (2004) e são também utilizadas em Cocco (2004).

A categoria *Trail* contém o histórico de interação do aprendiz em cada contexto do ambiente ubíquo. As informações correspondem a programas executados, estados (*status*) estabelecidos e tempo de duração em cada um deles, tempo de interação com objetos de aprendizagem e aprendizagens, tempo de permanência em cada contexto, dispositivo utilizado e informações de Contexto Localidade manipuladas.

3.3.2 Conteúdo

No GlobalEdu, vários elementos são considerados no processo educacional, sendo os objetos de aprendizagem recursos que estão à disposição do aprendiz na rede. Com o auxílio do sistema ele pode manipular os objetos que mais se identificam com seus objetivos. O sistema considera que os objetos estão disponíveis em repositórios na rede, denominados *Repositórios de Conteúdo*.

A especificação de metadados criada para a categorização dos objetos de aprendizagem no GlobalEdu considerou os padrões IEEE/LOM (2002) e ADL/SCORM (ADL, 2004), sendo elaborada em consonância com o primeiro. Conforme Rigaux (2003) e Tarouco (2003), o padrão IEEE/LOM possui ampla aceitação e é suportado por vários sistemas de suporte ao ensino e a aprendizagem. Segundo Simon (2002), constitui o mais compreensível e utilizado padrão para descrição de objetos

educacionais. Ainda segundo Simon, LOM possui um esquema genérico, que pode ser estendido conforme uma necessidade específica. O padrão SCORM, embora venha se confirmando como um padrão amplamente usado e aceito, tem seu modelo de metadados baseado no LOM. Além disso, o SCORM assume que os conteúdos de aprendizagem serão desenvolvidos para *web*. Em função da heterogeneidade de tecnologias de interconexão não é possível considerar que os conteúdos estarão somente disponíveis para acesso *on line*. Assim, no GlobalEdu os conteúdos educacionais podem ser acessados também de forma desconectada da rede (*off line*).

Desta forma, o padrão LOM foi inicialmente escolhido para dar suporte ao GlobalEdu, embora pesquisas futuras podem ser realizadas de forma a disponibilizar o acesso a outros padrões. O Apêndice A apresenta um estudo sobre objetos de aprendizagem e algumas considerações quanto à escolha do padrão LOM. Os objetos educacionais foram organizados em cinco categorias, conforme mostra a Tabela 3.2. As categorias foram escolhidas tendo como base o trabalho de Tarouco (2003) e as características do GlobalEdu. Entende-se que esses elementos atendem aos requisitos de um ambiente de Educação Ubíqua.

Tabela 3.2: Objetos de Aprendizagem no GlobalEdu

Categoria	Elementos	Categoria	Elementos
General	identification	Technical	format
	title		size
	language		location
	description		requirement
	keyword		duration
	structure		
	agregation_Level	Educational	interactivityType
Rights	cost		learningResourceTy
	copyright		interactivityLevel
	restrictions		intendedEndUserRole
Relation	kind		context
	resource		ageRange
		difficulty	
		description	

A categoria *General* agrupa informações gerais que descrevem o objeto. São utilizados os seguintes atributos: 1) *ID*, identificação única do objeto; 2) *title*, nome dado ao objeto; 3) *language*, idioma utilizado (português, inglês, espanhol, francês, outros); 4) *description*, descrição textual do conteúdo; 5) *keyword*, palavra(s)-chave descrevendo os tópicos do objeto; 6) *structure*, organização, podendo ser atômico, coleção, rede, hierárquico e linear; 7) *aggregation level*, número que indica o nível de agregação do objeto, podendo ser: 1 (menor nível, fragmento), 2 (uma coleção de nível 1, por exemplo, uma lição), 3 (uma coleção de nível 2, por exemplo, um curso) e 4 (o maior nível de granulosidade, por exemplo, um conjunto de cursos necessários). Este atributo está relacionado com a estrutura deste (*structure*).

A categoria *Technical* agrupa os requisitos e características técnicas do objeto, através dos seguintes atributos: 1) *format*, formato de todos os componentes (MIME types). Este atributo pode ser usado para identificar o programa necessário para acessar

o objeto; 2) *size*, tamanho em bytes; 3) *location*, URL (*Universal Resource Locator*) do objeto; 4) *requirement*: requisitos técnicos necessários para uso do objeto. Os requisitos podem estar organizados em grupos e estarem interligados por conector lógico AND e OR. Esse elemento contém os seguintes dados: *type*, sistema operacional e navegador (relacionado com o atributo nome da tecnologia); *name*, nome da tecnologia usada; *version minimum*: versão mínima exigida para o tipo de tecnologia associada; 6) *duration*, tempo de duração (utilizado para sons, vídeos, animações).

Outra categoria importante é a *Educational*. Essa é responsável pelo agrupamento das características educacionais e pedagógicas do objeto de aprendizagem, importantes para o processo de adaptação. Nesta categoria, os seguintes atributos foram utilizados: 1) *interactivityType*, modo predominante de aprendizagem (ativa, expositiva, mista); 2) *learningResourceType*, tipo específico do objeto, podendo ser um conteúdo, exercício, resumo, anotação, trabalho em grupo, trabalho individual, revisão, análise, exemplo, tarefa, curso, auto-avaliação, simulação, questionário, diagrama, figura, gráfico, índice, slide, tabela, teste, experiência, texto, problema, palestra, narrativa, vídeo, outros; 3) *interactivityLevel*, grau de interatividade (muito baixo, baixo, médio, alto, muito alto); 4) *intendedEndUserRole*, tipo de usuário para o qual foi desenvolvido o objeto (professor, aluno, geral); 5) *context*, ambiente principal para uso do objeto, podendo ser escola, universidade, treinamento, geral; 6) *ageRange* - idade do usuário final esperado; 7) *difficulty*: dificuldade associada ao uso do objeto, podendo ser muito fácil, fácil, médio, difícil, muito difícil; 8) *description*, descreve a estratégia pedagógica a ser utilizada. Esse atributo está relacionado com o Estilo de Aprendizagem do aprendiz e com o atributo *learningResourceType* do objeto, possuindo os seguintes valores válidos: conteúdo didático, tarefas, exercícios, trabalho em grupo, revisão do conteúdo, anotações, exemplos, análise de tarefas, diagramas, resumo geral, plano de aula, desenvolvimento de objetivos.

A categoria *Relations* descreve o relacionamento entre os objetos educacionais que compõem um objeto e entre outros relacionados, caso existam. Esta categoria é fundamental para que o AP consiga gerar a seqüência correta de informações que compõem um objeto sendo manipulado por um aprendiz. Os seguintes elementos compõem a categoria: 1) *kind*, natureza do relacionamento entre o objeto e o apontado no elemento *resource*. Com esta categoria é possível determinar, por exemplo, se um objeto é pré-requisito de outro. Para isto, possui os seguintes valores válidos: *Ispartof*, *Haspart*, *Isversionof*, *Hasversion*, *Isformatof*, *Hasformat*, *References*, *Isreferencedby*, *Isbasedon*, *Isbasisfor*, *Requires*, *Isrequiredby*; 2) *resource*, conjunto de elementos que descreve e identifica o objeto referenciado.

A categoria *rights* agrupa os direitos de propriedade intelectual e as condições de uso do objeto. Os seguintes atributos são utilizados: 1) *cost*, se a utilização do objeto requer pagamento; 2) *copyright*, se há restrições de direito autoral para o uso do objeto; 3) *restrictions*, comentários sobre as condições de uso do objeto. Embora esta categoria não seja utilizada atualmente pelo GlobalEdu, entende-se que a mesma é importante na continuidade do sistema, principalmente no que se refere às restrições de compartilhamento de objetos educacionais por diferentes repositórios.

3.3.3 Contexto

No GlobalEdu, **contexto** é definido como toda informação relevante para o aprendiz e que pode ser obtida para suporte ao seu processo educacional, levando em consideração seu modelo. O modelo de contexto no GlobalEdu é dividido em **Contexto**

Social e Contexto Físico. As informações que caracterizam o contexto foram definidas considerando o objetivo e a característica da arquitetura do GlobalEdu.

O Contexto Social possui elementos estáticos e dinâmicos. Os elementos estáticos descrevem informações associadas a **pessoas, eventos e recursos** de uma localização, caracterizada como Região Geográfica e é denominado **Contexto Região**. O elemento dinâmico refere-se à presença de outros aprendizes no contexto. Com isso, é possível identificar, no contexto do aprendiz, outros aprendizes que possam se relacionar com ele, considerando seus perfis. A presença de outros aprendizes no contexto é um elemento especial, tanto na percepção como no tratamento das suas informações. Essa informação é provida ao GlobalEdu diretamente pelo ambiente de execução ubíquo. Basicamente, os aprendizes são percebidos pelo ambiente através dos seus respectivos APs. Esses são, do ponto de vista do ambiente ubíquo, uma aplicação e, desta forma, podem ser facilmente identificados. Em função disto, considera-se que esta informação é mais dinâmica, visto que APs podem entrar e sair do contexto.

As informações do Contexto Região são providas externamente, de forma análoga aos objetos de aprendizagem. Considera-se que essas informações não se alteram frequentemente. As informações estão representadas em um *Repositório de Contexto Região* disponíveis em cada Região Geográfica.

Tabela 3.3: Contexto Região no GlobalEdu

ContextRegion					
Person	identification	Resource	identification	Event	identification
	name		type		nome
	type		description		type
	address		name		description
	fone		specification		schedule
	e-mail		location		bucket
	homePage		bucket		
	role				
	location				
	commitments				
	bucket				

A categoria *Person* descreve informações sobre pessoas associadas a uma determinada localização. A categoria Pessoa contém os seguintes elementos: 1) *identification*: identificador da pessoa; 2) *name*: seu nome completo; 3) *type*: tipo da informação, podendo ser pessoal e profissional; 4) *address*: endereço completo (rua, número, bairro, cidade); 5) *fone*: telefone de contato; 6) *e-mail*: endereço eletrônico associado à localização; 7) *home-Page*: URL da página pessoal; 8) *role*: papel que a pessoa exerce dentro do contexto, sendo este dependente do domínio. Em um campus, estes valores referem-se, por exemplo, a professor, aluno, funcionário, etc.; 9) *location*: local de trabalho; 10) *commitments*: agenda da pessoa dentro da localização; 11) *bucket*: campo para extensão das informações se necessário. Em geral, contém as competências desta pessoa ou indicação de fonte para mais informações.

A categoria *Resource* representa as informações de recursos disponíveis no local e contém os seguintes elementos: 1) *identification*: identificação, podendo ser um código ou uma URL; 2) *type*: tipo de recurso, podendo ser geral ou educacional. Isto identifica se um recurso é de uso específico para fins educacionais ou para uso geral; 3)

description: descrição a que se refere o recurso. Por exemplo, pode ser um software, livro, laboratório, sala, setor, repositório de informações, etc; 4) *name*: nome dado ao recurso. Por exemplo, biblioteca, sala de aula, auditório, etc; 5) *specification*: elementos que compõem o recurso; 6) *location*: localização do recurso dentro do contexto; 7) *bucket*: campo para extensão das informações se necessário.

A categoria *Event* representa os eventos que acontecem em um determinado lugar, contendo os seguintes elementos: 1) *identification*: identificação, podendo ser um código ou uma descrição; 2) *name*: nome do evento; 3) *type*: tipo do evento, sendo este dependente do domínio que está sendo representado. Em um campus pode ser, por exemplo, uma disciplina, palestra, curso de extensão, etc; 4) *description*: assunto a que se refere o evento; 5) *schedule*: dados sobre data e hora do evento; 6) *bucket*: campo para extensão das informações se necessário.

O Contexto Físico manipula informações de interesse da execução do AP e dos recursos educacionais acessados pelo aprendiz. Essas informações são fornecidas ao GlobalEdu pelo ambiente de execução. Ressalta-se que as informações consideradas para o contexto físico consistem em dados de contexto físico interpretados⁶. A Tabela 3.4 apresenta as informações de Contexto Físico necessárias à execução do GlobalEdu.

Tabela 3.4: Modelo de contexto físico

PhysicalContext
network type
network width
location
device
device autonomy
programs

As informações que compõem os elementos são as seguintes: 1) *network type*: corresponde ao tipo de rede que o usuário está acessando dentro do contexto em que ele se encontra no momento, podendo ser LAN, WAN, desconectada; 2) *network width*: descreve a situação de sua conectividade no momento, podendo ser alta, média ou baixa; 3) *location*: descreve a localização do usuário dentro do contexto, podendo ser casa, trabalho, rua, prédio, sala, etc. A precisão quanto à localização depende da tecnologia de posicionamento usada; 4) *device*: descreve o tipo de dispositivo que o usuário está acessando no momento, podendo ser PDA, celular, *desktop*, *notebook*, etc., 5) *device autonomy*: identificação do nível da bateria do dispositivo, podendo ser alta, média, baixa e muito baixa. Caso o dispositivo seja um *desktop*, este atributo tem valor vazio; 6) *programs*: lista de programas disponíveis no dispositivo, importante para suporte aos objetos de aprendizagem.

⁶ Segundo Yamin (2004), “um dado de contexto interpretado resulta da transformação do dado sensorado em um dado interpretado. Por exemplo, a localização em coordenadas (sensorado), é fornecida como o local onde está o usuário (interpretado), através de mnemônicos, tais como rua, casa, escritório, etc”.

3.4 Arquitetura

A arquitetura do GlobalEdu provê uma organização em Camadas. A Camada de Aplicação é representada por um Agente Pedagógico (AP), cujo objetivo é auxiliar a interação do aprendiz no ambiente. Um agente é uma entidade autônoma, capaz de perceber o ambiente através de estímulos e agir neste ambiente executando ações (RUSSEL, 1995). Quando projetados e desenvolvidos para dar apoio ao aprendizado, interagindo com o aprendiz com o objetivo de facilitar o seu aprendizado, são chamados Agentes Pedagógicos (GIRAFFA, 1998).

Na Camada de Sistema, a arquitetura propõe um conjunto de módulos necessários para auxiliar o processo educacional do aprendiz no ambiente ubíquo, manipulando o contexto do aprendiz, seu perfil e seus conteúdos, além de elementos que auxiliem a execução do AP e dos recursos que ele manipula. Os módulos são organizados em Educacionais e de Suporte. Os Módulos Educacionais são responsáveis pelo armazenamento e gerenciamento das informações educacionais manipuladas no GlobalEdu, executando tarefas em dispositivos estáveis da arquitetura. Assim, executam funções específicas relacionadas ao perfil do aprendiz, do conteúdo e do contexto, notificando o AP sempre que uma informação relevante está disponível. Os Módulos de Suporte são responsáveis pelos elementos que auxiliam a execução do AP e dos demais módulos da arquitetura. Um módulo de suporte especial é o de Comunicação. Esse é responsável pela comunicação do GlobalEdu com o *middleware* de execução, abstraindo a complexidade de comunicação com a Camada de Execução. Esse método também provê uma maior portabilidade do GlobalEdu. Na Camada de Execução tem-se o *middleware*⁷ de suporte à execução. O modelo considera que o ambiente de execução provê os elementos necessários para o GlobalEdu. Os requisitos considerados pelo GlobalEdu para essa camada são destacados na seção 3.5. A Figura 3.1 apresenta a visão geral da arquitetura do sistema.

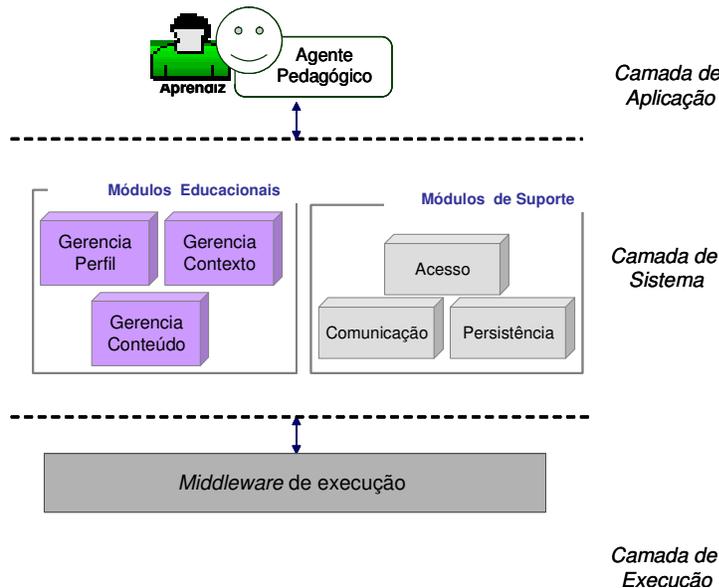


Figura 3.1: Visão geral da arquitetura GlobalEdu

⁷ O termo *middleware* é empregado para denotar um conjunto genérico de serviços sobre o sistema operacional (IET, 2001 *apud* YAMIN, 2004).

A arquitetura reflete as questões abordadas no capítulo 2, em especial as relacionadas com os aspectos pedagógicos (seção 2.2), as concepções e os elementos que caracterizam a Educação Ubíqua (seção 2.3). A Tabela 3.5 e a Tabela 3.6 abaixo fazem um paralelo entre esses elementos e as decisões de projeto do GlobalEdu que atendem a esses aspectos.

Tabela 3.5: Elementos da Educação Ubíqua X GlobalEdu

Elementos	GlobalEdu
Autonomia	Uma vez acessando a rede GlobalEdu, o aprendiz tem a sua disposição o Agente Pedagógico (AP). Não existe a necessidade de um vínculo formal do aprendiz com um curso, por exemplo, para acessar as informações. As informações estão disponíveis no ambiente na forma de Objetos de Aprendizagem e elementos de contexto. O sistema sugere informações de contexto e conteúdos ao aprendiz, conforme a visibilidade determinada por ele. A manipulação efetiva de qualquer elemento fornecido pelo GlobalEdu é decisão do aprendiz. Desta forma, os Módulos Educacionais são desenvolvidos voltados para a autonomia do aprendiz.
Aprendizagem significativa	Os Módulos Educacionais garantem que, a partir do perfil do aprendiz e do seu contexto, sejam direcionados conteúdos e informações de contexto que estejam relacionadas com os seus objetivos e interesses. Como indivíduo autônomo, o aprendiz tem a possibilidade de fazer uma relação entre os elementos já conhecidos por ele e os novos elementos apresentados.
Interatividade	O Módulo Educacional Gerencia Contexto relaciona aprendizes em um mesmo contexto. Esse relacionamento pode ser por similaridade ou complementaridade, a partir dos objetivos, competências e interesses dos aprendizes no contexto. Dessa forma, o aprendiz interage com outros aprendizes no contexto, manipulando informação ora como quem aprende, ora como quem ensina. Esse aspecto influencia de forma significativa a construção do conhecimento e o significado das informações manipuladas pelo aprendiz. Os relacionamentos do aprendiz em um contexto fazem parte do seu perfil.
Aprendiz	O Módulo Educacional Gerencia Perfil representa e gerencia o perfil do aprendiz no ambiente. A partir do AP, o aprendiz interage com os elementos do ambiente de forma adaptada ao seu perfil.
Mobilidade	O Módulo Educacional Gerencia Contexto percebe a localização do aprendiz e fornece informações de acordo com seu contexto. Através do Módulo de Suporte Acessos, a

Elementos	GlobalEdu
	mobilidade do aprendiz em cada contexto é armazenada em seu perfil. A partir disso, é possível considerar a mobilidade do aprendiz na adaptação do seu perfil.
Conteúdo	O Módulo Educacional Gerencia Conteúdo representa e gerencia o fornecimento dos conteúdos disponíveis no ambiente ao aprendiz, conforme seu perfil e seu contexto. Os conteúdos podem ser acessados de qualquer lugar, sua representação suporta vários formatos e a heterogeneidade de dispositivo e redes de interconexão é considerada.
Consciência do contexto	O contexto é representado através de informações genéricas e que podem ser relacionadas com o maior número de aprendiz. Assim, o Módulo Educacional Gerencia Contexto relaciona as informações de contexto Social e Físico do aprendiz de forma a garantir uma interação desse com o sistema. A partir do AP, são fornecidas informações de contexto adaptada ao perfil do aprendiz.

A tabela 3.6 abaixo apresenta os elementos providos pelo GlobalEdu e sua relação com os demais elementos propostos por Ogata, Thomas e Yang. Visto que estes trabalhos abordam a Educação Ubíqua, fica claro que o GlobalEdu está atendendo aos aspectos considerados básicos para prover este tipo de educação.

Tabela 3.6: Concepções quanto aos elementos da Educação Ubíqua X GlobalEdu

Ogata	Thomas	Yang	GlobalEdu
Quem	Comunidade	Colaboradores	Aprendizes
O que	Autonomia	Conteúdos	Conteúdo
Onde	Localidade	Serviços	Contexto
Quando	Autonomia	Serviços	Perfil/Contexto
Por que	Relacionamento	Conteúdos	Perfil/Contexto

3.5 Modelo de Execução

Para atender as decisões de projeto do GlobalEdu, é desejável que a camada de execução suporte os seguintes requisitos:

1. Percepção do contexto físico. É necessário que o ambiente de execução forneça os elementos de contexto físico relevantes para o sistema, a saber: localização do aprendiz no contexto, tipo e autonomia do dispositivo, tipo de rede que o aprendiz está acessando no contexto e situação da sua conectividade no momento e programas disponíveis no dispositivo;
2. Suporte à mobilidade do aprendiz. O ambiente de execução deve, transparentemente, dar suporte a mobilidade do aprendiz portanto seu AP através

dos diferentes locais de uma região geográfica ou entre regiões geográficas. No GlobalEdu, a área de abrangência de uma região geográfica é determinada por um escopo institucional, como um campus, uma cidade, etc. Fisicamente, pode abranger o escopo de uma rede local cabeada ou sem fio;

3. Suporte à comunicação e migração entre servidores distribuídos. O ambiente deve auxiliar a comunicação entre os servidores GlobalEdu, permitindo a busca de recursos, como objetos de aprendizagem e outros elementos para suporte à execução do AP. Em função disso, o ambiente de execução deve dar suporte para que recursos em execução em um dispositivo, continuem seu processamento em outro de forma adaptada, não sendo necessário reiniciar a aplicação, caracterizando acesso persistente a código e dados, independente de dispositivo ou software básico. O GlobalEdu é responsável pelo código das diferentes interfaces do AP;

4. Acesso ao sistema em escala global. O AP acessa os recursos da rede independente de sua localização física ou forma de deslocamento. Considera-se uma conectividade intermitente, com da possibilidade de comunicação em escala global. Embora ainda não se disponha de uma rede móvel global que permita este deslocamento, previsões indicam que em breve esta será realidade. Um exemplo são as redes sem fio metropolitanas (conhecidas como redes WiMax (2006)), que permitem cobrir cidades inteiras.

Das características destacadas, os itens 1 e 2 são fundamentais para o funcionamento dos elementos propostos pelo GlobalEdu. Caso o sistema não suporte os itens 3 e 4, considera-se que o GlobalEdu poderá ser aplicado em ambientes considerados de acesso local, abrangendo, nesse caso, uma localização caracterizada como uma Região Geográfica (ver Figura 3.2). Essa característica viabiliza o uso dos componentes do GlobalEdu em sistemas que não suportem computação em larga escala.

Desta forma, o GlobalEdu adota uma organização distribuída, considerando a existência de uma rede global com suporte à acesso sem fio, interligada a outra cabeada que provenha a estrutura de serviços e equipamentos em escala global (rede ubíqua), formando uma rede de aprendizagem ((ELENA, 2004), (SELENE, 2004)). Para a execução dos módulos do GlobalEdu, considera-se a presença de um *middleware* para prover os requisitos determinados para o ambiente de execução.

A partir de um modelo cliente/servidor, o AP comunica-se com o servidor GlobalEdu, que contém os Módulos Educacionais e de Suporte. Cada servidor atende uma região denominada Região Geográfica (escopo institucional), pressupondo-se a existência de um servidor GlobalEdu em cada região. Cada servidor pode atender um ou mais aprendizes, portanto, um ou mais APs. O AP tem uma visão única da rede GlobalEdu, comunicando-se com os servidores independente de localização. Independente de onde o aprendiz esteja, é possível acessar seus dados e executar serviços. Uma visão única dos repositórios (MOURA, 2005) do sistema também é considerada na execução dos Módulos Educacionais.

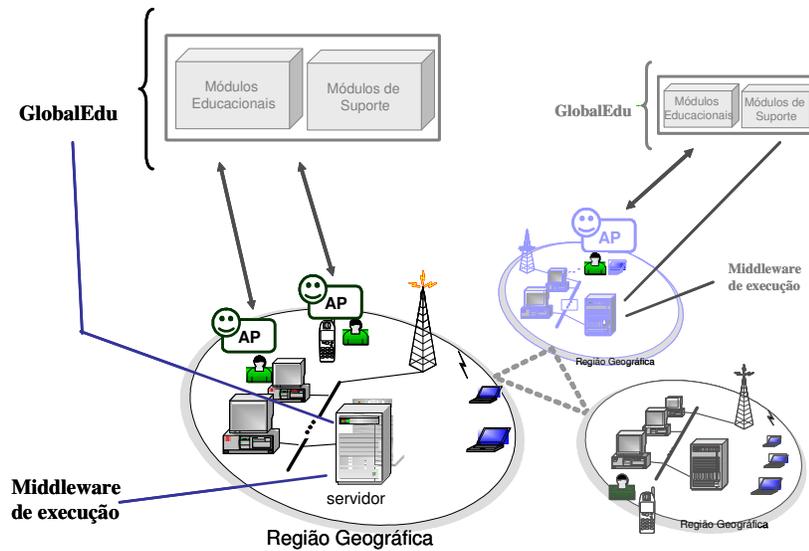


Figura 3.2: Modelo de Execução do GlobalEdu

3.6 Modelo de Comunicação

Os Módulos Educacionais e os Módulos de Suporte comunicam-se diretamente através de troca de mensagens. Já a comunicação destes com a Camada de Execução e Camada de Aplicação ocorre através de mensagens que são tratadas pelo MS Comunicação. Todas as mensagens processadas por esse módulo são enviadas/recebidas pelo *middleware*. Desta forma, a Camada de Execução sabe como e para onde encaminhar cada mensagem. Assim, o MS Comunicação isola dos demais componentes do GlobalEdu a comunicação com o *middleware*. Dessa forma, entende-se que uma vez alterado o *middleware*, é necessário agregar novas funcionalidades para comunicação com o mesmo.

A comunicação no GlobalEdu é realizada de forma direta, através de troca de mensagens. Para isso, é utilizado um protocolo definido por parâmetros, sendo estes:

- **performativa:** é um valor que identifica qual ação o módulo receptor da mensagem deverá tomar;
- **remetente/destinatário:** indica quem está enviando e a quem se destina a mensagem. No envio é passado um identificador único para que o *middleware*, ao receber a mensagem, possa encaminhá-la.
- **conteúdo:** é o objeto que está sendo enviado com a mensagem, correspondendo ao conteúdo da mensagem;

A interpretação da mensagem é padronizada através de uma ação de processamento implementada tanto pelo AP como pelos elementos da Camada de Sistema. A partir do processamento da mensagem, é possível iniciar qualquer processo interno nos elementos da arquitetura.

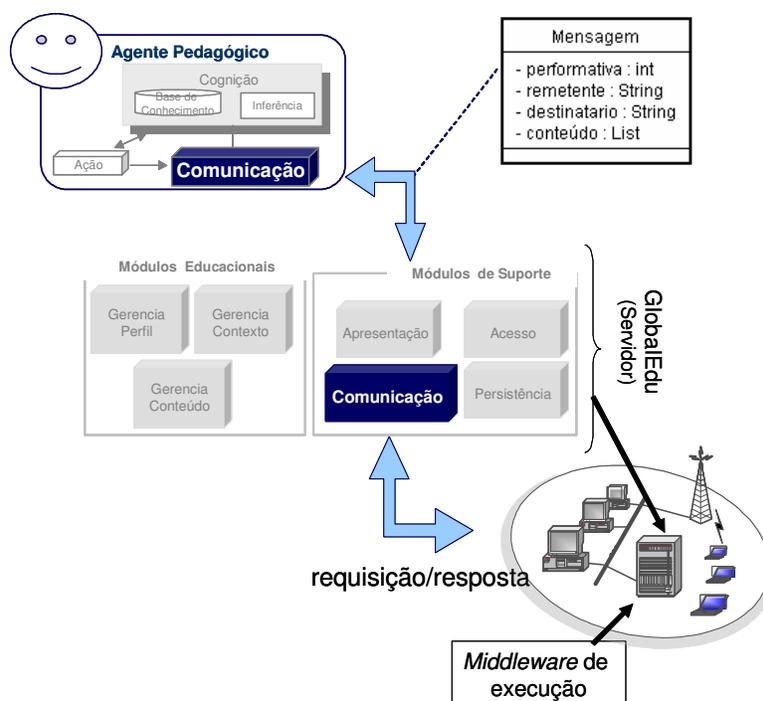


Figura 3.3: Modelo de Comunicação do GlobalEdu

3.7 Modelo de adaptação

As variáveis de adaptação estão relacionadas às características do aprendiz, do conteúdo que ele manipula e do contexto em que ele se encontra. O modelo de adaptação do módulo Gerencia Perfil utiliza as categorias *commitments*, *goal*, *competence*, *interest*, *preferences*, *relations*, *learning style* e *trail*. O módulo Gerencia Conteúdo utiliza as categorias *technical*, *educational* e *general*, além das categorias *goal*, *learning style* e *preferences* do modelo de aprendiz. O módulo Gerencia Contexto utiliza as categorias Contexto Localização e Contexto Físico, além das categorias *goal*, *competence*, *interest*, *preferences* do modelo do aprendiz e a categoria *technical* do modelo de conteúdo.

A adaptação é apoiada pelo *middleware* de execução, que pró-ativamente fornece informações sobre o contexto relevante ao processo educacional. Com isto, o ambiente deve ser capaz de gerar uma seqüência de informações (objetos de aprendizagem, informações de contexto) sob demanda, provendo o aprendiz de possibilidades educacionais e apoio em qualquer momento, a partir de qualquer lugar, independente do dispositivo de acesso.

Segundo Brusilovsky (1996b), a adaptatividade é a habilidade de mudar a aparência do recurso com relação ao modelo sendo adotado. O GlobalEdu aborda uma apresentação adaptável. Considerando os estilos de aprendizagem, adapta os conteúdos educacionais. Além disso, considera o tipo de dispositivo para adaptar tanto conteúdo como interface do sistema.

O GlobalEdu provê os mecanismos necessários para que o aprendiz, ao acessar à rede, tenha a sua disposição recursos do sistema que o auxiliem no processo educacional. As informações estão disponíveis no ambiente na forma de Objetos de Aprendizagem e elementos de contexto, e podem ser acessadas conforme o perfil e o contexto do aprendiz. Assim, a proposta do GlobalEdu difere-se de sistemas como

ELM-ART (BRUSILOVSKY, 1996a) e AdaptWeb (2001), por exemplo. Nestes, existe um vínculo formal do aprendiz com um “curso” a ser desenvolvido. O processo de adaptação ocorre no contexto do curso e do ambiente, não considerando informações relativas ao contexto e a mobilidade e adaptação dos recursos conforme o dispositivo do aprendiz.

3.8 Considerações sobre o capítulo

Este capítulo abordou uma visão geral dos elementos principais que compõem a arquitetura do GlobalEdu e sua macro-organização. A importância deste capítulo está em compreender como os elementos apresentados no capítulo 2 foram abordados na arquitetura. Nesse sentido, foram apresentados os principais elementos para representar o aprendiz, o conteúdo e o contexto, como estes elementos foram organizados na arquitetura, os aspectos relacionados ao ambiente de execução, a comunicação e a adaptação.

Para o GlobalEdu, o ambiente educacional ubíquo deve ser dedicado às questões educacionais, deixando que o ambiente computacional garanta os elementos necessários para a execução das aplicações educacionais sob uma perspectiva ubíqua. A arquitetura proposta reflete as questões abordadas no Capítulo 2, em especial as relacionadas com os aspectos pedagógicos (seção 2.2), as concepções e os elementos que caracterizam a Educação Ubíqua (seção 2.3). As Tabelas 3.5 e 3.6 destacam as decisões de projeto do GlobalEdu atendem aos aspectos pedagógicos e concepções que caracterizam a Educação Ubíqua.

Considerando os aspectos gerais da arquitetura do GlobalEdu, o próximo capítulo apresenta o modelo do sistema.

4 GLOBALEDU: ASPECTOS DE MODELAGEM

Esse capítulo apresenta a modelagem dos elementos que compõem a arquitetura do GlobaEdu. Salienta-se que, como esta Tese aprofunda a consciência do contexto do aprendiz, o ME Gerencia Contexto será apresentado e detalhado no Capítulo 5.

4.1 Agente Pedagógico - AP

O Agente Pedagógico (AP) é concebido como um agente pedagógico do tipo Agente de Interface (GIRAFFA, 1998) e tem como objetivo colaborar com a aprendizagem do aprendiz, auxiliando na interação deste com o ambiente ubíquo. O AP acompanha o aprendiz, suportando suas necessidades educacionais nos diferentes contextos, considerando diferentes interfaces de apresentação. O agente também representa o aprendiz no ambiente, uma vez que o aprendiz é percebido no ambiente a partir de seu AP. Além disso, conhece o perfil, o conteúdo em manipulação e o contexto do aprendiz. Assim, o aprendiz, a partir do AP, pode realizar algumas ações, conforme apresenta o diagrama de caso de uso da Figura 4.1.

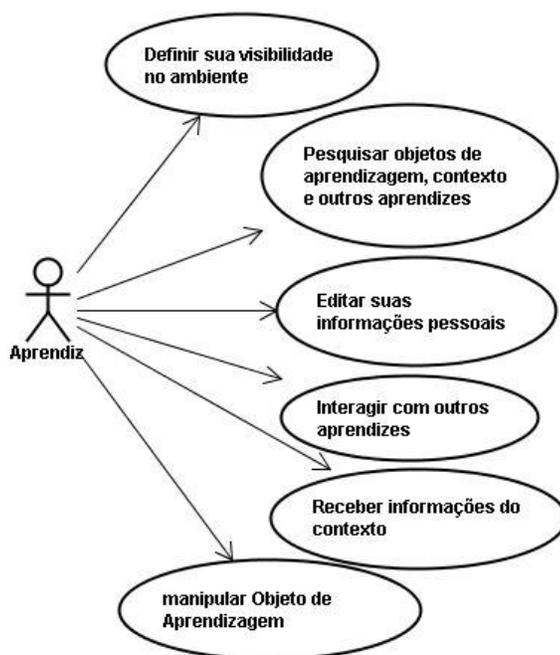


Figura 4.1: Ações do aprendiz

O AP tem como objetivos a apresentação dos objetos de aprendizagem e de informações de contexto, interação com outros outros aprendizes através de seus APs,

administração de *status* do aprendiz quanto à interação no ambiente e manutenção da base de conhecimento para permanecer operacional durante os períodos de desconexão. O AP possui como principais características:

- Adaptabilidade. Tem a capacidade adaptar-se ao dispositivo do aprendiz, apresentando as informações de acordo com o dispositivo;
- Consciência do contexto do aprendiz. Com o auxílio dos módulos educacionais, apresenta ao aprendiz informações de acordo com suas necessidades e o local em que ele se encontra, permitindo a interação do aprendiz com os elementos do contexto;
- Autonomia. O agente age sem a interferência humana, sendo invocado automaticamente no momento em que o aluno iniciar a interação com o sistema ou quando determinados eventos ocorrerem;
- Comportamento social. Capacidade de perceber e interagir com outros aprendizes no contexto onde se encontra o aprendiz;
- Pró-atividade: A partir de eventos percebidos, organiza a informação a ser disponibilizada ao aprendiz de acordo com o contexto em que esse se encontra. Além disso, ao perceber uma desconexão da rede, o agente se mantém operando dentro dos limites da capacidade do dispositivo, embora com restrição de acesso aos demais módulos do sistema

Para subsidiar as decisões de projeto para o AP, foram realizados estudos sobre agentes e agentes pedagógicos, apresentados no Apêndice A.

4.1.1 Arquitetura

A arquitetura do AP é baseada em Shoam (1993), possuindo dois tipos básicos de funcionamento: uma estrutura cognitiva baseada em crenças e uma estrutura reativa baseada em eventos. As crenças, correspondentes ao conhecimento do agente a respeito do estado corrente do aprendiz, são compostas pelo perfil do aprendiz, seu contexto atual e os objetos de aprendizagem em manipulação. Essas informações são utilizadas na composição de regras de produção, consultadas através do encadeamento progressivo (RUSSEL, 1995), sendo este o formalismo utilizado para o raciocínio do agente.

De acordo com as mensagens recebidas e enviadas à Camada de Sistema da arquitetura, o AP executa um conjunto de ações específicas para realizar seus compromissos. Basicamente, o compromisso do AP corresponde à interação com o aprendiz. O AP tem como principais capacidades a apresentação dos objetos de aprendizagem e de informações de contexto, interação com outros APs (outros aprendizes), manutenção de crenças, adaptação à dispositivos e administração da visibilidade com o ambiente.

Assim, a arquitetura do AP é composta dos módulos Cognição, Capacidades e Comunicação (Figura 4.2). O módulo Cognição é responsável por realizar inferências a partir de eventos oriundos do módulo de Comunicação. Através disso, as informações da Base de Conhecimento são manipuladas e ações são determinadas, considerando os objetivos do agente. O módulo Capacidades contém as ações que o agente possui para atender o aprendiz no ambiente ubíquo. O conjunto de ações a serem executadas é definido pelo módulo de Cognição do agente. Finalmente, o módulo Comunicação é responsável pela interação do AP com o aprendiz e os demais elementos da Camada de Sistemas da arquitetura.

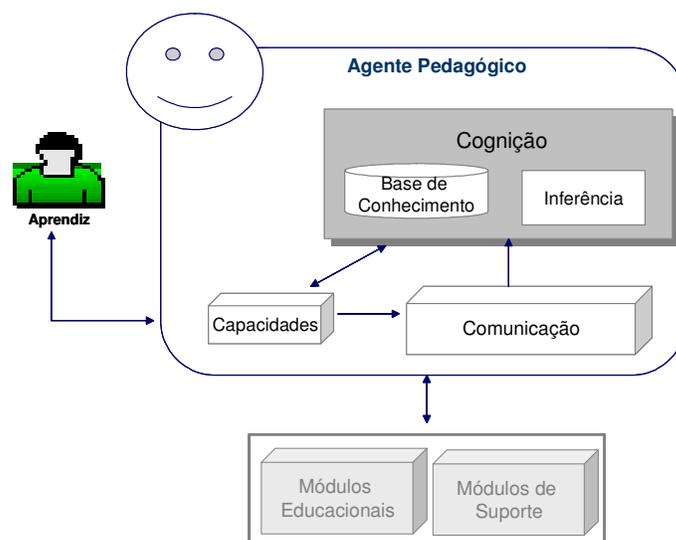


Figura 4.2: Arquitetura do AP

4.1.1.1 Cognição

O Módulo de Cognição contém uma Base de Conhecimento e um módulo de Inferência. O primeiro representa o estado corrente do AP quanto ao perfil do aprendiz, o seu modelo de conteúdo, seu modelo de contexto da localização que se encontra e seu *status*. O segundo é responsável por definir como o agente atende a um determinado estímulo ou requisição.

4.1.1.2 Base de Conhecimento

A seção 3.3 apresentou as informações que são usadas pelo agente para representar seu conhecimento, expresso através de suas crenças. Para a representação do modelo corrente do aprendiz, o agente tem a capacidade de:

- Representar perfil. Internamente, o AP mantém uma estrutura de dados que representa as informações do perfil do aprendiz, considerando o metadado apresentado na seção 3.3.1. Essas informações auxiliam na definição das ações do agente e na manipulação direta pelo aprendiz dessas informações;
- Representar modelo de conteúdo. O modelo dos conteúdos em manipulação do aprendiz é representado na forma do metadado apresentado na seção 3.3.2. Estas informações são importantes para que o AP se mantenha operacional durante os períodos de desconexão, além de gerar o histórico de manipulação dos objetos, identificando quando objetos são necessários para seguir a seqüência estabelecida ou quando o objeto foi completamente manipulado.
- Representar o modelo de contexto localização do aprendiz. O contexto localização do aprendiz é representado seguindo o metadado abordado na seção 3.3.3. Estas informações são importantes para que o AP possa realizar suas ações referentes à consciência do local onde o aprendiz se encontra.

Além disso, a base de conhecimento contém o *status* do aprendiz no momento, a saber: desconectado, invisível, disponível e indisponível.

4.1.1.3 Inferência

O módulo de Inferência é responsável por definir como o agente atende a um determinado estímulo ou requisição. Para isso, o módulo determina as ações que devem ser executadas pelo AP, a partir das mensagens recebidas do módulo de comunicação (percepções). Para determinar que ações são executadas em função das percepções do agente, são determinadas regras de comportamento (SHOAM, 1993), que podem ser vistas conforme o formato WHEN-IF-THEN. A parte WHEN determina a mensagem recebida pelo AP. O IF compara o estado corrente com as condições requeridas para que a regra seja aplicada. O THEN define as ações do agente e mudanças em seu modelo necessárias.

4.1.1.4 Capacidades

A partir das mensagens recebidas através do MS Comunicação, o AP executa um conjunto de ações específicas para realizar seus compromissos. Algumas capacidades do AP, classificadas como gerais, atendem a eventos oriundos do ambiente ou do próprio agente. As demais capacidades visam atender as necessidades do aprendiz quanto ao perfil, o conteúdo manipulado e o contexto que ele se encontra. Considerando que o AP pode executar em dispositivos heterogêneos e com capacidade de armazenamento limitada, algumas capacidades podem ser instaladas no AP sob demanda, isto é, apenas quando necessárias, sendo desinstaladas a seguir. O AP é o responsável por instalar e desinstalar essas capacidades em virtude dessas limitações. As Capacidades alocadas sob demanda no AP correspondem à geração do perfil, interação com outros aprendizes no contexto e acesso ao ambiente.

O AP possui capacidades gerais do agente correspondem a elementos de administração do sistema, sendo as seguintes:

- **Define estado do aprendiz no ambiente.** O aprendiz pode escolher como sua presença no ambiente será percebida. Em especial, esses estados dizem respeito a como o aprendiz quer se relacionar com os elementos do Contexto Social. Os estados possíveis do aprendiz no ambiente são **Disponível**, **Indisponível**, **Invisível** e **Desconectado**. Os dois primeiros estados podem ser combinados quanto à interação com outros aprendizes e quanto ao recebimento de informações sobre o Contexto Região. Quando em estado Indisponível as informações não são automaticamente enviadas ao aprendiz, sendo acessadas somente quando esse solicitar. Em caso de estado Invisível, embora recebendo informações do contexto, outros aprendizes não são informados da sua presença. Caso o aprendiz decida interagir com algum aprendiz, seu estado passa para Disponível. O estado Desconectado é inferido automaticamente pelo AP quando percebida conexão de rede indisponível. Nesse caso, o aprendiz não recebe informações do ambiente;
- **Serialização.** Essa funcionalidade é responsável por serializar o estado do AP para armazenamento no módulo de Persistência da arquitetura. A serialização é uma espécie de “empacotamento” do estado interno do AP. Essa é realizada quando os elementos do contexto físico indicarem: banda de rede baixa, bateria dos dispositivos em estado baixo, alteração da localização referente a uma Região Geográfica ou desconexão do sistema pelo aprendiz;
- **Acesso ao ambiente.** Essa funcionalidade atende o registro e o acesso do aprendiz no GlobalEdu e é alocada sob demanda. Um aprendiz pode se registrar

em qualquer contexto. É papel do ambiente de execução dar suporte ao acesso do AP em qualquer contexto;

- **Gera histórico.** Essa funcionalidade é responsável por gerar o histórico do aprendiz no dispositivo. O histórico é composto de um *log* contendo informações sobre programas executados, estados (*status*) estabelecidos e tempo de duração em cada um deles, objetos de aprendizagem manipulados, tempo de interação com objetos de aprendizagem e aprendizes, localização e tempo de permanência, dispositivo utilizado e informações de Contexto Região manipuladas. As informações são enviadas ao módulo Acesso da arquitetura.

As capacidades do AP quanto ao perfil do aprendiz são as seguintes:

- **Gera Perfil.** Essa ação é alocada sob demanda, sendo executada a primeira vez que o aprendiz entra no ambiente ubíquo. Nesse momento o aprendiz preenche as informações de perfil que podem ser manipuladas diretamente pelo AP (*Personal Information, Security, Commitments, Goal, Competence e Interest*). Seguindo a proposta de Cocco (2004), os estilos de aprendizagem são determinados através de um teste baseado no “Índice de Estilos de Aprendizagem de Richard M. Felder” (FELDER, 2004). O teste é apresentado ao aprendiz e o resultado é enviado ao módulo Gerencia Perfil para compor a categoria *Learning Style*.
- **Atualiza modelo interno de Perfil.** Esse pode ser atualizado de forma **implícita** e **explícita**. A primeira consiste nas atualizações realizadas pelo ME Gerencia Perfil, que atualiza o AP e os demais módulos da arquitetura. A segunda corresponde a atualizações realizadas diretamente pelo aprendiz nas categorias *Personal Information, Security, Commitments, Goal, Competence e Interest*.
- **Obtém perfil.** O AP tem a capacidade de solicitar, a qualquer momento, o perfil do aprendiz ao módulo Gerencia Perfil do ambiente. Em geral, o AP solicita informações sobre o modelo sempre que o aprendiz solicita alteração em alguma informação;
- **Informa Perfil.** Disponibiliza o perfil interno do aprendiz aos demais módulos do ambiente ou ao aprendiz.

O AP apresenta os objetos de aprendizagem (OA) para o aprendiz de acordo com os dados fornecidos pelo Gerencia Conteúdo. As capacidades do AP quanto à manipulação do conteúdo pelo aprendiz são as seguintes:

- **Consulta conteúdo.** Permite que o aprendiz consulte os OA disponíveis e possíveis de serem manipulados por ele. Os objetos são disponibilizados ao AP pelo módulo Gerencia Conteúdo. O aprendiz pode consultar objetos de duas formas: **consulta padrão** ou **consulta livre**. Na primeira os dados dos objetos disponíveis são mostrados ao aprendiz levando em consideração seu perfil. Na segunda forma, são apresentados para o aprendiz todos os conteúdos disponíveis no ambiente relacionados a uma palavra chave fornecida. Em ambas as formas, os OA apresentados levam em consideração contexto físico relacionado ao dispositivo, tipo e banda da rede e sistema operacional;
- **Solicita conteúdo.** Essa capacidade pode ser acionada **internamente** e **externamente**. O primeiro caso ocorre quando o conteúdo está sendo manipulado localmente, a partir do dispositivo do aprendiz, e o agente solicita automaticamente um conteúdo necessário para garantir a seqüência estabelecida

pelo metadado do objeto. No segundo caso, o conteúdo é solicitado como resultado de uma consulta realizada pelo aprendiz, onde esse opta por um determinado objeto a ser manipulado. Em qualquer um dos casos, o Gerencia Conteúdo é acionado para disponibilizar o objeto a ser manipulado. No caso de um novo objeto, seu metadado também é enviado ao AP para atualização de suas crenças;

- **Controla manipulação do objeto.** Essa capacidade garante a apresentação de todos os elementos que compõe um objeto sendo manipulado localmente (no dispositivo) pelo aprendiz, independente do seu contexto. Através do metadado do objeto, é possível determinar a seqüência com que ele deve ser mostrado. A partir dessa informação, o AP solicita os objetos necessários para dar continuidade à manipulação do objeto pelo aprendiz. Cada objeto tem sua apresentação controlada em função da granularidade. Quanto maior a granulosidade do objeto, maior o período de controle deste. A categoria *Kind* do objeto é usada para controlar a ordem de manipulação dos seus elementos. Objetos manipulados remotamente (no servidor) são controlados pelo Gerencia Conteúdo;
- **Atualiza modelo interno de conteúdo.** Essa ação é alocada sob demanda, sendo executada quando da atualização do modelo de conteúdo. Esse é alterado sempre que uma nova seqüência de objetos é recebida ou quando o mesmo atingiu seus objetivos. Um objetivo é considerado atingido quando a seqüência de conteúdo entregue ao aprendiz, referente ao objetivo, foi completamente manipulada pelo aprendiz. Neste caso, o AP atualiza seu modelo interno de objetos. Além disso, visto que um objetivo atingido corresponde a uma nova competência desenvolvida, essa capacidade aciona também a atualização do perfil do aprendiz, através do Gerencia Perfil;
- **Informa modelo de conteúdo.** Disponibiliza as informações sobre objetos de aprendizagem sendo manipulados pelo aprendiz aos demais módulos do ambiente ou ao próprio aprendiz.

As informações referentes ao contexto do aprendiz são apresentadas pelo AP, através das capacidades a seguir:

- **Apresenta Contexto Social.** As informações de contexto social são apresentadas ao aprendiz conforme o estado do seu AP. Esse estado determina se as informações de contexto serão apresentadas ao aprendiz sempre que sua localização for alterada ou somente quando a informação for solicitada. Caso o aprendiz esteja em estado desconectado, não é possível visualizar as informações de contexto.
- **Interage com aprendizes no contexto.** Alocada sob demanda, essa ação permite a interação do aprendiz com outros aprendizes no contexto, através dos seus respectivos APs. A interação alimenta a categoria *Relation*, do perfil do aprendiz. A interação ocorre no formato de um bate-papo;
- **Atualiza modelo interno de contexto.** Essa ação é executada sempre que o AP recebe um novo contexto. Nesse caso, uma revisão nas crenças do aprendiz quanto ao contexto ocorre e novas informações são disponibilizadas pelo AP;
- **Informa modelo de contexto.** Disponibiliza os elementos do contexto social de interesse do aprendiz aos demais módulos do ambiente ou ao aprendiz.

4.1.1.5 Módulo Comunicação

A comunicação entre o AP e os demais elementos do ambiente ubíquo segue o protocolo estabelecido pelo GlobalEdu para comunicação entre seus elementos (Capítulo 3, seção 3.6).

Quando uma mensagem recebida refere-se ao perfil do aprendiz, conteúdo ou contexto, a mesma é repassada ao módulo de Cognição. Esse módulo determina quais capacidades devem ser processadas para atender a solicitação da mensagem. O seu resultado é repassado novamente ao módulo Comunicação, para que a interação com o aprendiz ou com o ambiente seja efetivada. Utilizando-se das classes de comunicação (Figura 4.3), o AP realiza a troca de mensagens com a Camada de Sistemas do GlobalEdu.

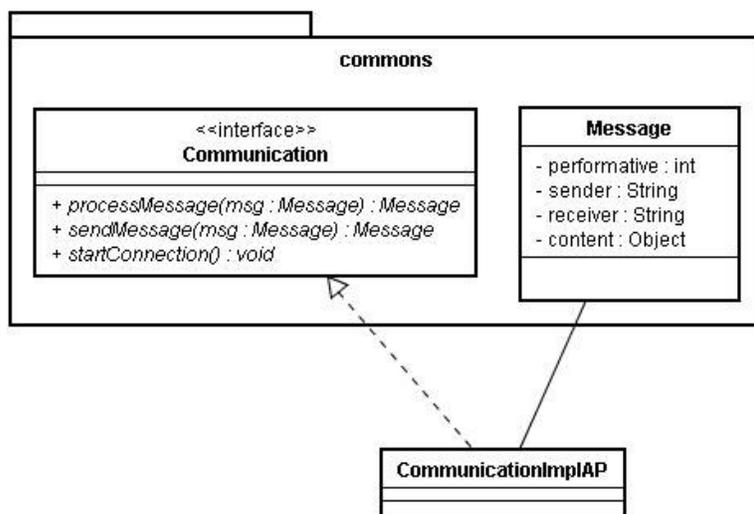


Figura 4.3: Modelo de Comunicação do AP

A classe *CommunicationImplAP* implementa a interface *Communication*. Essa possui os métodos para realizar a comunicação. As operações implementadas pela classe são as seguintes:

- *startConnection*: registro do serviço de comunicação da aplicação para que outros componentes possam utilizá-lo;
- *sendMessage*: envio da mensagem para os Módulos. Este método envolve a utilização de interfaces de comunicação com o ambiente de execução;
- *processMessage*: esta é a operação que permitirá sua chama remota pelos Módulos Educacionais. Dentro deste método é realizado o processamento da mensagem enviada/recebida.

O objeto enviado na comunicação é do tipo *Message*, que possui os atributos definidos para a mensagem. Um exemplo simples do processo de comunicação pode ser observado no diagrama da Figura 4.4: , onde o aprendiz está procurando por aprendizes no contexto. Para atender a requisição do aprendiz, o AP prepara a mensagem a partir do módulo de Cognição (*composeMessage()*). A mensagem é então enviada ao destino, onde é processada (*processMessage()*) e sua resposta retornada ao AP.

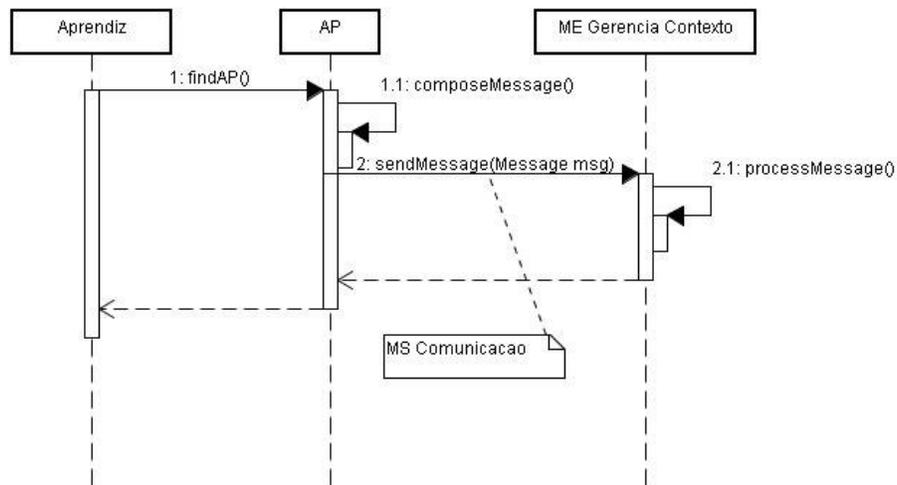


Figura 4.4: Diagrama de Seqüência – Aprendiz busca outros aprendizes

A Figura 4.5 apresenta o diagrama de classes do agente. Observa-se que a interface gráfica do AP está isolada do restante do sistema. Para isso, foi utilizado o modelo MVC (*Model View Controller*) (GAMA, 2000), a fim de permitir a adaptação do AP a diversos tipos de dispositivos, bastando para tal alterar a parte gráfica da mesma.

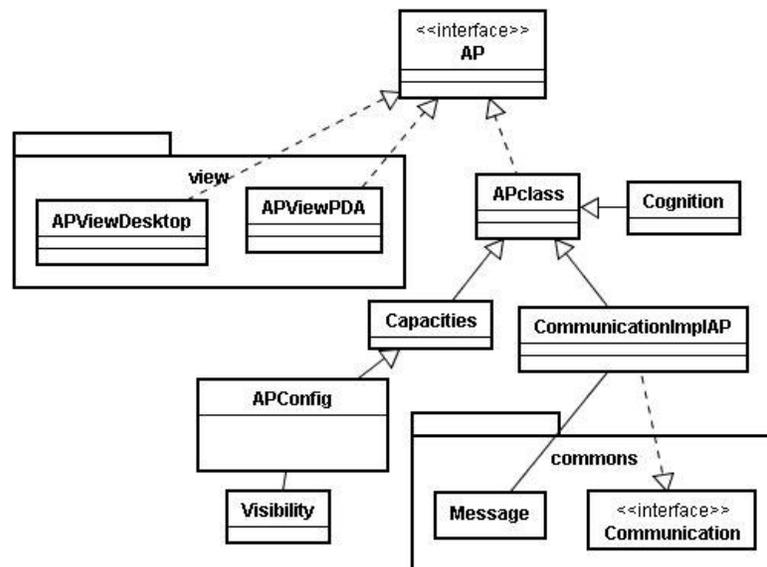


Figura 4.5: Modelo de classes do AP

4.2 Módulos Educacionais

Os Módulos Educacionais (ME) executam tarefas em dispositivos estáveis da arquitetura. Os MEs são denominados Gerencia Perfil, Gerencia Conteúdo e Gerencia Contexto. Como esta Tese dedica-se a consciência do contexto do aprendiz, o ME Gerencia Contexto será apresentado e detalhado no Capítulo 5.

4.2.1 Gerencia Perfil

Esse módulo é responsável por manipular o perfil do aprendiz, a partir de informações oriundas diretamente do aprendiz ou inferidas a partir do seu comportamento no ambiente ubíquo. Desta forma, o Gerencia Perfil deve ser capaz de revisar o modelo do aprendiz sempre que informações foram alteradas. A Figura 4.6 apresenta a interação do módulo Gerencia Perfil com os demais elementos do GlobalEdu. O módulo possui as seguintes funcionalidades:

4.2.1.1 Gerencia repositório de Perfil

No GlobalEdu, o perfil é armazenado em um *Repositório de Perfil de Aprendiz*, representado a partir do metadado especificado na seção 3.3.1. Esta funcionalidade controla a inserção, alteração e exclusão de objetos nos repositórios. Somente usuários autorizados podem alterar as informações do repositório. Seguindo o modelo de execução definido no GlobalEdu, o ME Gerencia Perfil possui uma visão única do repositório de perfil de aprendiz. Assim, independente do contexto de onde o aprendiz esteja, seu perfil é acessado no servidor de origem dos dados.

4.2.1.2 Atualiza perfil

Essa funcionalidade atualiza o AP e os demais componentes do sistema sempre que as informações do perfil forem alteradas. A atualização do perfil ocorre quando for identificada uma incoerência no estilo de aprendizagem, quando forem detectadas alterações nas informações disponibilizadas pelo ambiente ou quando o AP informa alterações realizadas explicitamente pelo aprendiz.

As informações referentes às categorias *Commitments*, *Goal*, *Competence* e *Interest* podem ser alteradas diretamente pelo AP ou pelo Gerencia Perfil. As categorias *Preferences*, *Relations*, *Learning Style* e *Trail* são manipuladas somente pelo Gerencia Perfil. A categoria *Competence* é alterada sempre que um objetivo é alcançado, isto é, quando a seqüência de conteúdo entregue ao aprendiz, referente ao objetivo, foi desenvolvida com sucesso. A categoria *Learning Style* é manipulada tendo como base os estudos de Belhot (2005) e Cocco (2004). Seu estilo é gerado a partir do teste realizado pelo aprendiz ao acessar o sistema pela primeira vez. O resultado é enviado ao Gerencia Perfil para ser convertido em escalas (Sensorial, Intuitivo, Visual, Verbal, Ativo, Reflexivo, Seqüencial, Global), representando as dimensões de aprendizagem do aprendiz. A informação é então atualizada se alguma incoerência for detectada. Essa ocorre quando o estilo indica uma determinada preferência do aprendiz, mas seu histórico indica que o mesmo está trabalhando com objetos de aprendizagem que representam outras preferências (diferentes das mapeadas na categoria *Preferences* do Perfil). Desta forma, o estilo de aprendizagem é alterado em função do objeto de aprendizagem que é manipulado pelo aprendiz.

A categoria *Trail* compõe o histórico do aprendiz em cada contexto, permitindo identificar seu modelo de mobilidade. Os dados que compõem o histórico estão relacionados com os programas executados pelo aprendiz no dispositivo, estados (*status*) estabelecidos e tempo de duração em cada um deles, tempo de interação com objetos de aprendizagem e aprendizes, objetos de aprendizagem manipulados, tempo de permanência em cada localização, dispositivo utilizado, informações de Contexto Região manipuladas. A análise desses dados identifica padrões de interesse do aprendiz quanto à localização, uso de dispositivos, programas e atividades preferenciais. Estes padrões alimentam as categorias *Commitments*, *Preferences*, *Relations*, *Goal* e *Interest*.

Os dados sobre o histórico do aprendiz no contexto são fornecidos pelo AP através do MS Acesso da arquitetura. As categorias *Personal Information* e *Security*, são manipuladas diretamente pelo aprendiz através do seu AP.

4.2.1.3 Consulta perfil

Essa funcionalidade permite que o perfil do aprendiz seja consultado pelo AP e pelos demais módulos da arquitetura.

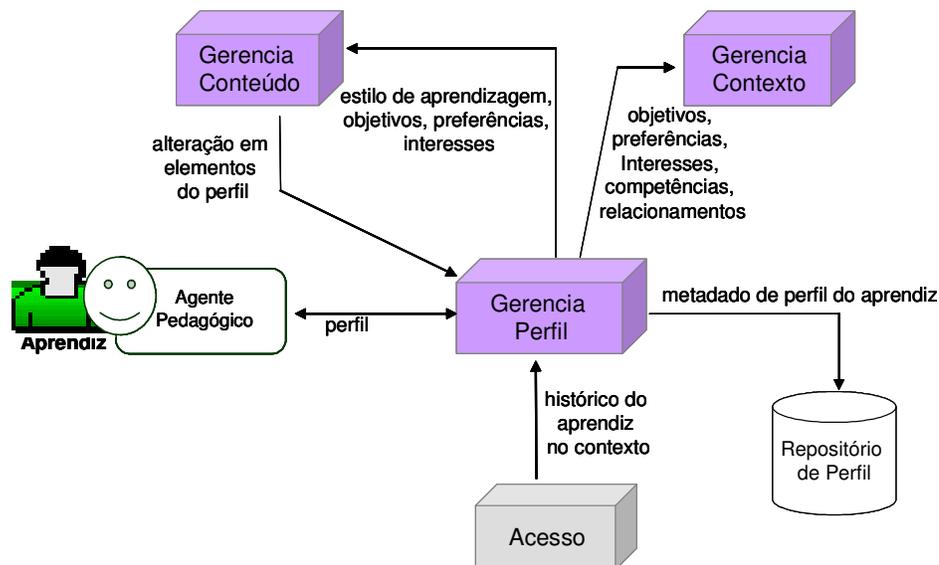


Figura 4.6: Integração do módulo Gerencia Perfil no GlobalEdu

4.2.2 Gerencia Conteúdo

Esse módulo é responsável pelo gerenciamento dos Objetos de Aprendizagem (OA), identificando e disponibilizando objetos conforme o perfil do aprendiz. Para isso, utiliza informações sobre o perfil do aprendiz e seu contexto. Alterações no perfil ou no contexto físico, como banda de rede e dispositivo, fazem com que o módulo adapte a apresentação do OA, enviando um novo objeto ao AP.

Os estudos sobre os ambientes SeLeNe (2004) e ELENA (2004) subsidiaram as decisões de projeto quanto à gerência de objetos de aprendizagem no GlobalEdu. Os OAs são representados por cinco categorias do padrão IEEE/LOM (2002), com seus respectivos atributos (ver seção 3.3.2). Embora alguns atributos não sejam considerados atualmente pelo GlobalEdu no processo de adaptação do OA, suas informações são disponibilizadas ao aprendiz. O aprendiz é autônomo para decidir sobre seus recursos de aprendizagem. Portanto, a representação e apresentação do metadado do objeto auxilia o aprendiz a decidir sobre qual objeto manipular. Além disso, as informações poderão ser utilizadas em futuros trabalhos no GlobalEdu.

A Figura 4.7 apresenta a integração do Gerencia Conteúdo com os demais elementos da arquitetura do GlobalEdu. O módulo Gerencia Conteúdo possui as seguintes funcionalidades:

4.2.2.1 Gerencia repositório de Objetos de Aprendizagem

No GlobalEdu, o conteúdo é armazenado em *Repositório de Objetos de Aprendizagem*, que são coleções de recursos de aprendizagem armazenados em bases de

dados ou sistemas de arquivos (TAROUCO, 2004). Essa funcionalidade controla a inserção, alteração e exclusão de objetos nos repositórios. Somente usuários autorizados podem alterar as informações do repositório. Quando há uma alteração, o metadado que representa o repositório é atualizado.

Cada localização caracterizada como Região Geográfica possui um repositório de objetos de aprendizagem. Como o GlobalEdu possui uma visão única dos repositórios, os objetos necessários para atender o aprendiz são compostos por todos os objetos presentes nos repositórios da rede.

4.2.2.2 *Seleciona conteúdo*

Os objetos de aprendizagem são selecionados seguindo duas fases: (1) os objetivos e estilo de aprendizagem do aprendiz e seu (2) contexto físico e preferências.

Na primeira fase são considerados objetos cuja palavra-chave (atributo *keyword*) atendem aos objetivos de aprendizagem do aprendiz (*Goal/contentType* do Perfil). A partir disso, o tipo específico do objeto (*Educational/description*) é relacionado com as estratégias pedagógicas do estilo de aprendizagem do aprendiz (*Learning Style/description* do Perfil). Como resultado final, tem-se um conjunto de objetos que atendem aos estilos de aprendizagem e aos objetivos do aprendiz.

Na segunda fase, os objetos a serem disponibilizados ao aprendiz são novamente selecionados, levando-se em consideração o contexto físico, em especial quanto ao dispositivo, tipo e banda da rede e sistema operacional. Somente objetos que atendem estas características são considerados. Objetos cujo formato atendam as preferências do aprendiz (categoria *Preferences* do Perfil) e são suportados pelo contexto físico são prioritários. As informações sobre tipo e banda da rede são analisadas levando em consideração o atributo *InteractivityLevel* do OA. Por exemplo, quanto maior o nível de interatividade, melhor deve ser a banda de rede. A categoria *Technical* é usada na identificação dos objetos aptos a serem disponibilizados em um determinado dispositivo. O resultado desta ação é um conjunto de objetos possíveis de serem manipulados pelo aprendiz, levando em consideração o seu perfil e contexto. Alterações nesses elementos levam a revisão desse conjunto. Alterações nesses elementos, ou a presença de novos objetos no repositório, podem levar a uma revisão desse conjunto.

4.2.2.3 *Apresenta conteúdo*

A lista de objetos selecionados é apresentada ao aprendiz para que esse possa escolher o objeto a ser manipulado. A ordem de apresentação das informações do conjunto é definida em função da prioridade dos objetivos do aprendiz. O OA escolhido é apresentado, por *default*, através da *web*, a partir de um *browser*. A apresentação é adaptada ao dispositivo do aprendiz, seguindo a seleção do conteúdo realizada. O objeto poderá ser manipulado de forma desconectada da rede (*off line*) em função de uma escolha do aprendiz ou por indução do sistema, em função do seu contexto físico. Nesse caso, quando o tipo da rede for sem fio e a banda de rede estiver baixa. Essa funcionalidade também é responsável por gerenciar a instanciação de um OA no dispositivo do aprendiz.

4.2.2.4 *Controla manipulação do objeto*

Essa funcionalidade garante a apresentação de todos os elementos que compõe um objeto sendo manipulado *on line* pelo aprendiz, independente do seu contexto. Através do metadado do objeto, é possível determinar a seqüência com que ele deve ser

mostrado. Cada objeto tem sua apresentação controlada em função da granulosidade (*Structure*). Quanto maior a granulosidade do objeto, maior o período de controle deste (*AgregationLevel*). A categoria *Relation* do objeto é usada para controlar a ordem de manipulação dos seus elementos. Por exemplo, um objeto com um tipo de relacionamento (*kind*) igual a *requires*, indica que o mesmo tem como requisito um objeto especificado em *resource*. Desta forma, isto determina a ordem de apresentação das informações. A manipulação *off line* do objeto é controlada pelo AP, a partir do metadado do objeto.

4.2.2.5 Consulta conteúdo

O aprendiz, através do seu AP, pode solicitar informações sobre objetos de aprendizagem disponíveis no ambiente. Esta funcionalidade é responsável por apresentar ao aprendiz os objetos selecionados conforme seu perfil (consulta padrão) ou conforme uma palavra-chave (consulta livre). A forma da consulta é determinada pelo aprendiz através de seu AP .

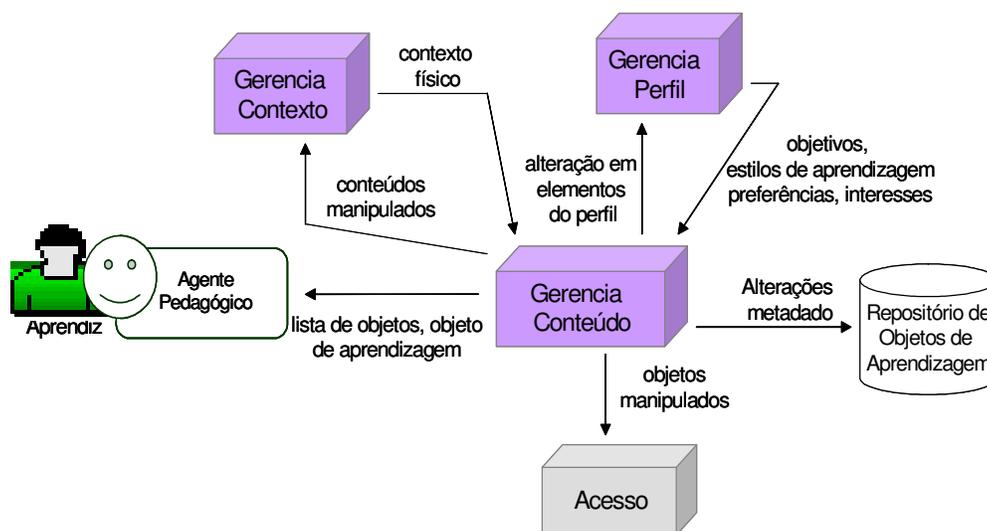


Figura 4.7: Interação do módulo Gerencia Conteúdo no GlobalEdu

4.3 Módulos de Suporte

Os Módulos de Suporte (MS) são responsáveis pelos elementos que auxiliam a execução do AP e dos ME.

4.3.1 Acesso

Esse módulo é responsável por registrar e controlar o acesso do aprendiz no GlobalEdu. Para isso, utiliza as funcionalidades do ambiente computacional ubíquo que suporta a execução do GlobalEdu. Um aprendiz pode se registrar em qualquer contexto. Quando um aprendiz entra em um contexto de abrangência do GlobalEdu, esse componente é responsável por automaticamente identificá-lo e enviar a informação ao ME Gerencia Contexto da localização, mantendo a visão de computação contínua para o aprendiz.

Outra funcionalidade de responsabilidade do módulo é armazenar o histórico de mobilidade do aprendiz, fornecido pelo AP. Sempre que o aprendiz muda de dispositivo

ou de localização, percebido através da alteração de uma Região Geográfica, o histórico é enviado ao ME Gerencia Perfil, compondo a informação de interação do aprendiz no ambiente (categoria *Trail*).

4.3.2 Persistência

Para garantir a persistência, o módulo é responsável por armazenar o estado do AP. Esta capacidade é provida adotando um mecanismo de serialização. Com isto, armazena o estado do AP em um arquivo mantendo todo o seu estado interno. Com este mecanismo, é possível ao módulo “desempacotar” o estado interno, instanciando novamente o AP no dispositivo sempre que esse retornar de um estado desconectado para conectado.

4.3.3 Comunicação

O módulo de Comunicação é fundamental para garantir a abstração entre os elementos do ambiente e o sistema de execução. A comunicação entre a Camada de Aplicação (o AP) e a Camada de Sistema (ME e MS) segue o padrão determinado para o GlobalEdu. A interpretação da mensagem é padronizada através de uma ação de processamento da mensagem, implementada pelos módulos da Camada de Sistema. O módulo utiliza o mesmo modelo de comunicação do AP (Seção 4.1.1.5), implementando através da classe *CommunicationImplME* as interfaces de comunicação do sistema.

A Figura 4.8 apresenta o modelo conceitual da Camada de Sistema do GlobalEdu.

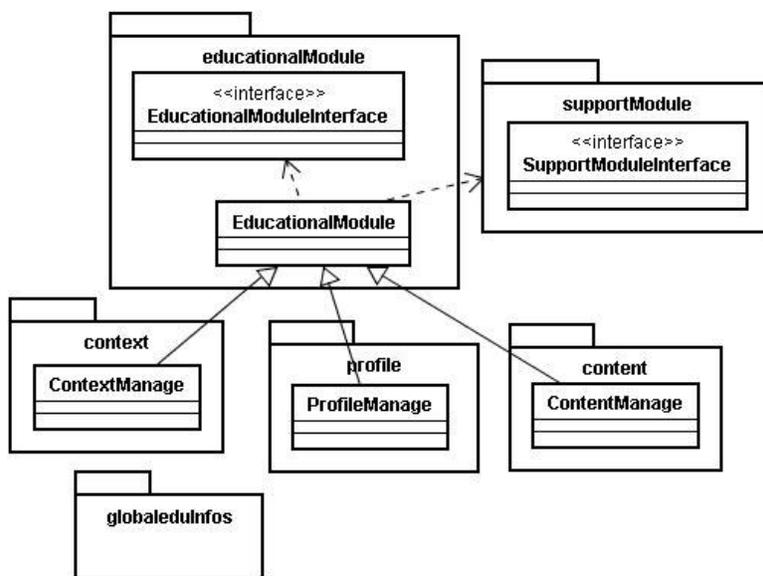


Figura 4.8: Modelo Conceitual da Camada de Sistema

4.4 Considerações sobre o Capítulo

Este capítulo apresentou os aspectos de modelagem que envolvem o GlobalEdu. Os Módulos Educacionais, bem como os Módulos de Suporte tiveram suas funcionalidades apresentadas. A integração entre os Módulos foi destacada, bem como as funcionalidades e a interação com o AP. Em função da amplitude do projeto GlobalEdu, os Módulos Educacionais são temas de trabalhos em desenvolvimento ((LEVIS, 2006),

(MARTINS, 2006)). Portanto, uma das principais contribuições deste capítulo é subsidiar o desenvolvimento de trabalhos no contexto do projeto.

A Dissertação de mestrado de Levis (2006) propõe um modelo de perfil de aprendiz baseado no GlobalEdu, denominado PeLeP (*Pervasive Learning Profile*). Um dos focos principais do trabalho é a atualização do perfil do aprendiz a partir da análise do seu histórico em cada contexto. O modelo está sendo validado junto ao ambiente LOCAL (*Location and Context-Aware Learning*) (BARBOSA, J. 2006). Assim, o trabalho de Levis também avalia o modelo de aprendiz proposto no GlobalEdu. A partir deste trabalho, os demais aspectos do ME Gerencia Perfil também poderão ser desenvolvidos.

Um protótipo do ME Gerencia Conteúdo está em desenvolvimento por Martins (2006) no contexto do seu Trabalho de Conclusão de curso. O módulo será avaliado utilizando o *middleware* de execução do ambiente ISAM ((AUGUSTIN, 2004), (YAMIN, 2004)). Este trabalho vem colaborar com a avaliação do modelo de conteúdo e gerência de objetos de aprendizagem proposto no GlobalEdu.

A consciência do contexto do aprendiz é foco desta Tese. Assim, o próximo capítulo apresenta em profundidade o modelo de consciência do contexto proposto no GlobalEdu. Desta forma, descreve em profundidade o ME Gerencia Contexto, bem como o modelo de representação de contexto baseado em ontologia.

5 CONSCIÊNCIA DO CONTEXTO DO APRENDIZ

De forma a perceber os elementos que compõe o ambiente do aprendiz, a consciência do contexto é foco inerente dos trabalhos que envolvem a Educação Ubíqua. Desta forma, este capítulo dedica-se ao modelo de consciência do contexto proposto no GlobalEdu.

5.1 Contexto no GlobalEdu

O GlobalEdu abstrai questões relacionadas à aquisição, representação e processamento bruto das informações de contexto. Para o sistema, é entendido que o contexto é fornecido a partir de dados interpretados, portanto já processados pelo ambiente de execução. Dessa forma, cabe ao GlobalEdu o uso das informações de contexto para definir o que é ou não relevante para o aprendiz em um dado momento.

Conforme já apresentado no Capítulo 3, seção 3.3.3, no GlobalEdu **contexto** é definido *como toda informação relevante para o aprendiz e que pode ser obtida para suporte ao seu processo educacional, levando em consideração seu modelo*. O modelo abrange o Contexto Social e o Contexto Físico. O Contexto Social possui elementos que representam a presença de outros aprendizes no contexto, percebidos pelo ambiente através dos seus respectivos APs. Considera-se que esta informação é dinâmica, pois APs podem entrar e sair do contexto. Outras informações do Contexto Social referem-se ao Contexto Região. Esse descreve informações associadas a Pessoas, Eventos e Recursos de uma Região Geográfica. Estas informações estão representadas em um *Repositório de Contexto Região* disponível em cada Região Geográfica. É de responsabilidade do administrador do repositório prover as informações de Contexto Região.

O Contexto Físico representa informações de interesse da execução do AP e dos recursos educacionais acessados pelo aprendiz (ver seção 3.3.3). Essas informações são fornecidas ao GlobalEdu pelo ambiente de execução.

5.2 Usando Ontologia para Modelar Contexto

O conceito de ontologia ainda é tema de discussão entre a comunidade científica. Brost (1997) define como “uma especificação formal e explícita de uma conceitualização compartilhada”. Ele associa *formal* com um significado de legível por computadores. Já a relação *especificação explícita* refere-se a conceitos, relações, funções, restrições, axiomas, explicitamente definidos. O conceito de *compartilhado* é associado a um conhecimento consensual e *conceitualização* representa um modelo abstrato de algum fenômeno do mundo real. Esse conceito é considerado simples e completo para determinar as características fundamentais de uma ontologia. Essa definição é utilizada nesta Tese. Outros conceitos são abordados no Apêndice B.

No GlobalEdu, cada Região Geográfica contém informações organizadas na forma de um metadado chamado *ContextRegion*. Para que o sistema possa fornecer essas informações de acordo com o perfil do aprendiz, é importante especificar os conceitos entendidos pelo sistema quanto à região, bem como suas restrições, estabelecendo a semântica associada às informações de contexto. Além disso, é preciso garantir que as informações estejam representadas em um formato extensível e interoperável com os módulos do GlobalEdu.

Dessa forma, o uso de ontologia para modelagem do contexto no GlobalEdu tem como vantagem a possibilidade de expressar os conceitos relacionados ao contexto, representando um determinado domínio de conhecimento. A partir disso, o sistema manipula os elementos da ontologia dentro de um modelo que pode ser acessado e compartilhado por todos. Outra vantagem corresponde à possibilidade da manutenção e re-uso do conhecimento exposto, facilitando futuras extensões e adequações do modelo proposto.

5.3 Representando Contexto no GlobalEdu através de Ontologia

A ontologia proposta para representação de contexto no GlobalEdu, chamada *GlobalEduContext*, será apresentada seguindo os passos sugeridos para construção de ontologias (NOY, 2006). Esses passos abrangem, basicamente, a determinação do domínio, a pesquisa de ontologias existentes, a definição das classes e a determinação das instâncias.

5.3.1 Determinando o domínio da ontologia

A ontologia *GlobalEduContext* classifica-se como uma ontologia de domínio, pois destina-se à modelagem de um espaço específico, expressando conceitos do domínio relacionado ao Modelo de Contexto do GlobalEdu. Entretanto, a ontologia é elaborada de forma que forneça um vocabulário sobre conceitos, relacionamentos e regras que podem ser aplicadas a outros domínios semelhantes.

5.3.2 Pesquisando ontologias existentes

No decorrer das pesquisas realizadas para desenvolvimento da ontologia proposta, foram encontradas ontologias direcionadas a cenários ubíquos e descrição de contexto. Os trabalhos apresentados em SOUPA (*Standard Ontology for Ubiquitous and Pervasive Applications*) (SOUPA, 2004), (SILVA, F. 2003) e (YANG, 2006), foram utilizados como fonte de pesquisa para desenvolvimento da ontologia proposta pelo GlobalEdu.

A ontologia *SOUPA* é representada através da linguagem *OWL (Web Ontology Language)* e inclui componentes de vocabulários modulares para representar agentes inteligentes, tempo, espaço, eventos, pessoas, ações e políticas para segurança e privacidade. O objetivo do *SOUPA* é definir ontologias para assistir as aplicações ubíquas. Silva (2003) propõe uma ontologia para descrição de contexto em aplicações móveis e Yang (2006) usa uma ontologia para prover a colaboração em ambientes de aprendizagem conscientes do contexto aprendiz.

As ontologias propostas em *SOUPA* abordam um conjunto abrangente de informações para ambientes ubíquos. Embora não utilizadas no modelo de contexto proposto para o GlobalEdu, as ontologias propostas em *SOUPA* foram amplamente

estudadas, em especial a ontologia *Person*, *Location* e *Space*. A estratégia para o desenvolvimento da ontologia *GlobalEduContext* foi adotar alguns termos das ontologias SOUPA, mas não importá-las diretamente. Essa abordagem foi utilizada para que se possa limitar o excesso de informações ao importar ontologias que seriam irrelevantes para a proposta do GlobalEdu.

5.3.3 Definindo classes - Hierarquia e Propriedades

Na construção da ontologia *GlobalEduContext* e definição de suas classes, foi necessário inserir elementos que permitam verificar a localização desses recursos no contexto, no caso, a informação quanto à Região Geográfica. Assim, a representação das informações contidas no modelo de Contexto Região é relacionada a um espaço e localização, bem como aos espaços constantes nestas. A hierarquia de classes e suas relações, bem como seus atributos, compõem a ontologia *ContextRegion*, conforme ilustra a Figura 5.1. Além disso, foi criada a ontologia *PhysicalContext*, representando os elementos do contexto físico consideradas pelo GlobalEdu (Figura 5.3). Essa ontologia é usada pelo ME Gerencia Contexto para gerenciar os dados de contexto físico.

Para a representação do Contexto Região no GlobalEdu foram definidas as seguintes classes e hierarquia:

- ***GeographicRegion*** – Região Geográfica. Classe que permite identificar a qual Região Geográfica pertencem os elementos de contexto que se pretende representar. Uma Região Geográfica tem um nome, um contexto e pode conter ou estar contida em outras regiões. Isso permite que se possa representar uma cidade (*GeograficRegion*) e seus bairros (outras regiões geográficas), por exemplo;
 - ***SpaceRegion*** – Espaço Região. Subclasse de *GeographicRegion*, permite representar os espaços geográficos dentro de uma região. Isso permite representar as salas (*SpaceRegion*) de um prédio (*GeographicRegion*), por exemplo;
- ***ContextRegion*** – Contexto Região. Classe que agrega os elementos do Contexto Região do GlobalEdu. Contém uma ou mais informações relacionada a Pessoa, Recurso ou Evento, associado a uma *GeographicRegion* ou a um *SpaceRegion*;
- ***Person*** – Pessoa. Agrega as pessoas que fazem parte do contexto. Essa classe pode conter informações sobre alunos, professores e funcionários de uma Universidade, por exemplo. Cada pessoa tem uma agenda e informações pessoais que são representadas através da ontologia de domínio *Personal_Information* proposta nesta Tese (ver Figura 5.2);
- ***Resource*** – Recurso. Agrega as informações sobre os recursos que fazem parte do contexto. Um recurso consiste em todo elemento que pode ser utilizado no apoio à aprendizagem do aprendiz, podendo ser um *software*, *hardware*, objetos de aprendizagem, objetos em geral, etc;
- ***Event*** – Evento. Contém os eventos que fazem parte do contexto. Todo evento tem associado a si uma agenda e demais informações que o representam;

- **Commitments** – Compromissos. Classe dedicada a registrar datas e horários para relacioná-los aos elementos Recurso e Pessoa do Contexto Região;

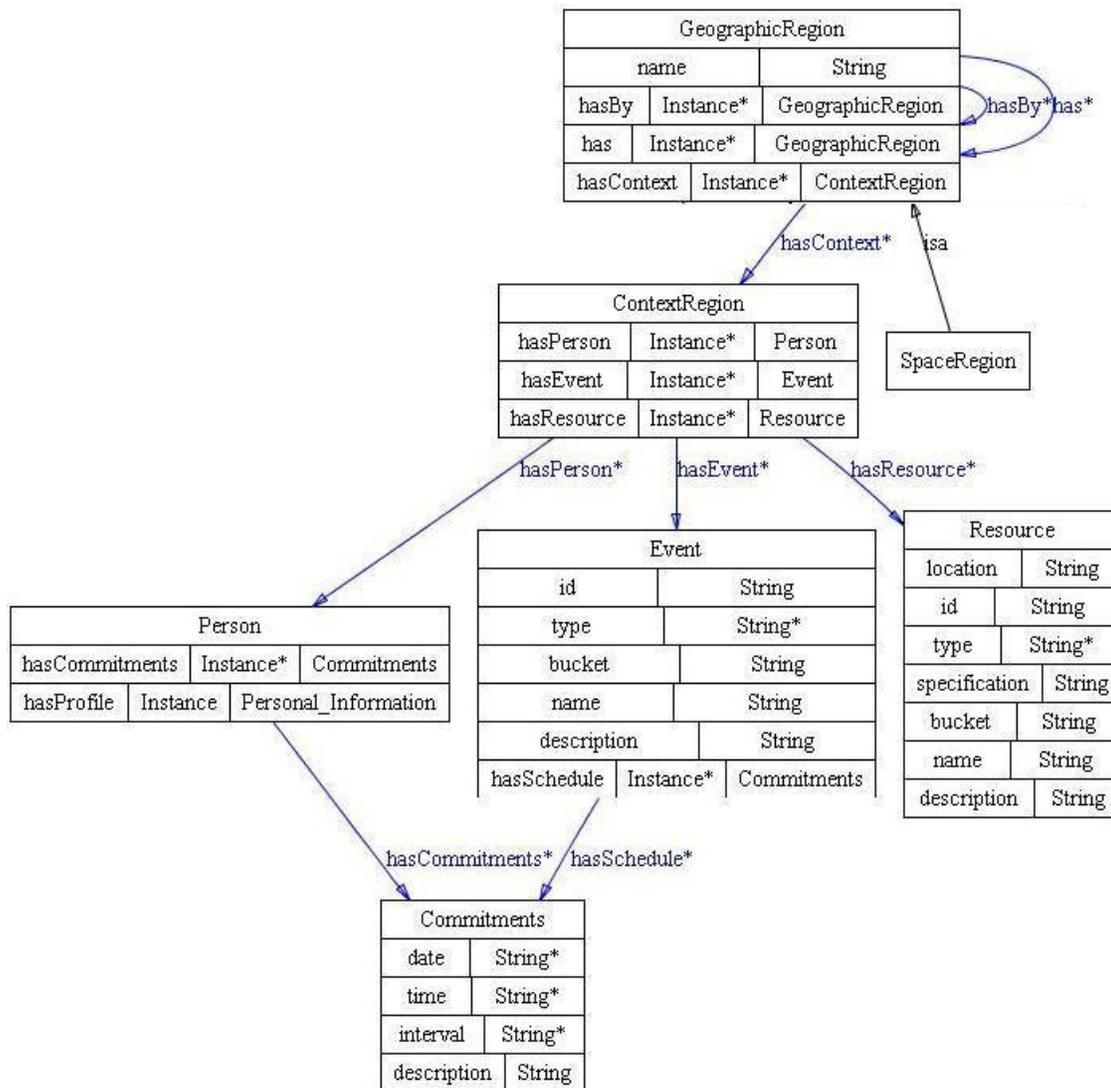


Figura 5.1: Ontologia *ContextRegion*

Para auxiliar o mapeamento de aprendizes em um contexto, foi definida a ontologia *PersonInformation* (Figura 5.2). Essa possui as informações pessoais de qualquer indivíduo representado no sistema. Assim, quando um aprendiz entra no contexto, é possível identificar se esse está relacionado com as informações sobre Pessoa do contexto em questão. Essa ontologia é usada também no modelo de Perfil do aprendiz. Os Anexos A e B apresentam o arquivo OWL que definem as ontologias de contexto e de informações pessoais, além de algumas instâncias, usadas na validação do GlobalEdu.

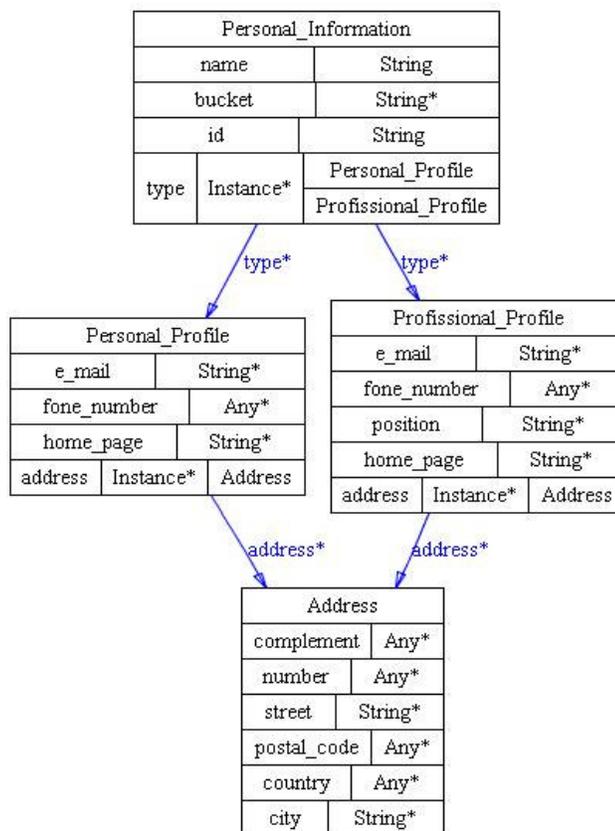


Figura 5.2: Ontologia *Personal_Information*

O GlobalEdu considera que o Contexto Físico é fornecido pelo ambiente de execução, na forma de dados interpretados e que atendem a ontologia proposta. Para representação do Contexto Físico no GlobalEdu foram definidas as seguintes classes e hierarquia:

- **PhysicalContext** – Contexto Físico. Classe que agrega os elementos do Contexto Físico do GlobalEdu. As informações de contexto são obtidas do *middleware* de execução associado a uma Região geográfica ou a um Espaço geográfico. A partir disso, a ontologia é utilizada para identificar os elementos do contexto físico, isto é, a rede, o dispositivo e a localização;
- **Network** – Rede. Agrega as informações sobre as redes disponíveis em um contexto. Cada rede tem associado pelo menos uma banda e um tipo de rede. Essas informações são representadas na classe *NetworkWidth* e *NetworkType* respectivamente;
- **Location** – Localização. Descreve o nome da localização do usuário dentro do contexto, podendo ser casa, trabalho, rua, prédio, sala, etc. A precisão quanto à localização depende da tecnologia de posicionamento usada;
- **Device** – Dispositivo. Descreve informações sobre dispositivo. Cada dispositivo tem associado pelo menos uma informação sobre seu tipo e autonomia. Essas informações são representadas na classe *DeviceType* e *DeviceAutonomy* respectivamente;

- **Program.** Programa. Descreve informações sobre programas no dispositivo, importante para adaptação de conteúdo no mesmo.
- **NetworkType** – Tipo de Rede. Classe dedicada a representar o tipo de rede, podendo ser LAN, WAN, desconectada;
- **NetworkWidth** – Largura da banda de Rede. Classe dedicada a representar a situação da conectividade da rede, podendo ser alta, média, baixa ou muito_baixa;
- **DeviceType** – Tipo de Dispositivo. Classe dedicada a registrar os tipos de dispositivos que o GlobalEdu suporta, podendo ser PDA, celular, *desktop*, *notebook* e *smartphone*;
- **DeviceAutonomy** – Autonomia do Dispositivo. Classe dedicada a registrar os tipos de dispositivos que o GlobalEdu suporta, podendo ser alta, média, baixa ou muito_baixa.

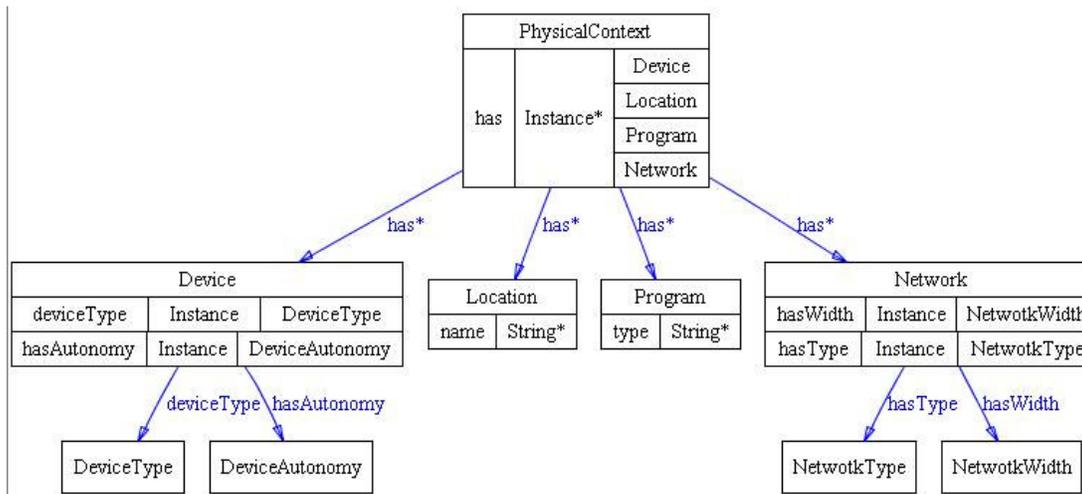


Figura 5.3: Ontologia *PhysicalContext*

5.3.4 Determinando instâncias

A geração da instância respeita as restrições as quais foram definidos os atributos. Em geral, foram utilizadas as restrições de cardinalidade e tipo (ver Anexo A e B). A composição da base de conhecimento do Modelo de Contexto foi feita a partir da criação de instâncias, inseridas na ontologia com o auxílio da ferramenta Protégé (2006). As instâncias geradas para essa Tese correspondem a Região Geográfica chamada Unilasalle e constam de informações fictícias, elaboradas apenas para fins de testes de avaliação da ontologia. A seguir são citados exemplos de inserções de instâncias para algumas classes definidas na ontologia.

A Figura 5.4 ilustra um exemplo de instância criada na classe *GeographicRegion*, a qual recebe um nome (Unilasalle) e os espaços que estão contidos na região já criadas na classe *SpaceRegion*. A instância apresenta o Espaço Região Prédio 1, que está contido na Região Geográfica Unilasalle. O atributo *has* representa os respectivos espaços.

```

(...)
<contextRegion:GeographicRegion rdf:ID="Unilasalle">
  <contextRegion:has>
    <contextRegion b:SpaceRegion rdf:ID="Predio_1">
      <contextRegion:has>
        <contextRegion: SpaceRegion rdf:ID="Auditorio_Arsenio_Both">
          < contextRegion:hasBy rdf:resource="#Predio_1"/>
        </ contextRegion: SpaceRegion >
      </ contextRegion:has>
    < contextRegion:hasBy rdf:resource="#Unilasalle"/>
  </ contextRegion:GeographicRegion >
(...)

```

Figura 5.4: Instância da classe *GeographicRegion* Unilasalle

5.4 Módulo Educacional Gerencia Contexto

O ME Gerencia Contexto tem como objetivo gerenciar os aspectos relacionados ao contexto do aprendiz de forma que esse possa ser utilizado nos processos de ensino e de aprendizagem.

A Figura 5.5 apresenta a integração do Gerencia Contexto com os demais elementos da arquitetura do GlobalEdu.

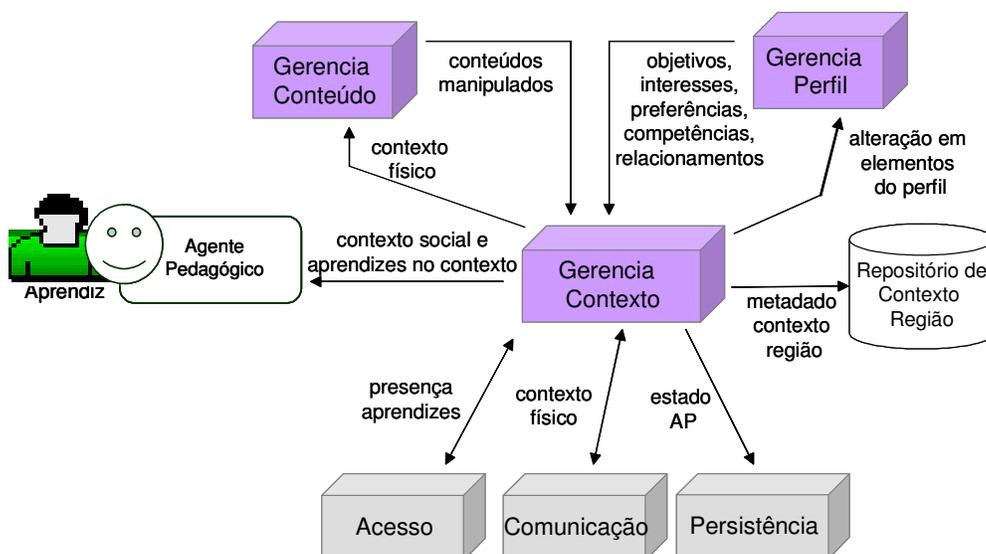


Figura 5.5: Integração do módulo Gerencia Contexto no GlobalEdu

As variáveis de adaptação que estão relacionadas com o Gerencia Contexto correspondem às categorias Contexto Região e Contexto Físico, além das categorias *goal*, *competence*, *interest*, *preferences* do modelo do aprendiz e a categoria *technical* do modelo de conteúdo.

A Figura 5.6 apresenta as funcionalidades do módulo e o relacionamento entre as mesmas.

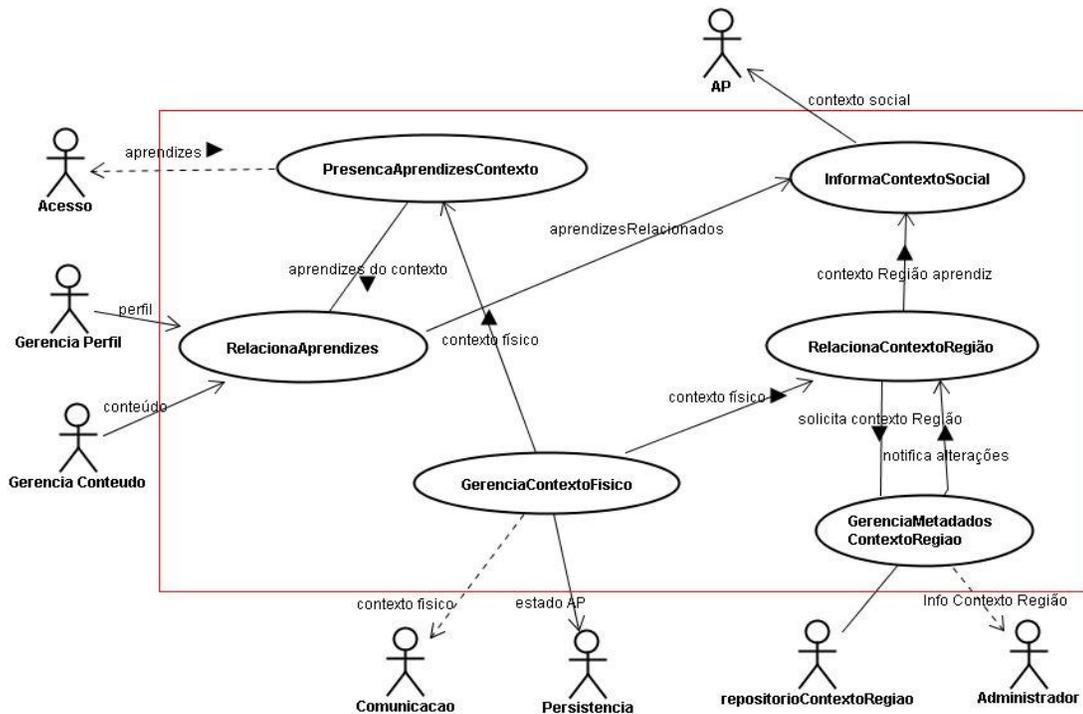


Figura 5.6: Funcionalidades do ME Gerencia Contexto

Para demonstração das funcionalidades do módulo é apresentado um cenário contendo elementos de contexto e adaptação em um ambiente ubíquo. No cenário, o AP está acompanhando o aprendiz e o ME Gerencia contexto está atendendo às solicitações do aprendiz através do AP. Outros cenários serão utilizados durante o capítulo de implementação desta Tese, tentando abranger o maior número possível de situações-exemplo onde o GlobalEdu se aplica. Assim, a Figura 5.7 apresenta o cenário 1. Este cenário considera que os aprendizes estão em modo de visibilidade Disponível.

Joãozinho e Joaquina são alunos do curso de Ciência da Computação do Unilasalle. Joãozinho optou no seu curso pela habilitação em redes enquanto Joaquina gosta de programação e optou pela habilitação em software. Joãozinho precisa realizar um trabalho sobre comunicação utilizando a linguagem C e decide ir ao campus pesquisar sobre o assunto. Ao chegar à biblioteca, ele é informado através do seu AP que a biblioteca possui um livro sobre a linguagem C. Enquanto estuda, seu AP informa que sua colega Joaquina acabou de entrar na biblioteca e que ela possui conhecimento sobre a linguagem C. Joaquina, que foi a biblioteca procurar alguns livros sobre Java, é informada sobre os materiais de Java. Enquanto Joaquina procura os materiais, Joãozinho conversa com Joaquina para ver se ela pode ajudá-lo em seu trabalho. Ela senta-se com Joãozinho para ver o que ele necessita e aconselha seu colega a procurar o professor Adão, que solicitou o trabalho. Como Joaquina também precisa tirar uma dúvida com sua professora Ada, que ministra a disciplina de Java, os dois decidem procurar pelos professores. O AP do Joãozinho informa que o professor Adão se encontra em aula na sala de EAD no momento. O AP de Joaquina informa que a professora Ada está na sala dos professores. Joaquina decide ir até lá para tirar suas dúvidas e Joãozinho fica aguardando para conversar com o professor. Alguns minutos depois, Joãozinho recebe em seu dispositivo a informação de que o professor pode atendê-lo. Os dois decidem conversar através dos seus APs.

Figura 5.7: Descrição do cenário 1

Para uma melhor demonstração do cenário, o mesmo será apresentado de forma fragmentada, onde artefatos que demonstram os fluxos de informações que são tratadas pelos módulos da arquitetura.

No cenário da Figura 5.7, as informações de adaptação podem ser observadas no primeiro parágrafo:

Joãozinho e Joaquina são alunos do curso de Ciência da Computação do Unilasalle. Joãozinho optou no seu curso pela habilitação em redes enquanto Joaquina gosta de programação e optou pela habilitação em software. Joãozinho precisa realizar um trabalho sobre comunicação utilizando a linguagem C e decide ir ao campus pesquisar sobre o assunto.

Esse introduz algumas características dos aprendizes (Joãozinho e Joaquina), demonstrando informações que fazem parte de seus perfis. Neste caso, Joãozinho possui como objetivo de aprendizagem (*goal*) “redes de computadores” e Joaquina “programação”. Além disso, Joãozinho também possui como objetivo de aprendizagem “linguagem C”.

5.4.1 Gerencia Metadados de Contexto Região

No GlobalEdu, considera-se que cada localização caracterizada como uma Região Geográfica possui um repositório de informações sobre a localização, denominado *Repositório de Contexto Região*. Os dados são armazenados no repositório e representados na forma de metadado, conforme especificado na seção 3.3.3. Assim, esta funcionalidade controla a inserção, alteração e exclusão de informações no repositório. As informações no repositório estão representadas na forma de um metadado OWL, conforme definido pelo GlobalEdu para o modelo de contexto, manipulados a partir de um *parser*. Somente usuários autorizados podem alterar as informações do repositório. Quando o metadado é atualizado, o módulo processa as informações e informa os demais elementos da arquitetura interessados, a saber: Gerencia Perfil, Gerencia Conteúdo e AP. A classe *MyFactory* (Figura 5.8) manipula a ontologia.

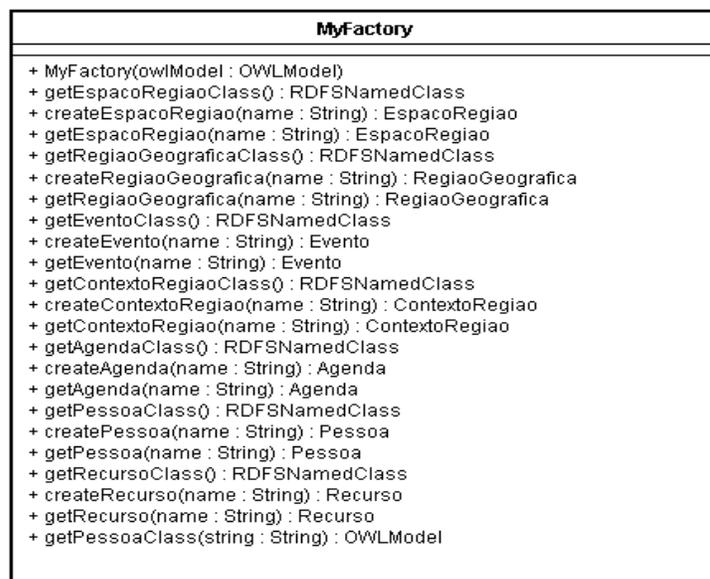


Figura 5.8: Classe *MyFactory* de manipulação do Contexto Localização

5.4.2 Presença de aprendizes no contexto

O elemento dinâmico do Contexto Social refere-se à presença de outros aprendizes no contexto. Esta funcionalidade mantém uma lista com as identificações dos aprendizes presentes no contexto. Essa informação é disponibilizada pelo MS Acesso da arquitetura.

A cada novo aprendiz que entra em um determinado contexto (Figura 5.9), o MS Acesso informa ao ME Gerencia Contexto. Esse processa as informações e, conforme o resultado, encaminha aos aprendizes interessados. Para isto, o módulo mantém uma lista com as identificações dos aprendizes que estão no contexto. A *thread ListenerAccess*, do MS Acesso, é a responsável por atualizar as informações de Contexto Físico e notificar o ME Gerencia Contexto sobre novos aprendizes (novos APs) no contexto.

Com relação ao cenário, as ações que ocorrem no GlobalEdu quando da presença de aprendizes no contexto pode ser observada abaixo:

Ao chegar à biblioteca, ele é informado através do seu AP, que a biblioteca possui um livro sobre a linguagem C.

Quando Joãozinho chega na Biblioteca, o ME Gerencia Contexto recebe um evento indicando a presença de um novo AP no contexto. O módulo então relaciona o perfil do Joãozinho com os recursos disponíveis naquele contexto (Biblioteca), informando o aprendiz sobre esses recursos.

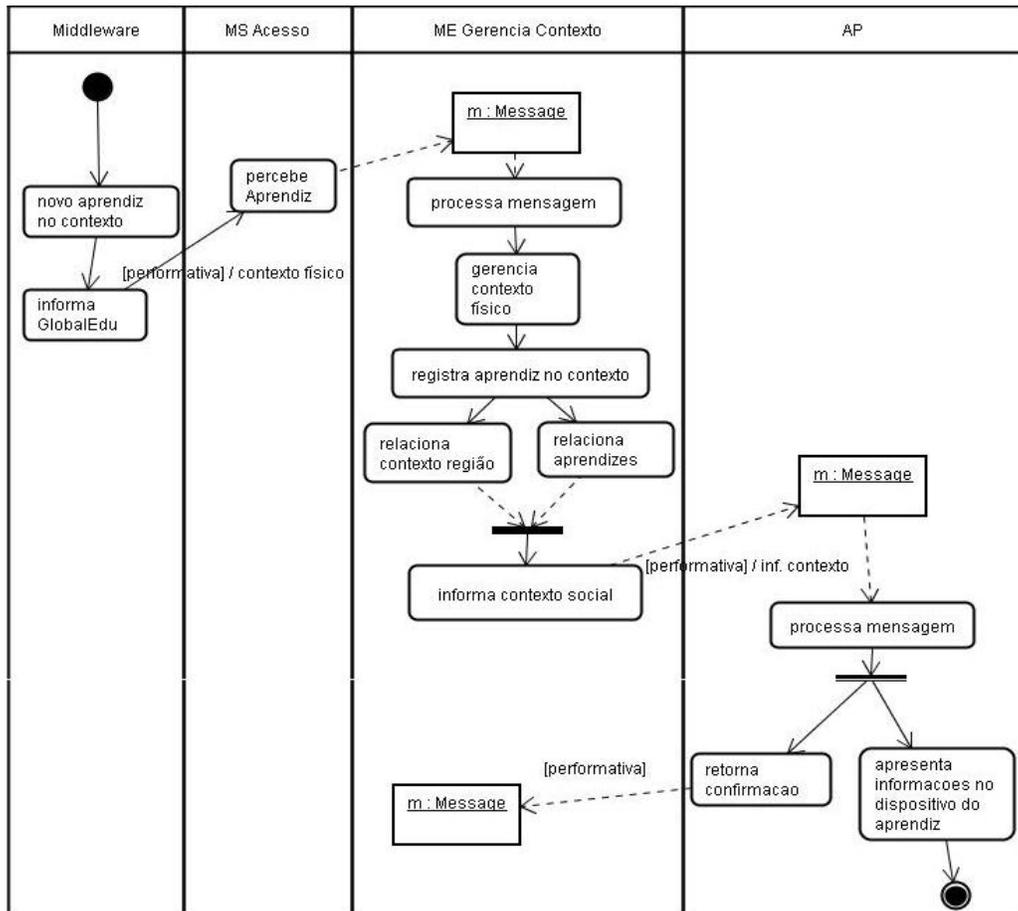


Figura 5.9: Diagrama de Atividades: entrada na Biblioteca

5.4.3 Relaciona aprendizes

O relacionamento entre os aprendizes em um contexto é executado a partir da identificação da entrada de aprendizes no contexto, onde o ME Gerencia Contexto analisa os relacionamentos entre os aprendizes. Este processo tem como objetivo identificar aprendizes que se relacionam a partir de seus objetivos, interesses e competências. Através do cruzamento destes dados tem-se como resultado uma lista com três tipos de relacionamentos entre os aprendizes:

- **A) Por semelhança:** interesses e/ou objetivos em comum ou que estão manipulando o mesmo conteúdo. Por exemplo, todos os aprendizes que tem interesse ou queiram aprender um determinado tema;
- **B) Por complementaridade:** objetivos semelhantes às competências de outros usuários. Por exemplo, um aprendiz está interessado em aprender xadrez (objetivo) e outro aprendiz sabe xadrez (competência);
- **C) Por relacionamento anterior:** referente aos APs que já se relacionaram com o aprendiz anteriormente.

Primeiramente, o serviço verifica se os APs no ambiente já se relacionaram com o aprendiz (aprendizes conhecidos). Esta informação é obtida da categoria *Relations* do modelo de aprendiz. Se sim, ocorre uma relação **Por relacionamento anterior** (opção C). Para determinar os demais tipos de relacionamentos, verifica-se os interesses, objetivos e competências dos outros APs, obtidos através do módulo Gerencia Perfil. Essa verificação é feita adotando um algoritmo de similaridade baseado na comparação de *Strings* (*String Match*), considerando a presença das *strings* em qualquer posição da sentença (NAVARRO, 2001). Com isto, o serviço pode relacioná-los **Por semelhança** ou **Por complementaridade** (opções A e B respectivamente). A Figura 5.10 apresenta as classes responsáveis por identificar o relacionamento entre os aprendizes.

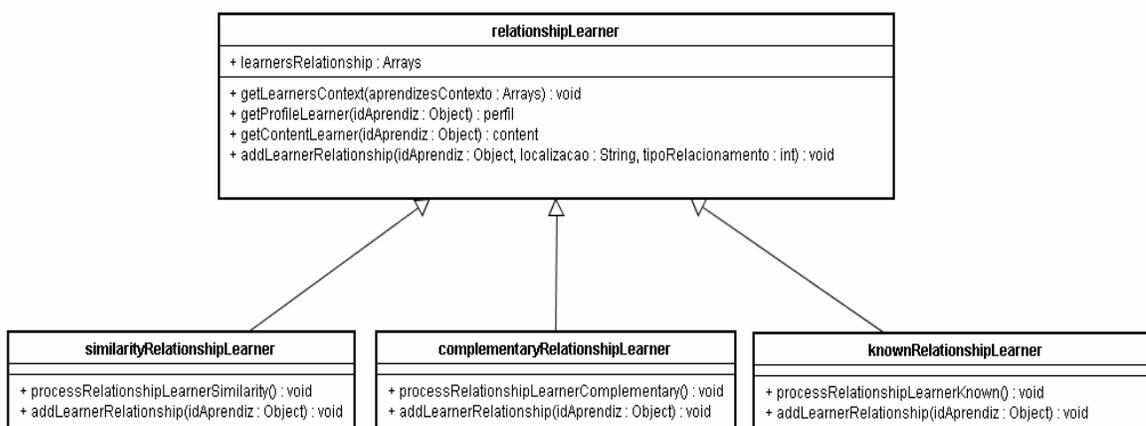


Figura 5.10: Classes de relacionamento de aprendizes

No cenário apresentado, as ações do sistema resultantes do relacionamento entre os aprendizes podem ser observadas abaixo:

Enquanto Joãozinho estuda, o seu AP informa que sua colega Joaquinha acabou de entrar na biblioteca e que ela possui conhecimento sobre a linguagem C.

Esta parte do cenário demonstra uma alteração no contexto da Biblioteca em função da inserção de um novo AP através do dispositivo da Joaquina. Neste caso, o MS Gerencia Contexto realiza o relacionamento entre os APs do contexto local. Joãozinho é informado por haver uma relação de complementaridade, visto que Joaquina tem uma competência (linguagem C) que é um objetivo de Joãozinho. Essa ação pode ser identificada na Figura 5.9. Da mesma forma, outros APs que estejam no contexto são informados da presença de um novo aprendiz caso haja algum tipo de relacionamento entre eles (ver Figura 5.13).

5.4.4 Relaciona Contexto Região

Um aprendiz, ao entrar em um determinado contexto, recebe informações da localização onde se encontra. Estas informações podem ser de recursos disponíveis, pessoas conhecidas ou a programação de eventos do dia (ver Figura 5.9 do cenário). Estas informações são selecionadas comparando os objetivos (*Goal*), competências (*Competence*) e interesses (*Interest*) do aprendiz com os dados do contexto região. Com isso, é possível auxiliar o aprendiz a perceber os elementos que estão em seu entorno e que podem ser relevantes para ele, levando em consideração seus interesses e objetivos. Para isso é utilizado um algoritmo de similaridade sintética baseado na comparação de *Strings*, semelhante ao utilizado para relacionar aprendizes.

A classe *ContextSocialRelationship* (Figura 5.11) possui métodos que solicitam o contexto atual para que possa ser processado com o perfil dos aprendizes no contexto. Como resultado, o aprendiz recebe, através do seu AP, as informações de contexto conforme seus objetivos, competências e interesses.

ContextSocialRelationship
- contextSocialLearner : Arrays
+ getContextSocialLocalization() : contextSocialLocalization
+ processContextSocialLocalizationLearner(idAprendiz : Object, localization : String) : contextSocialLearner

Figura 5.11: Classe de relacionamento de aprendizes com o contexto localização

No cenário apresentado, as ações do sistema para relacionamento dos aprendizes com as informações de contexto podem ser observadas abaixo:

Como Joaquina também precisa tirar uma dúvida com sua professora Ada, que ministra a disciplina de Java, os dois decidem procurar pelos professores. O AP do Joãozinho informa que o professor Adão se encontra em aula na sala de EAD no momento. O AP de Joaquina informa que a professora Ada está na sala dos professores.

Ao procurar pelos professores, o sistema analisa suas agendas e informa Joãozinho que o professor está em aula na sala de educação a distância. O professor Adão é uma informação de contexto região referente a *pessoa*. O sistema identificou que o mesmo está presente fisicamente na Região Geográfica. Da mesma forma, o AP da Joaquina a informa sobre a profa. Ada. Essa informação é realizada pela operação Relaciona Contexto Região e é demonstrada na Figura 5.9 do cenário 1.

5.4.5 Informa Contexto Social

Essa funcionalidade informa o Contexto Social relacionado ao aprendiz (Contexto Região + aprendizes no contexto). Desta forma, o AP pode auxiliar os aprendizes a interagirem com outros aprendizes do contexto. A modelagem desta funcionalidade baseia-se na busca das informações de contexto do aprendiz e dos aprendizes relacionados. A classe *ContextSocialInformation* possui os métodos que processam as informações a serem enviadas ao aprendiz (Figura 5.12).



Figura 5.12: Classe *ContextSocialInformation*

As ações do sistema para informar os aprendizes sobre o contexto social, em especial a presença de aprendizes no contexto, podem ser observadas abaixo:

Joaninha decide ir até lá para tirar suas dúvidas e Joãozinho fica aguardando para conversar com o professor. Alguns minutos depois, Joãozinho recebe em seu dispositivo a informação de que o professor pode atendê-lo. Os dois decidem conversar através dos seus APs.

Joãozinho é avisado que o prof. Adão está disponível no contexto. Ele decide então enviar uma mensagem via bate-papo (*Chat*), informando que gostaria de conversar com o professor. Observa-se que eles estão em locais diferentes do campus. Salienta-se que a conversa entre aprendizes (Figura 5.13) é uma funcionalidade entre APs, não havendo a necessidade, neste caso, de intermediação do ME Gerencia Contexto.

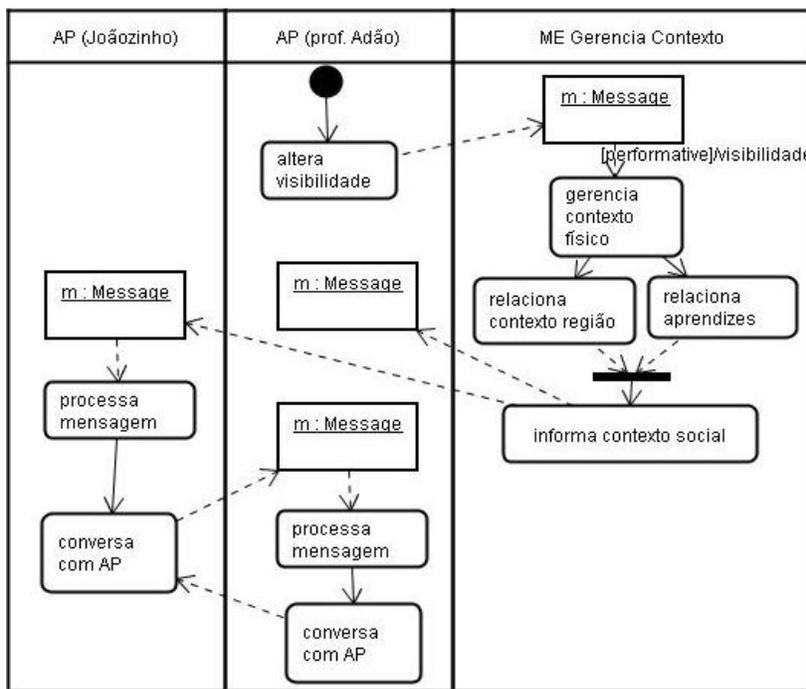


Figura 5.13: Conversa entre APs

5.4.6 Gerencia Contexto Físico

As informações de Contexto Físico são fundamentais para os módulos do GlobalEdu. As informações como tipo de rede, banda da rede, dispositivo, autonomia e a localização são obtidas através do *middleware*. Estas informações chegam ao Módulo Gerencia Contexto na forma de um objeto *PhysicalContext* (Figura 5.14), seguindo o padrão determinado pelo GlobalEdu para troca de mensagens através do componente Comunicação. Cada aprendiz no contexto possui informações de contexto físico. Caso ocorra alguma alteração, o Módulo é notificado e atualiza as informações correspondentes. As informações obtidas são então comparadas as constantes na ontologia de Contexto Físico.

Essa funcionalidade também é responsável por informar o estado do AP para o MS Persistência da arquitetura sempre o que aprendiz alterar sua localização caracterizada como Região Geográfica ou sair de um estado Desconectado.

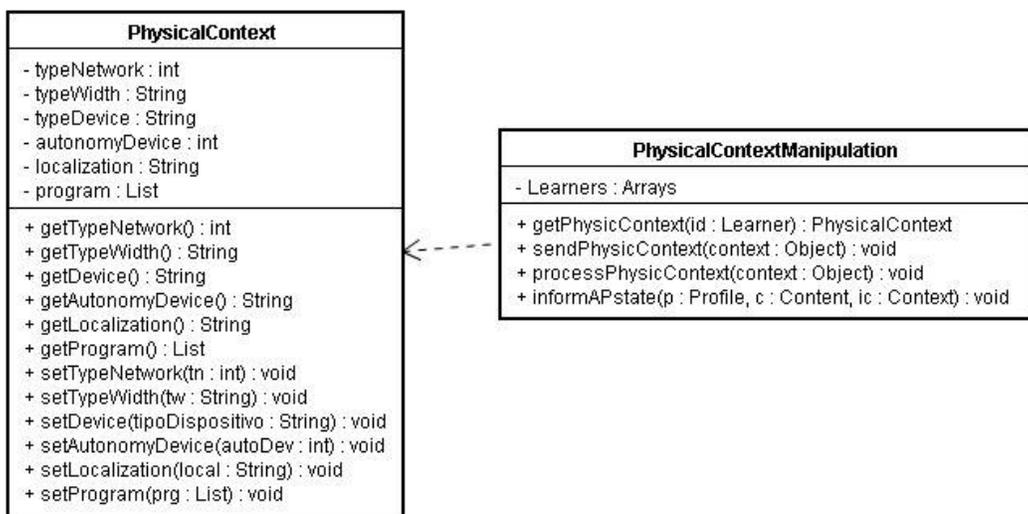


Figura 5.14: Contexto Físico

5.5 Considerações sobre o capítulo

Este capítulo abordou a gerência de contexto do aprendiz no GlobalEdu, aprofundando elementos já apresentados durante o texto quanto ao modelo de consciência do contexto proposto.

Perceber os elementos que envolvem o aprendiz em um mundo virtual perceptível é tarefa consagrada nas pesquisas em ambientes virtuais, em especial os relacionados a EaD. Considerando uma Educação Ubíqua, essa percepção transcende o virtual e alcança o mundo real do aprendiz. Dessa forma, um dos principais problemas de pesquisa em aberto tem como ponto central à percepção do contexto que envolve o aprendiz. Em função disso, a consciência do contexto foi aprofundada no GlobalEdu. Uma ontologia para modelagem e representação do contexto, bem como o Módulo Educacional Gerencia Contexto foram explorados em profundidade.

Através da ontologia é possível expressar os elementos relacionados ao contexto de uma determinada Região Geográfica. O uso de ontologia para representação do contexto no GlobalEdu permite manipular os conceitos definidos na ontologia dentro de um

modelo interoperável. Além disso, traz a vantagem da manutenção e re-uso do conhecimento exposto, facilitando futuras extensões e adequações do modelo proposto. A ontologia proposta concentra-se em modelar as informações dos elementos que caracterizam uma região, apresentando a metáfora “elementos estáticos” e “elementos dinâmicos”. O primeiro refere-se ao Contexto região. O segundo a presença de aprendizes no contexto. Com isso, fica a cargo do modelo de gerencia de contexto empregado relacionar estes elementos.

O Apêndice B apresenta um estudo sobre ontologia realizado para subsidiar o desenvolvimento desta Tese. Além disso, apresenta o uso de uma ontologia para representar contexto em um protótipo de uma aplicação consciente do contexto do aprendiz desenvolvida por Steimetz (2006). O protótipo desenvolvido, bem como a ontologia desenvolvida, serviram para amadurecer o modelo de ontologia apresentado.

Através do detalhamento das principais funcionalidades do ME Gerencia Contexto, foram abordados alguns aspectos relevantes para a implementação do protótipo.

No próximo capítulo são abordadas questões relacionadas à implementação do ME Gerencia Contexto e dos aspectos necessários para auxiliar a consciência do contexto do aprendiz a partir do AP. As ações que o módulo e o AP executam são demonstradas a partir de um cenário. A validação do módulo em um cenário real, envolvendo dois ambientes de execução, também é apresentada.

6 ASPECTOS DE IMPLEMENTAÇÃO E AVALIAÇÃO

A implementação de um protótipo do GlobalEdu tem como foco a gerência do contexto do aprendiz. Assim, foi desenvolvido um protótipo do ME Gerencia Contexto, bem como os elementos do AP necessários para dar suporte à consciência de contexto.

6.1 O Agente Pedagógico - AP

Para facilitar os aspectos de interação, foi dada ao AP uma identidade visual. Assim, a aplicação denominada U-inContext (NINO, 2006) incorpora as funcionalidades do AP. Para uma melhor compreensão do texto, o agente é chamado de AP no decorrer do capítulo. Seu modelo foi apresentado no Capítulo 4.

6.1.1 Cognição

A classe *KnowledgeBase* do AP contém a base de conhecimento do AP, representando suas crenças sobre o aprendiz a que ele está assistindo. Para isso, utiliza o modelo de classes contidos no pacote *globaleduInfos* (ver Anexo D). Esse também é utilizado pelo ME Gerencia Contexto para manipular internamente as informações do aprendiz. Para fins de validação do protótipo, a inferência do AP é realizada a partir do método *processMessage* (Figura 6.6), onde as performativas são avaliadas e as ações a serem realizadas são direcionadas.

6.1.2 Capacidades

A aplicação executa ações sem a intervenção do aprendiz a partir do módulo de cognição do agente. No protótipo do AP, algumas capacidades foram implementadas e compõem a classe *Actions* (Figura 6.1).

Actions
+ readResponse(msg : Message) : void
+ composeMessage(type : int) : void
+ findLO(lo : LearningObject) : void
+ findAP(ap : Profile) : void
+ talkAP(apID : String) : void
+ updateProfile() : void

Figura 6.1: Classe *Actions*

A operação *readResponse* é responsável por tratar a mensagem enviada dos Módulos Educacionais para o AP. Esta operação é realizada em *background*, sendo uma ação onde o aprendiz não intervém diretamente na sua execução. Há ainda as ações que só são executadas quando o aprendiz as solicita. Com essas ações, o aprendiz pode buscar por um objeto de aprendizagem (*findLO*) ou por um aprendiz (*findAP*) no

contexto, interagir com outro aprendiz através de bate-papo (*talkAP*) ou ainda editar suas próprias informações pessoais (*updateProfile*). A comunicação entre o AP e os Módulos Educacionais do GlobalEdu é realizada através de troca de mensagens. Assim, quando o AP deseja comunicar-se com estes módulos, a operação *composeMessage* também é envolvida.

6.1.3 Comunicação

Conforme a arquitetura do AP, o módulo Comunicação trata da comunicação do AP com a Camada de Sistemas do GlobalEdu (capítulo 4). Assim, utilizando-se da classe *CommunicationImplAP* o AP realiza a troca de mensagens com os módulos do sistema.

Os passos realizados no método *sendMessage* da classe *CommunicationImplAP* podem ser observados na Figura 6.2. Na linha 3 é realizada a busca pelo serviço do ME Gerencia Contexto, utilizando-se para isso dos serviços providos pelo *middleware* de execução. Com isso, obtém-se no atributo *comm* uma instância de um objeto remoto do ME desejado. Na linha 5 é realizada a chamada remota do método pelo AP, e uma resposta (também no formato *Message*) é retornada para a aplicação.

```

01 public Message sendMessage(Message msg){
02     System.out.println("[Log AP] Procurando o servico do ME");
03     Communication comm = Middleware.lookupComm();
04     System.out.println("[Log AP] Chamando o metodo remoto");
05     Message resp = comm.processMessage(msg);
06     System.out.println("[Log AP] Recebeu a resposta do modulo");
07     return resp; }

```

Figura 6.2: Método *sendMessage* da classe *CommunicationImplAP*

A fim de ilustrar o processo de envio de mensagens entre o AP e os Módulos Educacionais, toma-se como exemplo a entrada do aprendiz no ambiente e a seleção de seu modo de visibilidade. Por ser um evento interno, a classe *Actions* atualiza as informações do aprendiz e envia uma mensagem a Camada de Sistemas do GlobalEdu, informando as configurações definidas pelo aprendiz. A Figura 6.3 apresenta o trecho do código utilizado pelo AP para atualizar a visibilidade do aprendiz (linha 2) implicando no envio de informações para a Camada de Sistemas (linha 4). O parâmetro utilizado na chamada do método *composeMessage* indica a performativa que deve ser enviada na mensagem. O Apêndice E contém a lista de performativas utilizadas no GlobalEdu.

```

01 System.out.println("[Log AP] Atualizando dados do aprendiz");
02 actions.getKnowledgeBase().getConfig().setVisibility(opcaoSelecionada);
03 System.out.println("[Log AP] Enviando a mensagem com a visibilidade");
04 actions.composeMessage(Constants.MSG_ENTRANCE);

```

Figura 6.3: Envio de informações para a camada de sistemas

Um trecho do processamento interno do método *composeMessage* pode ser observado na Figura 6.4.

```

01 switch (type) {
02     case Constants.MSG_ENTRANCE:
03         System.out.println("[Log AP] Enviando mensagem da entrada do aprendiz");
04         msg = new Message();
05         v = new Visibility();
06         v.setId(kbase.getProfile().getPersonalInfo().getId());
07         v.setVisibility(Integer.toString(kbase.getConfig().getVisibility()));

```

```

08     msg.setContent(v);
09     msg.setSender(kbase.getConfig().getMyIp());
10     msg.setPerformative(Performatives.NOTIF_ENTRADA_APRENDIZ_CONTEXTO);
11     resp = comm.sendMessage(msg);
12     System.out.println("[Log AP] Recebeu a resposta");
13     readResponse(resp, Performatives.NOTIF_ENTRADA_APRENDIZ_CONTEXTO);
14     break;

```

Figura 6.4: Parte do método *composeMessage* da classe *Actions*

De acordo com a performativa informada na mensagem (`MSG_ENTRANCE` – linha 02), sabe-se o tipo de mensagem que deve ser criada e enviada. Nesse caso, a visibilidade do aprendiz deve ser informada, bem como sua entrada no ambiente. Assim, a classe utilizada no conteúdo da mensagem é a *Visibility* (linha 08) e a performativa utilizada na mensagem notifica a entrada do aprendiz no contexto (linha 10). A comunicação do aprendiz com o ME Gerencia Contexto do GlobalEdu ocorre na linha 11. O atributo *comm* é do tipo *CommunicationImplAP*, que contém os métodos necessários para se realizar a comunicação. O comportamento do método *sendMessage* foi descrito na Figura 6.2. Após realizada a comunicação (linha 11), a mensagem recebida pelo AP como resposta dos MEs é tratada no método *readResponse*, da classe *Action* (linha 13).

```

01 public void readResponse(Message resp, int performative){
02     switch (performative){
03         case Performatives.NOTIF_ENTRADA_APRENDIZ_CONTEXTO:
04             System.out.println("[Log AP] Lendo Resp. (NOTIF_ALTERACAO_CONTEXTO)");
05             if (resp.getContent()!=null &&
06                 resp.getContent().getClass().isInstance(new Profile())){
07                 kbase.setProfile((Profile)resp.getContent());
08                 System.out.println("[Log AP] Resposta lida corretamente");
09             } else {
10                 System.out.println("[Log AP] Erro: objeto do tipo Profile esperado");
11             }
12             break;

```

Figura 6.5: Método *readResponse* da classe *Actions*

O tratamento da resposta da performativa recebida no método pode ser observada na Figura 6.5. O objeto retornado é do tipo *Profile* (linhas 04 e 05) pois contém os dados do aprendiz, que serão carregados para a aplicação assim que ele a executar.

Os Módulos Educacionais, em função do perfil do aprendiz ou de uma alteração em seu contexto, podem enviar notificações ao AP. Neste caso, os MEs automaticamente invocam o método *processMessage* do AP do aprendiz. Este método faz o papel do módulo de Inferência do agente.

A Figura 6.6 apresenta um trecho do código do método *processMessage* do AP ao receber uma notificação do ME Gerencia Contexto. Neste caso, como pode ser observado a partir da performativa (linha 03), a notificação refere-se a informações de contexto. Quando a performativa `NOTIF_CONTEXTO_APRENDIZES` é recebida, sabe-se que o contexto do aprendiz foi alterado, e com isso suas crenças são revistas (linha 07).

```

01 public Message processMessage(Message msg){
02     switch (msg.getPerformative()){
03         case Performatives.NOTIF_CONTEXTO_APRENDIZES:
04             System.out.println("[Log AP] Recebendo mensagem do modulo");

```

```

05     System.out.println("[Log AP] Perf. rec.: NOTIF_CONTEXTO_APRENDIZES");
06     if (msg.getContent()!=null
           && msg.getContent().getClass().isInstance(new Vector())){
07         actions.getKbase().getLContext().setPeople((Vector)msg.getContent());
08         System.out.println("[Log] Resposta lida corretamente");
09     } else {
10         System.out.println("[Log AP] Objeto do tipo Vector esperado");
11     }
12     break; (...)

```

Figura 6.6: parte do método *processMessage* da classe *CommunicationImplAP*

6.1.4 Interface

Conforme já destacado neste capítulo, a aplicação denominada U-inContext (NINO, 2006) incorpora as funcionalidades do AP, consistindo de uma identidade visual para o agente, facilitando a interação do aprendiz com o mesmo.

No pacote *view* do modelo de classes do AP encontram-se todas as classes que manipulam os objetos gráficos do AP. Assim, independente da *view* utilizada, ela implementa classes básicas de apresentação para a aplicação. Para o protótipo, foram desenvolvidas *views*, uma para *desktop* e outra para PDA Zaurus SL-5600. Na Figura 6.7 é possível observar a mesma funcionalidade do aplicativo para os dois dispositivos. Nesta figura, é possível também verificar que, quando o aprendiz inicializa o AP, pode selecionar seu modo de visibilidade.



Figura 6.7: Modo de visibilidade: visão PDA (à esquerda) e *desktop* (à direita)

A partir disso tem acesso à interface principal do AP (Figura 6.8), onde já recebe, através do ME Gerencia Contexto, informações do contexto em que se encontra. As informações fornecidas ao aprendiz estão de acordo com contexto em que ele se encontra e com o seu perfil. O aprendiz pode obter maiores informações sobre cada um dos dados. Estas informações são recebidas pelo aprendiz através de um processo de comunicação semelhante ao descrito na seção 6.1.3, contudo a diferença está em quem está invocando o método remoto.

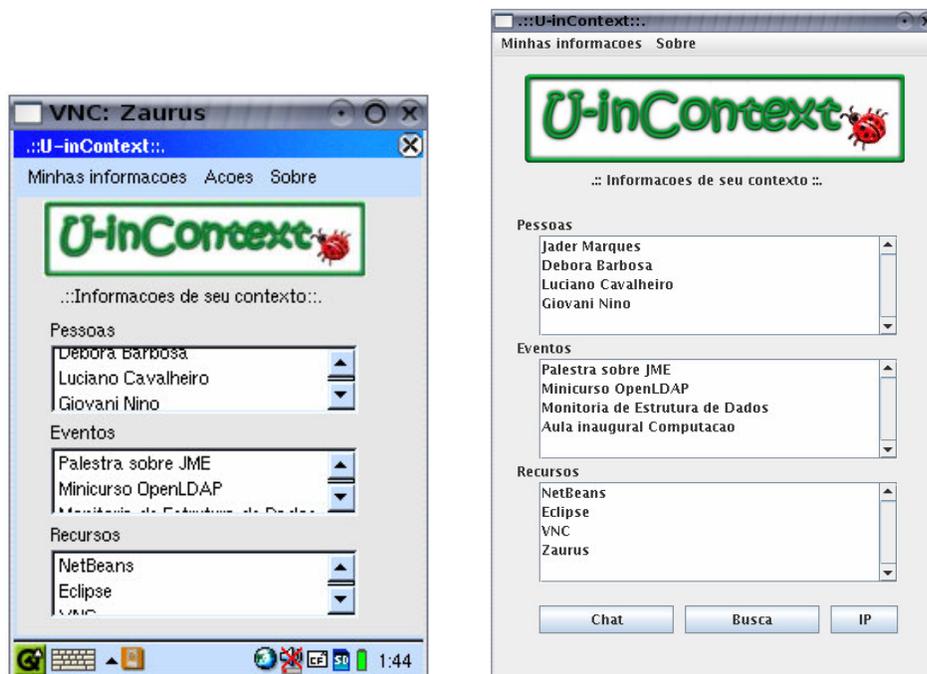


Figura 6.8: AP – visão PDA (à esquerda) e *desktop* (à direita)

Os dados do perfil do usuário podem ser alterados por ele a qualquer momento através das opções no *menu* “Minhas informações” (Figura 6.9). Cada opção no *menu* engloba um grupo de informações do perfil do aprendiz, definidos para o perfil do aprendiz. Para fins de validação, apenas algumas operações foram implementadas.

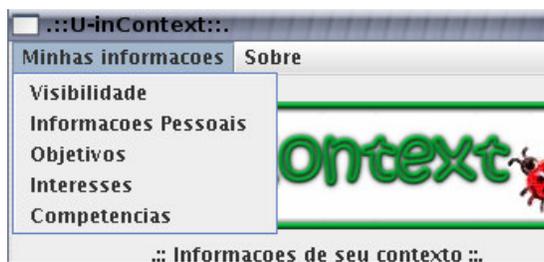


Figura 6.9: Menu “Minhas informações”

Na Figura 6.10 é apresentada uma interface de edição de alguns destes dados. As informações alteradas pelo aprendiz são enviadas ao ME Gerencia Perfil no servidor que está provendo serviços a ele. Desta forma, os dados referentes ao contexto do aprendiz podem mudar, pois estes são informados a ele com base no seu perfil.

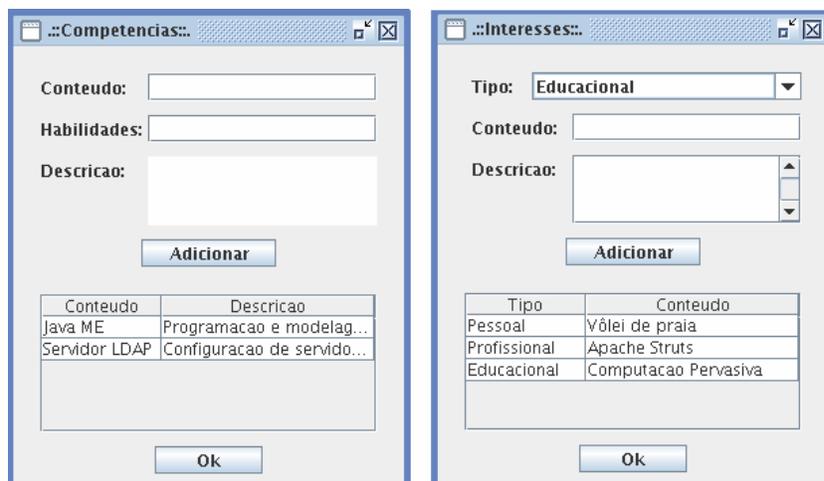


Figura 6.10: Edição de informações do perfil do aprendiz

Uma das capacidades do AP é permitir a interação do aprendiz com outros aprendizes no contexto. Assim, o AP informa o aprendiz sobre outros aprendizes no contexto que tenham relacionamento com ele. A partir disso, o aprendiz pode decidir por interagir a partir de uma interface de bate-papo (Figura 6.11).

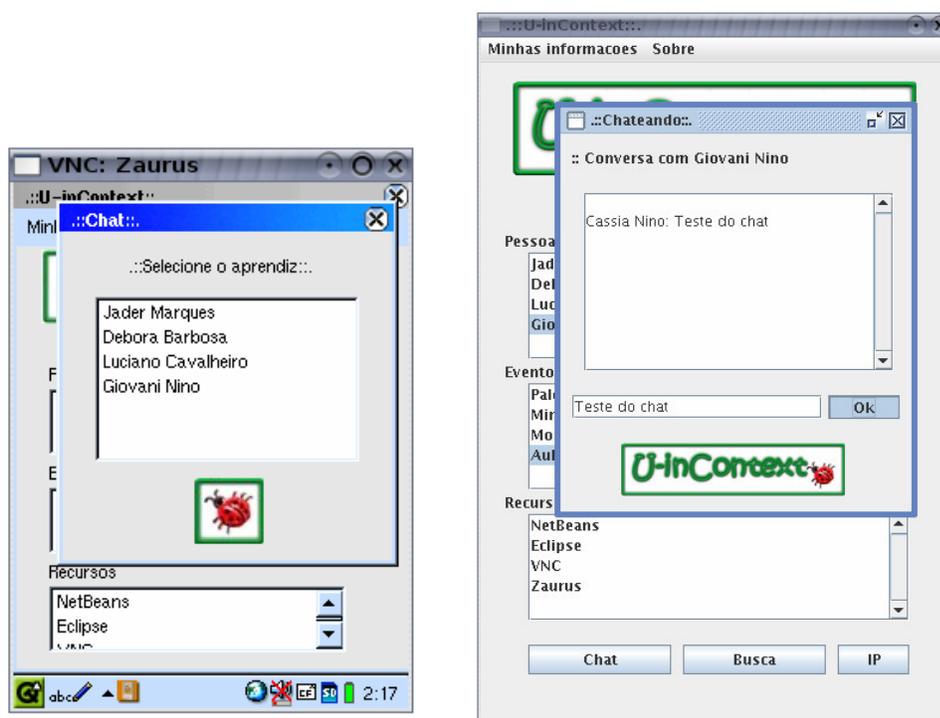


Figura 6.11: Interface de bate-papo com o aprendiz: visão PDA (à esquerda) e *desktop* (à direita)

6.2 Módulo Educacional Gerencia Contexto

As funcionalidades desenvolvidas para o ME Gerencia Contexto serão descritas através do cenário 2 (Figura 6.12). O cenário escolhido tem como objetivo atender ao maior número de funcionalidades previstas para o GlobalEdu. São demonstrados alguns trechos de código que implementam o suporte aos elementos do cenário.

Ao entrar no Unilasalle, o sistema avisa Cássia em seu PDA, que o professor de Paradigmas, assunto que está sendo estudado por ela, estará na sala 311-1 em 30 minutos. Avisa também que à tarde será realizada uma palestra sobre Programação Orientada a Objetos na sala 526-1. Além disso, o sistema avisa quais os aprendizes presentes no prédio e onde eles se encontram.

Cássia decide então verificar com Luciano, no Laboratório de Software, através do Chat, se ele está disponível para tirar uma dúvida sobre um exercício de programação em Java, já que ele tem competência na linguagem. Os dois conversam sobre o assunto. Decidem que Cássia vai se dirigir ao laboratório para eles conversarem pessoalmente.

Após realizar os exercícios, Cássia decide continuar seu estudo teórico sobre Java. Neste momento, o sistema avisa que o professor de Paradigmas está na sala 311-1. Cássia verifica com o professor a possibilidade do mesmo atendê-la para tirar algumas dúvidas sobre o conteúdo.

À tarde, no horário da palestra sobre Programação Orientada a Objetos, ela se dirige à sala 526-1 da palestra. Ao chegar lá, o sistema disponibiliza no seu AP o acesso à apresentação que está sendo realizada.

Após a palestra, através do seu AP, decide pesquisar algum material sobre Orientação a Objetos. O sistema apresenta os materiais selecionados à ela. Cássia escolhe um material e decide acessar a informação desconetada (*off line*). Desta forma, o sistema faz o *download* do material para o seu dispositivo.

Figura 6.12: Descrição do cenário 2

A entrada do aprendiz em uma Região Geográfica, bem como as ações que ocorrem no sistema ao perceber esse elemento, são indicadas no cenário como segue:

Ao entrar no Unilasalle, o sistema avisa Cássia em seu PDA, que o professor de Paradigmas, assunto que está sendo estudado por ela, estará na sala 311-1 em 30 minutos. Avisa também que à tarde será realizada uma palestra sobre Programação Orientada a Objetos na sala 526-1. Além disso, o sistema avisa quais os aprendizes presentes no prédio e onde eles se encontram.

Todos esses eventos são disparados a partir da entrada da Cássia na Região Geográfica *Unilasalle*. O código da Figura 6.13 representa o envio da informação do *middleware* ao MS Comunicação. As linhas 02 a 06 apresentam a composição da mensagem que é enviada na linha 07. Salienta-se que, em virtude do *middleware* ISAM utilizado para avaliação do GlobalEdu não possuir implementado o sistema de posicionamento, a notificação de entrada no ambiente está sendo enviada pelo AP a partir da performativa MSG_ENTRANCE.

```

01  (...)
02  msg = new Message();
03  msg.setContent(Middleware.getConfig().getPositionAP());
04  msg.setSender(Middleware.getConfig().getId());
05  msg.setReceiver(Middleware.getConfig().getModule());
06  msg.setPerfomative(Performatives.NOT_ENTRADA_APRENDIZ_CONTEXTO);
07  resp = comm.sendMessage(msg);  (...)
```

Figura 6.13: Notificação de entrada de aprendiz no contexto

A partir da mensagem recebida pelo MS Comunicação, o MS Acesso é informado sobre a presença de aprendizes no contexto. Da mesma forma, o módulo envia uma mensagem com o contexto físico do aprendiz e seu estado ao ME Gerencia Contexto. A Figura 6.14 apresenta algumas ações do ME Gerencia Contexto na entrada de um aprendiz em um contexto. Nas linhas 03 e 05 o contexto é atualizado, identificando o aprendiz. Após identificar o aprendiz, o seu perfil é revisado, bem como são buscados os conteúdos em manipulação pelo aprendiz e seu contexto (linhas 05 a 07).

```

01 (...)
02 //insert new learner in context
03 this.insertLearnerinContext(v.getId(),m.getSender()) (...)
04 ContextControl.updateContext(learner,context); (...)
05 Profile profile = (Profile) getProfileLearner(ms.getConfig().getId());(...)
06 Content content = (Content) getContentLearner(ms.getConfig().getId()); (...)
07 Context context = (Context) getContextLearner(ms.getConfig().getId());
08 (...)

```

Figura 6.14: Entrada da aprendiz Cássia no Contexto

Na linha 07 da Figura 6.14, o contexto do aprendiz é obtido através do método *getContextLearners()*. Este método manipula funções da classe *MyFactory*, onde são obtidas as informações do *Repositório de Contexto Região* (Figura 6.15). Com a utilização desta classe, é abstraída do código a funcionalidade de realizar a abertura e o *parser* OWL no arquivo.

```

01 (...)
02 MyFactory m = new MyFactory owlModel);
03 (...)
04 owlModel regioaGeografica = m.getRegiaoGeografica();
05 owlModel pessoas = m.getPessoa();
06 owlModel eventos = m.getEventos();
07 owlModel recursos = m.getRecursos();
08 (...)

```

Figura 6.15: Busca de informações de Contexto Região

Após o término do processamento, o módulo atualiza as informações do AP, gerando o contexto adaptado ao perfil do aprendiz (Figura 6.16).

```

01 (...)
02 ContextAP contextap = new ContextAP();
03 if (RelationshipLearner.relationshiptProfileAPContext(v.getId(),context)){
04 contextap.setContextId(learnerId);
05 contextap.setContextNameLocation(RelationshipLearner.getContextName());
06 contextap.setEventsContext(RelationshipLearner.getEventsContext());
07 contextap.setPeopleContext(RelationshipLearner.getPeopleContext());
08 contextap.setResourcesContext(RelationshipLearner.getResourcesContext());
09 contextap.setLearnersContext(RelationshipLearner.getLearnersContext());
10 (...)

```

Figura 6.16:Gerando o contexto adaptado ao perfil do aprendiz

Ao término do processamento, o Módulo envia uma mensagem de notificação para o aprendiz. Nesta mensagem, é enviado um objeto com as informações que devem ser disponibilizadas no dispositivo móvel do aprendiz. Neste objeto consta também a informação sobre outros aprendizes que encontram-se no mesmo contexto. Da mesma forma, as informações sobre o aprendiz são atualizadas e armazenadas em uma estrutura de dados que é pública para todos os MEs. Todos esses elementos são realizados pelo

ME Gerencia Contexto. Esses procedimentos também são executados quando o professor de Paradigmas efetivamente entra no contexto da sala 311-1.

Seguindo o cenário apresentado na Figura 6.12, podemos observar que a aluna Cássia decide conversar com o aluno Luciano, conforme segue abaixo:

Cássia decide então verificar com Luciano, no Laboratório de Software, através do Chat, se ele está disponível para tirar uma dúvida sobre um exercício de programação em Java, já que ele tem competência na linguagem. Os dois conversam sobre o assunto.

A partir disso, o aprendiz tem a opção de conversar diretamente com outro aprendiz, através de uma interface de Chat. A Figura 6.17 apresenta o método `talkAP()` da classe `Actions` do AP que implementa esta funcionalidade.

```

01  public void talkAP(Profile sender, String receiver, String message){
02      MessageChat msgChat = new MessageChat();
03      msgChat.setSenderId(sender.getPersonalInfo().getId());
04      msgChat.setSenderName(sender.getPersonalInfo().getName());
05      msgChat.setMessage(message);
06      Message msg = new Message();
07      msg.setSender(kbase.getConfig().getMyIp());
08      msg.setPerformative(Performatives.CHAT);
09      msg.setContent(msgChat);
10      Message resposta = comm.sendMessage(msg, receiver);
11      (...)

```

Figura 6.17: Método `talk()` para conversa via Chat entre APs

Uma parte importante do cenário apresenta a disponibilização de acesso aos recursos existentes em uma localização:

À tarde, no horário da palestra sobre Programação Orientada a Objetos, o Cássia se dirige à sala 526-1 da palestra. Ao chegar lá, o sistema disponibiliza a ele o acesso à apresentação que está sendo realizada.

No momento em que o aprendiz entra no contexto da sala 526-1, o sistema identifica uma troca de contexto e, portanto, verifica as informações de Contexto Região da localização. Nesse caso, ocorre uma alteração no Espaço Região, uma vez que Cássia encontra-se na mesma Região Geográfica. A partir das categorias *Schedule*, *description* e *location* do Evento, é possível ao sistema disponibilizar acesso à apresentação que está sendo realizada na localização.

6.3 Módulos de Suporte

A fim de avaliar o modelo proposto, os MS Comunicação e MS Acesso foram desenvolvidos.

6.3.1 MS Comunicação

Para avaliação do sistema, o MS Comunicação foi prototipado para dar suporte à execução do ME Gerencia Contexto e do AP, permitindo a comunicação entre eles e entre o *middleware*. As mensagens são compostas pelos atributos definidos no modelo de comunicação apresentado no Capítulo 4, seção 4.3.3.

6.3.2 MS Acesso

O MS Acesso foi prototipado através da *thread ListenerCommunication* (ver Anexo F), que é a responsável por atualizar as informações de Contexto Físico e notificar os outros elementos da arquitetura. Salienta-se que embora o protótipo apresente o acesso do aprendiz no sistema, considera-se que essa função é provida pelo *middleware* de execução, tendo o MS Acesso de manter o conjunto de aprendizes que encontram-se em um determinado contexto.

6.4 Aspectos de Avaliação

O GlobalEdu foi avaliado a partir de dois ambientes computacionais com suporte à execução de aplicações ubíquas: o ISAM - Infra-estrutura de Suporte às Aplicações Móveis ((AUGUSTIN, 2004), (YAMIN, 2004)) e o LOCAL – *Location and Context Aware Learning* (BARBOSA, J. 2006). O primeiro suporta a execução de aplicações da Computação Ubíqua em um cenário distribuído, executando aplicações em larga escala. O segundo é um sistema de suporte à execução de aplicações conscientes da localização do usuário e de elementos do seu contexto, voltado para suporte à aplicações ubíquas em um determinado local (pequena escala).

A gerência do contexto no GlobalEdu e o AP foram integrados ao ISAM e sua avaliação aplicada no Unilasalle. No LOCAL, foram desenvolvidos módulos independentes, baseados no modelo do GlobalEdu para suporte à aprendizagem. O LOCAL foi desenvolvido e aplicado na Unisinos. As especificações e modelagem do AP dos Módulos Educacionais foram consideradas no desenvolvimento do LOCAL. Os sistemas ISAM e LOCAL são brevemente descritos no Apêndice D. Maiores informações podem ser obtidas nas publicações dos projetos.

A metodologia de avaliação baseada em Estudo de Caso seguiu os aspectos apresentados no Capítulo 1. Foi selecionada uma população amostra para avaliar o sistema nos dois ambientes. Os sujeitos selecionados para a pesquisa possuem perfis diversos, abrangendo alunos de graduação, professores e funcionários das instituições participantes da avaliação. Conhecimentos de informática e prática no uso de computadores foram pré-requisitos para seleção dos participantes da amostra. O número de sujeitos selecionados nos dois ambientes foi diversificado. O cenário 2, apresentado na Figura 6.12, foi utilizado para avaliar o sistema nos dois ambientes de execução.

Os itens avaliados tiveram como base os objetivos do GlobalEdu e a hipótese levantada nesta Tese (ver Capítulo 1). Os principais itens a serem avaliados nos dois sistemas consistem em aspectos de modelo e de protótipo, tais como interação entre aprendizes no contexto, informação de disponibilidade do aprendiz, relacionamento entre aprendizes, informação de contexto conforme perfil do aprendiz, uso do sistema no dia-a-dia dos usuários e adequação do sistema para auxiliar a aprendizagem.

Os itens acima foram avaliados através de um questionário (ver Apêndice C). O mesmo foi aplicado sem a participação desta autora e sem a identificação do sujeito. O questionário apresenta tanto questões abertas quanto fechadas, permitindo respostas categorizadas e livres (MARCONI, 2006). Embora os questionários aplicados na avaliação junto ao ISAM e LOCAL não sejam totalmente iguais, são semelhantes nos aspectos a serem avaliados nas questões. Assim, a diferenciação no instrumento refere-se somente a termos, em função da característica dos sistemas e dos contextos em que as avaliações foram realizadas, e não em objetivos a serem alcançados. Os questionários

aplicados podem ser consultados no Apêndice C. A análise qualitativa dos resultados obtidos foi realizada através de gráficos e dos comentários descritos pelos sujeitos.

6.4.1 GlobalEdu e ISAM

A integração do GlobalEdu com o ISAM provê um ambiente de suporte à Educação Ubíqua em larga escala (Figura 6.18). O meio físico sobre o qual executam as aplicações no ISAM é denominado *ISAMpe*. Sua organização física é celular, onde os usuários movem-se entre células mantendo o acesso ao ambiente, compondo uma rede infra-estrutura. Os serviços de suporte à execução das aplicações no ISAM são providos pelo *middleware* de execução EXEHDA (YAMIN, 2004). Os serviços do *middleware* são usados pelo GlobalEdu para obter informações de contexto físico, acessar os repositórios, prover comunicação entre os servidores GlobalEdu e destes com o AP, além de mover este último entre os dispositivos. Os componentes do GlobalEdu executam em conjunto com servidores ISAM presentes em cada célula do sistema, representando uma localização caracterizada como Região_geográfica.

Atualmente, a implementação dos principais serviços do *middleware* EXEHDA é denominada de GRADEp (GEYER, 2005), utilizado na avaliação do GlobalEdu. Como requisitos do *middleware*, foram instalados e configurados no servidor GlobalEdu os seguintes aplicativos e serviços: Java Standard Edition 1.5, OpenLDAP 2.2.26-3, Apache Ant 1.6.5 e o CVS (*Concurrent Versions System*). O *middleware* é configurado através de um perfil de execução, que está armazenado em um arquivo no formato XML. Nesse são selecionados e parametrizados os serviços o *middleware* irá prover (ver Anexo G). Maiores informações sobre o perfil de execução no GRADEp podem ser obtidas em (GEYER, 2005).

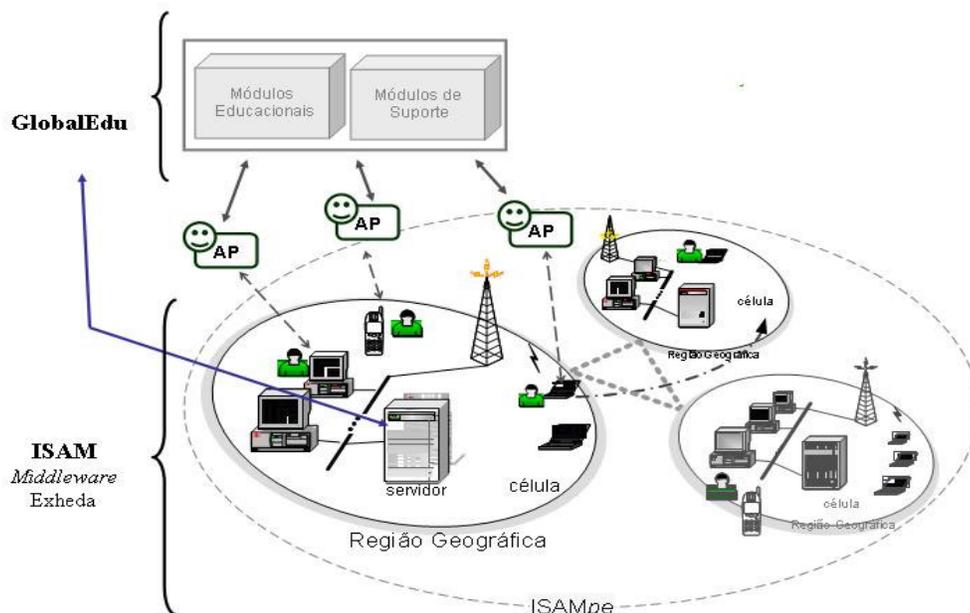


Figura 6.18: GlobalEdu e ISAM

No GRADEp, os usuários do sistema não possuem as aplicações instaladas no dispositivo. As aplicações são instaladas sob demanda, à medida que o usuário dispara uma aplicação. O código fonte das aplicações, empacotada em arquivos *.jar*, são armazenadas no servidor GRADEp, na base de dados do usuário. Em função disso, cada

dispositivo que utiliza o *middleware* possui um núcleo GRADEp instalado. Em função disso, o dispositivo do aprendiz também possui um perfil de execução (ver Anexo G), que parametriza os serviços do *middleware* que estão executando nele.

Desta forma, o dispositivo do aprendiz possui um “disparador” para a aplicação AP, que possui seu código fonte no servidor GlobalEdu. Este “disparador” constitui-se de um arquivo XML (Figura 6.19), com extensão *isam*, que é utilizado pelo GRADEp quando o aprendiz deseja iniciar o AP. Através dos serviços do *middleware* que estão executando no dispositivo do aprendiz, os pacotes necessários para a aplicação são copiados do servidor que atende o aprendiz para seu dispositivo, e a aplicação é executada. No GRADEp, foram utilizados os serviços *Executor*, *Worb*, *CIB (Cell Information Base)*, *Logger*, *Code Repository* e *Gatekeeper* para dar suporte à execução do AP. Maiores detalhes sobre esses serviços podem ser obtidos em (YAMIN, 2004).

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<isamapp spec="1.0" href="ap.isam">
  <info>
    <title>AP</title>
    <vendor>GlobalEdu</vendor>
  </info>
  <code>
    <main class="globaledu.ap" />
  </code>
  <jar href="bda:/ap.jar"/>
</isamapp>
```

Figura 6.19: Arquivo de inicialização da aplicação

Os serviços providos pelo ambiente de execução GRADEp foram utilizados para prover a comunicação do AP com o servidor GlobalEdu e vice-versa. Portanto, foi incorporado ao protótipo a classe *ExehdaUtil*, que provê o acesso aos serviços de comunicação do GRADEp (Figura 6.20). Essa classe é comum ao AP e à Camada de Sistemas do GlobalEdu. Com isso, é possível ao AP comunicar-se com as funcionalidades do GlobalEdu nos diferentes contextos.

ExehdaUtil
+ lookupComm() : Communication + lookupComm(user : String) : Communication + export(c : Communication, user : String) : void + export(c : Communication) : void

Figura 6.20: Classe GRADEp para comunicação

6.4.1.1 Avaliação do GlobalEdu utilizando o ISAM

O cenário utilizando o ambiente ISAM foi aplicado no Unilasalle. Na avaliação do GlobalEdu com o ISAM, foram utilizados como nodos móveis um *notebook* e um PDA Sharp Zaurus SL-5600.

A população amostra consistiu em cinco sujeitos, entre alunos de graduação e funcionários. Primeiramente, o objetivo do estudo, bem como características básicas do protótipo, foram expostas aos mesmos. Após, os sujeitos inseriram seus dados pessoais no seu AP. O cenário foi aplicado em três momentos distintos, com dois participantes por vez. Um dos sujeitos participou em dois momentos. Esse aspecto teve de ser empregado visto o número de dispositivos móveis à disposição, bem como a

característica do cenário. Após o uso do sistema, foram entregues os questionários para avaliação.

6.4.1.2 Análise da Avaliação

A partir da análise de cada questão do instrumento de avaliação, algumas considerações podem ser destacadas. Para isso, foram escolhidos gráficos representativos de questões e de conjuntos de questões importantes significativos. O Apêndice C apresenta o questionário aplicado, bem como o gráfico com o resultado para cada questão do instrumento.

Assim, os sujeitos avaliaram, no geral, o sistema como bom para ser utilizado como forma de interação com as informações em uma localização. A maioria dos sujeitos indicou que o sistema seria interessante para ser usado no dia-a-dia (questão 6). Nesse aspecto, um dos sujeitos colocou que não poderia opinar. Entende-se que essa opinião é pertinente, uma vez que esse aspecto só poderia ser verdadeiramente avaliado se os sujeitos estivessem utilizando o AP por um período de tempo maior e o escopo de abrangência do sistema em termos de Região Geográfica fosse maior.

Uma análise em conjunto das questões 1 a 4, que abordam os aspectos de consciência do contexto propostos no GlobalEdu, foi realizada. As questões abordam aspectos como identificação sobre outras pessoas que fazem parte do contexto e estão relacionados com o perfil do usuário, eventos relacionados, presença de outros usuários na localização e adequação do sistema para auxiliar no aprendizado de algum conteúdo. Essas questões também tinham como objetivo avaliar o protótipo desenvolvido. Conforme pode ser verificado no gráfico da Figura 6.21, os resultados indicam uma boa aceitação dos sujeitos quanto aos elementos de contexto apresentados, visto que os mesmos consideraram o sistema bom e excelente quanto as informações de contexto. Percebe-se, também, que um pequeno percentual da amostra considerou o sistema satisfatório, não incidindo negativamente na avaliação.

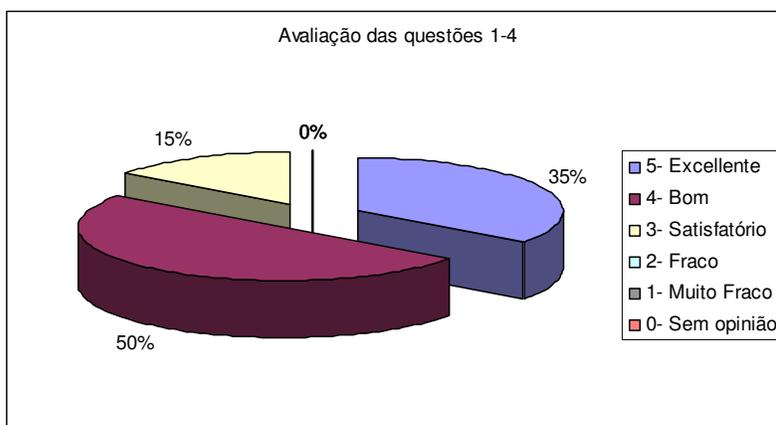


Figura 6.21: Análise das avaliações quanto às informações de contexto (ISAM)

Houve também questionamento por parte de um sujeito quanto à limitação referente aos aspectos de contexto:

“Eu utilizei o sistema conforme as regras solicitadas. Através deste teste foi possível entender o funcionamento do sistema. Já havia assistido a apresentação do trabalho na Semana Científica, mas havia imaginado que o sistema iria atender a todos os requisitos e não apenas o de contexto”.

Percebe-se que o usuário identifica as potencialidades do sistema e, portanto, sugere a liberdade no uso do mesmo. Em função dos aspectos de mapeamento de contexto e possibilidade de acesso à rede sem fio da universidade (que não está disponível em todos os locais), os locais para avaliação tiveram de ser especificados. Caso isso não tivesse ocorrido, o AP poderia ficar um tempo considerável em estado de desconexão (sem acesso a rede), prejudicando diversos aspectos importantes a serem avaliados.

Quanto aos aspectos referentes ao protótipo, percebe-se que o mesmo foi aceito pela maioria dos sujeitos, embora um deles tenha indicado a necessidade de ajustes a serem realizados:

“Muito bom, mas acredito que ele ainda possa sofrer alguns ajustes.”

Por se tratar de um protótipo, é normal que alguns ajustes, tanto de interface como de sistema, devam ser ainda realizados. Possivelmente, os ajustes referidos referem-se a aspectos de interface e ao fato de que a localização do usuário é inferida por ele, através da interface no AP. Esse aspecto foi necessário pois o *middleware* GRADEp não possui ainda suporte à localização do usuário. Além disso, pode-se concluir que essa percepção emergiu da expectativa de que o AP agisse mais pró-ativamente em função do perfil do usuário. Essa funcionalidade é prevista no modelo do GlobalEdu. Como o protótipo estava avaliando o modelo de gerência de contexto, o modelo de gerência de perfil foi simulado. Desta forma, dados referente ao perfil tiveram de ser inseridos pelo usuário. Outros dados, como objetivos, preferências e interesses, foram pré-determinados em função do cenário.

Da mesma forma, por ser um protótipo e não englobar todos os aspectos do GlobalEdu, questões relacionadas à autenticação no sistema foram questionadas:

“O sistema ainda é um pouco limitado e não contempla todos os requisitos propostos. Além disso, como se trata de uma aplicação ubíqua, não é adequado o uso de uma entrada para identificação de usuário ou senha para utilizar o serviço.”

Com o objetivo de avaliar o uso de sistema no dia-a-dia como apoio ao aprendizado, a interação com os elementos presentes nos diversos contextos aos quais o aprendiz se move, foi realizada uma análise em conjunto das questões 5 a 7. Essas visam, de uma forma mais precisa, avaliar as hipóteses apresentadas nesta Tese. A Figura 6.22 apresenta o resultado das avaliações para essas questões. Os resultados indicam a boa aceitação dos sujeitos quanto aos aspectos avaliados. Quase 80% da amostra consideram o sistema pertinente para ser usado no dia-a-dia, como forma de suporte ao aprendizado e à interação com o contexto.

Destaca-se os comentários de um sujeito quanto ao uso do sistema para auxílio a aprendizagem:

“Assisti à apresentação do trabalho na Semana Científica e utilizei o sistema, seguindo o cenário proposto. Acho que no futuro esse sistema poderá substituir os sistemas de EAD utilizado na Instituição.”

Entende-se que a percepção desse sujeito consiste em que o sistema poderia ser utilizado para acesso às informações contidas nas diversas disciplinas que o sistema de EAD institucional suporta. Mas salienta-se a percepção intrínseca desse sujeito quanto ao uso do GlobalEdu como suporte à aprendizagem a distância. Em uma aprendizagem cada vez mais autônoma, é reforçada a hipótese de que desenvolvimento de ambientes educacionais ubíquos deve ser apoiado por mecanismos computacionais pró-ativos que possibilitem a consciência do contexto e a mobilidade do aprendiz.

Embora com uma amostra pequena, pode-se perceber que os objetivos propostos para esta tese foram alcançados. O protótipo do sistema apresentou os elementos de contexto adaptados ao perfil dos sujeitos, criando um ambiente propício para a aprendizagem. O uso de um ambiente computacional com suporte à ubiquidade suportou os elementos necessários para a consciência do contexto no ambiente educacional.

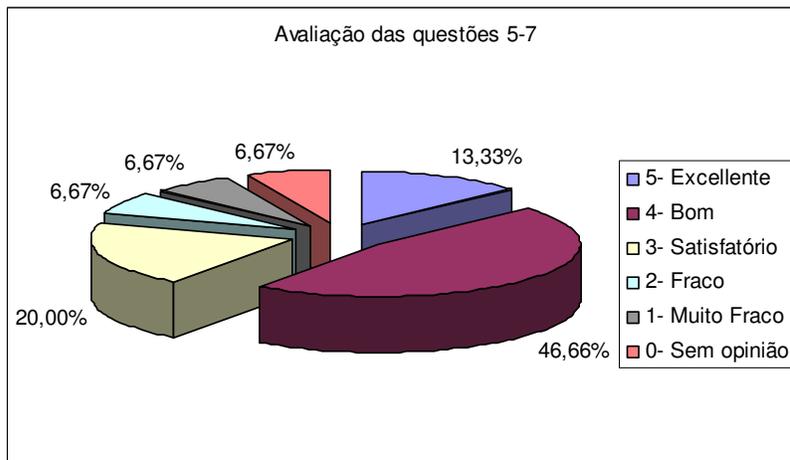


Figura 6.22: Análise das avaliações quanto aos objetivos do GlobalEdu (ISAM)

6.4.2 GlobalEdu e LOCAL

O núcleo de execução do LOCAL (Figura 6.23) é formado por quatro componentes: um sistema de perfis, um sistema de localização, um sistema de envio de mensagens contextuais e um assistente pedagógico. Para atender as especificações do GlobalEdu, foram necessárias algumas alterações nos elementos do núcleo. O Sistema de Perfis foi adequado seguindo alguns elementos especificados no modelo do GlobalEdu. O Assistente Pessoal corresponde a uma versão simplificada do AP.

Além dessas alterações, foram incorporados na arquitetura dois elementos que envolvem protótipos dos Módulos Educacionais: um repositório de objetos de aprendizagem e um tutor. O primeiro armazena e indexa o conteúdo (ME Gerencia Conteúdo). O segundo integra e simplifica as ações realizadas pelos componentes ME Gerencia Contexto e ME Gerencia Perfil. O Tutor usa os perfis e as informações de localização para inferência de oportunidades de ensino e de aprendizagem.

O sistema foi desenvolvido e aplicado em um andar do prédio do curso de Engenharia da Computação da Unisinos. A infra-estrutura de rede sem fio é composta de quatro antenas *wireless* Cisco Aironet distribuídas no andar. Maiores informações sobre o LOCAL podem ser obtidas no Apêndice D.

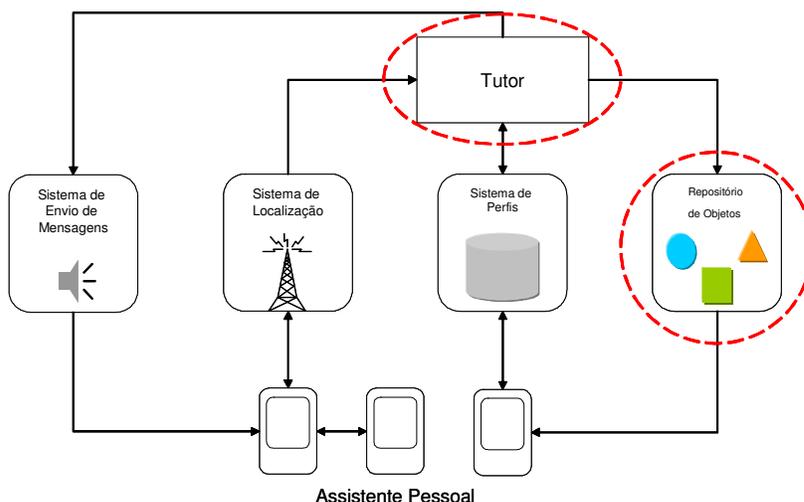


Figura 6.23: LOCAL X GlobalEdu

6.4.2.1 Avaliação do GlobalEdu utilizando o LOCAL

O cenário utilizando o ambiente LOCAL foi aplicado na Unisinos. Na avaliação foram utilizados como nodos móveis iPAQs 4700 disponíveis no MobiLab⁸. A população amostra consistiu em vinte sujeitos, entre alunos e professores do curso de Engenharia da Computação da Unisinos. A validação foi realizada em cinco momentos, com um conjunto de quatro sujeitos interagindo com o sistema por vez, considerando o cenário proposto na Figura 6.12. Primeiramente, o objetivo do estudo, bem como características básicas do protótipo foram apresentadas. Após, os sujeitos inseriram seus dados pessoais no Assistente Pessoal e utilizaram o sistema. Ao término do uso, foram entregues os questionários para avaliação.

6.4.2.2 Análise da Avaliação

Algumas considerações podem ser destacadas a partir da análise de cada questão do instrumento de avaliação. Para isso, foram escolhidos gráficos representativos de questões e de conjuntos de questões importantes para a análise. O Apêndice C apresenta o questionário aplicado, bem como o gráfico com o resultado para cada questão do instrumento. Embora o instrumento de avaliação permita, os usuários não colocaram comentários com relação ao uso do sistema.

Os aspectos de consciência do contexto propostos no GlobalEdu, bem como a avaliação do protótipo, foram analisados, em conjunto, pelas questões 2 a 8 (Figura 6.24). Essas abordam informações sobre pessoas, eventos e recursos na localização, relacionamento (complementaridade/similaridade) com os outros usuários presentes na localização, apresentação do conteúdo relacionado a um evento ocorrendo na localização, além do uso do sistema para indicar a localização do usuário. O gráfico apresenta os resultados das questões, avaliadas pelos vinte sujeitos. Conforme pode ser observado, os resultados indicam a boa aceitação quanto aos elementos de contexto apresentados, visto que os mesmos consideraram o sistema bom e excelente quanto às

⁸ <http://www.inf.unisinos.br/~mobilab>

informações de contexto. Percebe-se, também, que um pequeno percentual da amostra considerou o sistema satisfatório, não incidindo de forma negativa na avaliação.

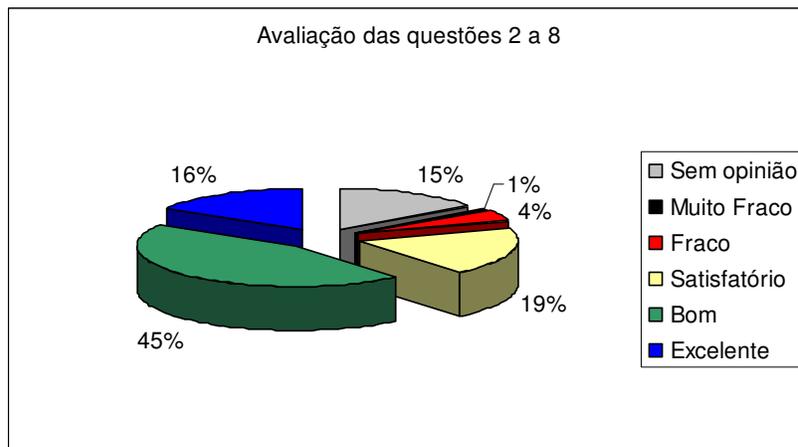


Figura 6.24: Análise das avaliações quanto às informações de contexto (LOCAL)

Com o objetivo de avaliar as hipóteses apresentadas nesta Tese, foram analisadas, em conjunto, as questões 9 a 11. Essas avaliaram o uso de sistema no dia-a-dia e como apoio ao aprendizado em sala de aula, além da interação com os elementos presentes nos diversos contextos aos quais o aprendiz se move. A Figura 6.25 apresenta o resultado das avaliações para essas questões. Os resultados indicam a boa aceitação dos sujeitos quanto aos aspectos avaliados. Mais de 60% da amostra consideraram o sistema bom ou excelente quanto aos aspectos avaliados. Os 32% da amostra que consideraram o sistema satisfatório também representam um ótimo resultado, visto que a avaliação foi realizada dentro de um cenário limitado e controlado. Percebe-se, com isso, uma boa indicação para o uso diário do sistema pelos usuários.

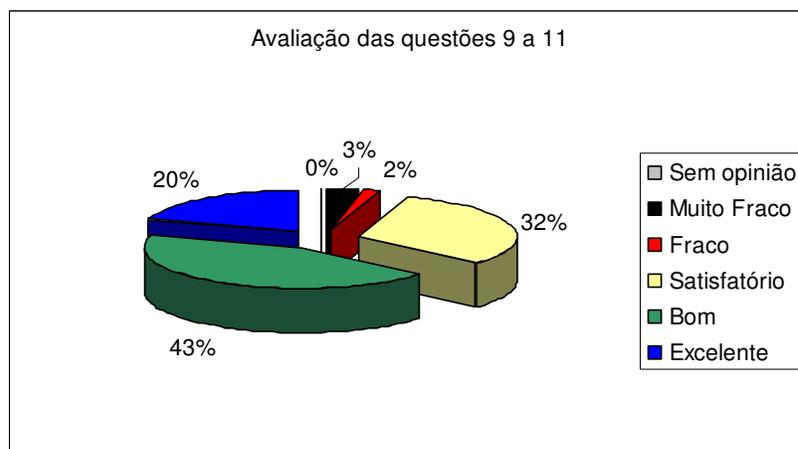


Figura 6.25: Análise das avaliações quanto aos objetivos do GlobalEdu (LOCAL)

Um aspecto avaliado especificamente no LOCAL consiste na adaptação da interface do sistema ao dispositivo de acesso (questão 1). Embora o sistema tenha sido utilizado somente com iPQs, o Assistente Pessoal possui interface adaptada para tablet PC e *desktop*, dado conhecido por grande parte dos alunos e professores sujeitos da amostra. Essa funcionalidade foi apresentada aos sujeitos e avaliada pelos mesmos. Conforme mostra a Figura 6.26, a adaptação ao dispositivo foi bem avaliada pelos sujeitos. Observa-se que esse dado poderia ser melhor avaliado caso houvesse a possibilidade

dos sujeitos utilizarem o sistema através de diversos dispositivos. Por questões de viabilidade para a aplicação da avaliação, essa funcionalidade não foi melhor explorada.

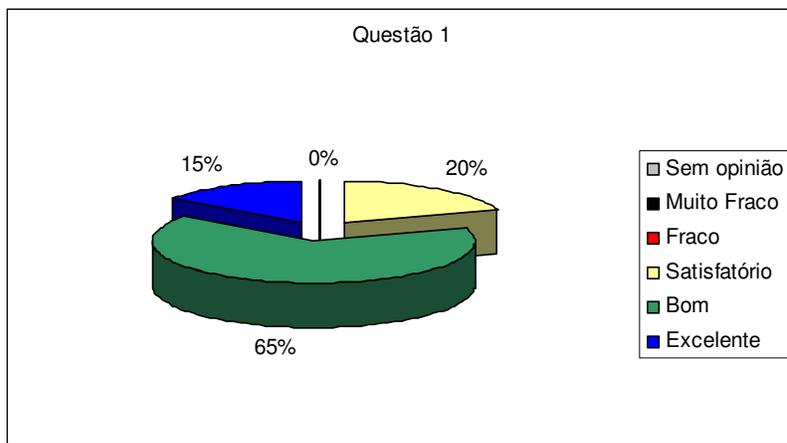


Figura 6.26: Avaliação da adaptação à interface

A questão 9 explorou a interação com os usuários presentes em uma localização. Conforme apresenta a Figura 6.27, 95 % dos sujeitos consideram esse aspecto entre satisfatório e excelente. Desse percentual, 60% analisou essa característica como boa no sistema. Considerando o número de sujeitos da amostra, bem como suas habilidades em computação e experiência com outros tipos de interação mediada por computador, considera-se um bom resultado. Esse aspecto reforça a premissa de que sistemas educacionais ubíquos podem melhorar a interatividade do aprendiz nos diversos contextos em que ele se move.

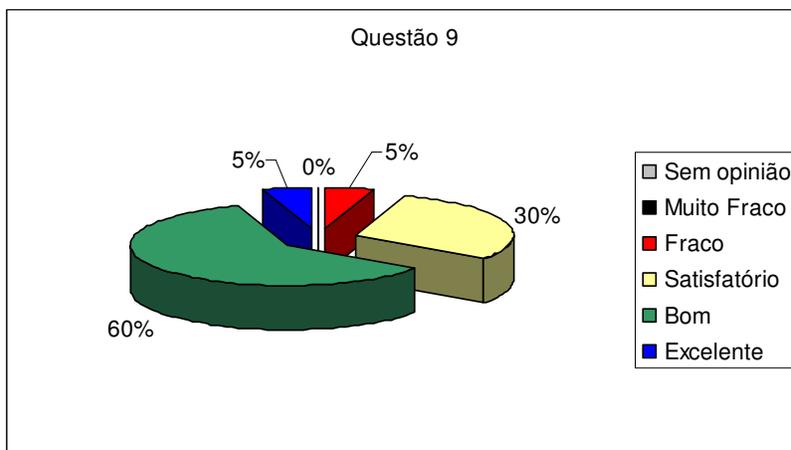


Figura 6.27: Avaliação quanto à interação com outros usuários em uma localização

6.5 Considerações sobre o capítulo

A implementação do GlobalEdu focou a gerência do contexto do aprendiz. Assim, o ME Gerencia Contexto foi modelado e desenvolvido, bem como os aspectos do AP necessários para dar suporte à consciência do contexto. Para demonstrar as potencialidades do GlobalEdu, utilizou-se da implementação de versões simplificadas de suas funcionalidades. Considerando as características do sistema, optou-se por

avaliar o mesmo utilizando os sistemas ISAM e LOCAL. Através da versão simplificada do ISAM (denominada GRADEp), o GlobalEdu foi avaliado em um sistema que suporta a execução de aplicações da Computação Ubíqua em um cenário distribuído. Através do sistema LOCAL, utilizou-se um ambiente de execução voltado para suporte à aplicações ubíquas em um determinado local (pequena escala).

Destaca-se o desenvolvimento do AP, onde o aprendiz pode, a qualquer momento, definir a sua visibilidade no ambiente. Independente do modo de visibilidade (salvo o modo Desconectado), o aprendiz obtém informações sobre o Contexto Social, bem como sobre objetos de aprendizagem. As informações pessoais do aprendiz também podem ser editadas por ele a qualquer instante. Sendo informado sobre outros aprendizes que estão no ambiente, o aprendiz tem a possibilidade de interagir diretamente com qualquer um deles por meio de um bate-papo.

O protótipo do sistema apresentou os elementos de contexto adaptados ao perfil dos sujeitos, criando um ambiente propício para a aprendizagem. Assim, os resultados da avaliação demonstraram uma boa aceitação dos sujeitos da pesquisa, bem como a intenção de uso do sistema para suporte à aprendizagem. Com isso, reforça-se a hipótese de que desenvolvimento de ambientes educacionais ubíquos deve ser apoiado por mecanismos computacionais pró-ativos que possibilitem a consciência do contexto e a mobilidade do aprendiz. Esse aspecto é importante, uma vez que esses ambientes propiciam o desenvolvimento da autonomia do aprendiz na construção de sua própria aprendizagem.

O próximo capítulo apresenta os trabalhos que serviram como principais referências para a proposta do GlobalEdu, bem como uma análise comparativa dos mesmos.

7 TRABALHOS RELACIONADOS

As pesquisas realizadas na literatura visaram o conhecimento de ambientes educacionais ubíquos e suas características. Os trabalhos que serão abordados nessa seção serviram de base para a proposta do GlobalEdu. Uma análise comparativa entre os projetos estudados e o GlobalEdu é apresentada. São analisadas questões relacionadas à arquitetura, aos serviços oferecidos, a consciência do contexto, dentre outros aspectos. O objetivo foi identificar elementos que auxiliassem na proposta do GlobalEdu. Aspectos de adaptabilidade, mobilidade e contexto por eles oferecidos são especialmente analisados.

7.1 Redes de aprendizagem

Os trabalhos apresentados nesta seção provêm um acesso distribuído e personalizado a conteúdos educacionais. As informações educacionais estão distribuídas na rede, sendo acessadas conforme o perfil do aprendiz. Desta forma, questões relacionadas a serviços necessários para o suporte das atividades educacionais na rede e compartilhamento de recursos foram analisados. Além disto, estes sistemas utilizam padrões internacionais para representar o aprendiz e os conteúdos educacionais. Embora os trabalhos não sejam definidos como ambientes educacionais ubíquos, visto não possuírem consciência do contexto do aprendiz, suas características são relevantes e compõem elementos importantes necessários também em um ambiente educacional ubíquo. Em função disso, seu estudo foi relevante para a proposta do GlobalEdu.

7.1.1 ELENA

ELENA (2004) é uma rede de serviços para consulta e acesso a objetos de aprendizagem e recomendação de recursos educacionais através da *Web*. Um assistente pessoal auxilia os alunos na pesquisa e seleção dos objetos de acordo com o perfil dos mesmos. A rede conecta repositórios de objetos de aprendizagem e oferece serviços para troca desses objetos. Os repositórios são chamados de nodos educacionais e sua interoperabilidade é garantida através de uma rede *peer-to-peer* denominada Edutella (NEJDL, 2002). A arquitetura possui um *broker* que realiza uma busca por metadados nos nodos educacionais e os armazena. Os provedores de dados devem compartilhar seus recursos de aprendizagem, acessando o *broker* e descrevendo os seus recursos através de metadados. Os recursos existentes devem estar armazenados em um sistema de entrega. Para um usuário utilizar um recurso oferecido pelos provedores, é necessário que ele receba direitos de acesso do *broker*.

Os serviços são divididos em duas camadas: administração, que contém serviços para administrar usuários e nodos educacionais, e aplicação, que fornece serviços para troca de objetos de aprendizagem (DOLOG, 2004). Os objetos de aprendizagem são descritos por metadados em RDF e seguem as especificações dos padrões LOM (2002)

e Dublin Core (DUBLIN, 2005). Alguns serviços são interessantes para este trabalho. O *Learning Resource Management* gerencia os recursos de aprendizagem dos provedores. O acesso aos objetos de aprendizagem é feito pelo serviço *Access*. O *Delivery* entrega o objeto de aprendizagem ao usuário registrado, via *broker*. Um elemento importante em ELENA é o PLA (*Personal Learning Assistant*). Este é um assistente pessoal de aprendizado, acessado via *browser*, que oferece aos usuários acesso personalizado aos serviços e recursos da rede. O PLA auxilia na pesquisa, seleção e recebimento dos objetos, usando técnicas de personalização como filtragem colaborativa, filtragem baseada em regras ou re-escrita de consulta (*query rewriting service*) para recomendar recursos (*recommendation service*), de acordo com o perfil do aluno (*learner profile*), descrito através dos padrões PAPI (2001) e LIP (2001). Através desse método, o sistema recomenda também outros recursos, tais cursos, materiais, atividades. O resultado é apresentado ao usuário através do serviço de *personalized link generation*. O *User Interaction* é um componente que permite acesso ao PLA através de vários dispositivos, previamente especificados.

7.1.2 SeLeNe

O projeto SeLeNe - *Self e-Learning Networks* - (2004) oferece serviços para descoberta, compartilhamento e criação colaborativa de objetos de aprendizagem, bem como acesso personalizado a esses recursos com base no modelo de aluno. O sistema é um *Learning Management Systems* e interliga repositórios de objetos de aprendizagem, distribuídos pela *Web*, através de uma rede P2P, também denominada SeLeNe.

A arquitetura possui provedores de serviços, que contém os repositórios de objetos educacionais e usuários. Uma vez que se constitui de uma rede de aprendizagem, permite aos usuários compartilhar serviços, recursos e dados. Para que um repositório de objetos de aprendizagem (também denominado *site*) faça parte da rede, deve ter seus objetos representados em no padrão LOM, representados em RDF. Além disso, deve conter um conjunto mínimo de serviços obrigatórios, tais como os serviços *Information*, para acesso aos metadados que descrevem os objetos e *Communication*, para comunicação entre os serviços SeLeNe. A consulta por objetos por ser realizada em qualquer *site* da rede por um usuário cadastrado. Caso o *site* conectado não possua o objeto procurado, a consulta é automaticamente enviada para outro *site* da rede, até que o objeto procurado seja encontrado ou ter-se percorrido todos os *sites* pertencentes à rede.

Alguns serviços em SeLeNe são relevantes para este trabalho. O serviço *Information* é usado para descobrir os metadados e serviços oferecidos em um *site*. O sistema utiliza o serviço *Trails-adaptation* para personalizar o acesso conforme as preferências do usuário. Esse serviço re-escreve a consulta do usuário e adiciona critérios de acordo com o seu perfil. O serviço *Presentation* realiza a formatação dos resultados das consultas para apresentação ao usuário, adaptando ao dispositivo. O serviço *User registration* controla o registro e acesso aos recursos e serviços oferecidos pela rede.

Ao se registrar na rede, o usuário fornece seus dados pessoais e preferências para a criação de seu perfil. Este é representado através dos padrões PAPI (2001) e LIP (2001), além de informações sobre estilos cognitivos e de aprendizagem. O sistema mantém um histórico das interações do usuário na rede (*trail*), contendo as consultas e objetos de aprendizagem acessados e navegados. Esses dados são usados para recuperar informações úteis, tais como: autores e publicações preferidas, estilos de aprendizagem do usuário e áreas de interesse com tópicos. Estas informações também auxiliam na descoberta de dados do usuário que não foram especificados por ele. Por exemplo, se

somente material em português é acessado, esta informação pode ser adicionada no seu *PAPI Personal bucket* mesmo que o usuário não tenha especificado. Alterações no perfil são identificadas e alteradas automaticamente através de regras *ECA (event-condition-action)*, que são automaticamente registradas para cada *user profile*.

Em SeLeNe existe a possibilidade do usuário indicar se quer ser avisado de determinados eventos dentro do ambiente (suporte a ativação de funcionalidades), tais como: (a) Novos objetos de aprendizagem – se um novo objeto de aprendizagem de interesse do usuário está disponível em algum repositório; (b) Atualização de objetos de aprendizagem – referente a um objeto educacional ao qual o usuário quer ser informado sobre atualização; (c) Novos usuários – registros de novos usuários que podem ser de interesse do usuário. Esses eventos são suportados através das regras ECA. Um serviço de apresentação fica monitorando as solicitações de notificação do usuário.

7.1.3 Análise dos ambientes

A Tabela 7.1 apresenta aspectos comparativos entre os projetos SeLeNe, ELENA e GlobalEdu.

Tabela 7.1: Comparativo entre os projetos

Funcionalidade	SeLeNe	ELENA	GlobalEdu
Modelo de conteúdo	Subconjunto LOM	Subconjunto LOM, DC	Subconjunto LOM
Modelo de aprendiz	Subconjunto PAPI e LIP	Subconjunto PAPI e LIP, estilos cognitivos e de aprendizagem	Subconjunto PAPI e LIP, estilos de aprendizagem, compromissos, histórico e informações pessoais
Suporte à adaptabilidade	Dispositivo e conteúdo conforme perfil do aprendiz	Dispositivo e conteúdo conforme perfil do aprendiz	Contexto físico, contexto social e conteúdo conforme perfil do aprendiz
Recomendação de recursos	Através do serviço <i>Trails-adaptation</i> , é responsável por adicionar os interesses do aprendiz a suas consultas, recomendando outros elementos do sistema.	O PLA, através do serviço <i>recommendation service</i> , fornece recursos ao aprendiz baseado no comportamento de outros usuários do sistema com perfil similar ao aprendiz	Os Módulos Educacionais são responsáveis por recomendar, através do AP, informações de contexto e objetos de aprendizagem conforme o perfil do aprendiz
Ativação de interesses	Aprendiz indica se quer ser informado sobre atualizações e novos objetos de aprendizagem e novos usuários no sistema	-	O perfil determina o que deve ser informado. O aprendiz também determina sua visibilidade no sistema, especificando restrições quanto a informações sobre contexto, objetos de aprendizagem e outros aprendizes na localização
Ambiente de execução	Rede P2P SeLeNe	Rede P2P Edutella	Middleware de suporte à execução de aplicações da Computação Ubíqua

Conforme observa-se na Tabela 7.2, SeLeNe e ELENA utilizam o padrão LOM para objetos de aprendizagem. Entretanto, SeLeNe apenas emprega um subconjunto do LOM, descrevendo apenas algumas características dos objetos. ELENA também suporta o padrão Dublin Core.

O GlobalEdu adota um sub-conjunto do padrão LOM para categorizar os objetos, representando-os conforme a especificação LOM. Através dos estudos realizados, acredita-se que as informações utilizadas no GlobalEdu para representar objetos de aprendizagem atendem ao cenário ubíquo.

ELENA e SeLeNe utilizam os padrões PAPI e LIP para modelar o aprendiz. Sendo que em SeLeNe a abordagem híbrida é mais evidente e considera, além dos padrões citados, o perfil cognitivo e de aprendizagem do aprendiz. Em ambas as propostas, o modelo do aprendiz é composto de informações explícitas fornecidas pelo usuário e informações implícitas coletadas transparentemente pelo sistema. SeLeNe é o único que manipula também modelos de grupos de aprendiz (com os mesmos objetivos pedagógicos).

O GlobalEdu segue a proposta híbrida de SeLeNe. Diferentemente desse, utiliza somente estilos de aprendizagem, além dos compromissos do aprendiz, elementos importantes para atender as necessidades do aprendiz no ambiente ubíquo.

SeLeNe, ELENA e GlobalEdu possuem adaptabilidade ao conteúdo, sendo os objetos de aprendizagem oriundos do resultado da consulta, adaptada ao perfil do aprendiz. Em ELENA, o PLA é responsável por esta funcionalidade. No GlobalEdu, este aspecto é de responsabilidade do ME Gerencia Conteúdo. A adaptabilidade ao dispositivo também é característica de SeLeNe e ELENA. Em SeLeNe, um serviço de apresentação realiza a formatação necessária dos resultados das consultas para apresentação ao usuário. Já em ELENA, o PLA possui um componente que permite o aprendiz acessá-lo através de vários dispositivos. No GlobalEdu, a adaptabilidade é garantida pelos MEs que, com auxílio da percepção de contexto físico, fornecem informações de contexto e conteúdo adaptado ao aprendiz.

Em ELENA, o PLA é responsável por recomendar recursos do sistema, sugerindo outros acessos ao usuário, além dos solicitados. SeLeNe, a partir de histórico do aprendiz, recomenda outros elementos que tenham relacionamento com a consulta realizada. No GlobalEdu, o AP, através dos MEs, recomenda ao aprendiz informações relacionadas a objetos de aprendizagem e de contexto, levando em consideração o seu perfil.

SeLeNe e ELENA consideram que o processo de ensino e aprendizagem se dá por adaptação a conteúdo e serviços distribuídos em diversos repositórios, com foco em ensino genérico. Estes também direcionam e adaptam a procura por recursos. Uma vez encontrado o recurso, o aprendiz acessa este diretamente. Os sistemas não oferecem serviço de consciência do contexto, nem levam em consideração a mobilidade do aprendiz. Não consideram, portanto, elementos importantes para a educação em um cenário ubíquo.

Da mesma forma que SeLeNe e ELENA, o GlobalEdu considera um ambiente computacional com suporte à distribuição. Diferente destes, o GlobalEdu percebe o contexto do aprendiz e possui um Agente Pedagógico que o acompanha sem a necessidade do aprendiz explicitamente acessar um *site*.

7.2 Ambientes Educacionais Ubíquos

Os ambientes de aprendizagem ubíquos apresentados nessa seção exploram elementos como consciência do contexto e da mobilidade do aprendiz. Esses ambientes serviram como base para o GlobalEdu por incorporar os elementos da Computação Ubíqua no suporte à aprendizagem.

7.2.1 CLUE

CLUE (*Collaborative Learning suport system with an Ubiquitous Environment*) (OGATA, 2004) é um sistema de compartilhamento de conhecimento e de colaboração em um contexto ubíquo controlado, voltado para o auxílio na aprendizagem da língua japonesa. O sistema provê facilidades para compartilhar o conhecimento individual e aprender através da colaboração. Objetos pertencentes aos locais onde os alunos se encontram (contexto), são relacionados às palavras que os descrevem. Através de dispositivos móveis, o aluno pode acessar a descrição do objeto, outros alunos ou inferir questões ao sistema. O sistema adota o conceito de “consciência do conhecimento”, onde mensagens informam um aluno sobre outros alunos, com informações de tempo real ou ações históricas daquele aprendiz. Por exemplo, o sistema pode informar que “alguém está manipulando o mesmo que você está olhando” ou “alguém pode discutir o conhecimento que você está descrevendo”. Essas mensagens permitem ao aluno perceber quem tem um mesmo problema ou conhecimento, quem tem uma visão diferente das questões abordadas ou quem são os outros alunos que podem resolver o problema.

Para isso, o sistema permite que os alunos compartilhem seus conhecimentos adquiridos diariamente e disponibilizem esse conhecimento para um grupo. Com isso, pode aproximar alunos com mesmas características ou que possam se auxiliar mutuamente. Um *Knowledge Awareness Map* (KAM) permite a visualização dos elementos presentes no contexto, auxiliando os alunos a reconhecer e procurar recursos e colaboradores em um espaço compartilhado de conhecimento. Os mapas possuem como principais características a visualização dos objetos, visualização de *links* entre expressões, aprendizes e recomendação de colaboradores no mapa para auxiliar na solução de problemas.

Conforme mostra a Figura 7.1, o protótipo do sistema CLUE consiste em uma arquitetura cliente-servidor. O servidor é composto pelos seguintes módulos:

- Modelo do aluno: este módulo gerencia o perfil do aluno, que contém o nome, a idade, a ocupação, as expressões de interesse e seu nível de compreensão sobre elas. Estes são fornecidos pelo aluno ao acessar o sistema a primeira vez. A partir disso, as expressões de interesse e seu nível de compreensão são inferidos automaticamente pelo sistema a partir do histórico do aluno;
- Modelo ambiental: este módulo tem os dados dos objetos, salas, construções no mapa, sua localização e o link entre os objetos e as expressões;
- Modelo educacional: este módulo gerencia expressões, materiais de aprendizagem e dicionários. Professores inserem as expressões básicas sobre cada elemento do modelo ambiental. Os alunos podem inserir figuras ou filmes sobre objetos no ambiente. Ambos, professores e alunos, podem alterar as expressões inseridas no sistema;

- Suporte à comunicação: este serviço gerencia um BBS (*bulletin board system*) e uma ferramenta de *chat* de mensagens instantânea, armazenando os *logs* em uma base de dados;
- Gerência de localização: armazena a localização de cada aluno em uma base de dados;
- Adaptação: realiza recomendações sobre expressões através do mapa. O sistema considera o contexto em que o aluno se encontra, para sugerir como o aluno deve se referir a uma outra pessoa no mesmo ambiente. Para isto são usadas regras de tratamento da língua japonesa (pronomes de tratamento) denominadas JAPER (*Japanese Polite Expressions Rule*). Estas diferenciam a forma de tratamento entre as pessoas conforme seu nível social, *status* dentro de uma organização, idade ou formalidade da situação.

Já o cliente CLUE possui os seguintes módulos:

- Cliente de comunicação: cliente do *Chat* e BBS;
- Sensor de localização: envia a localização do aprendiz através de um GPS ao servidor automaticamente;
- Visualização da informação: mostra o KAM para o aprendiz.

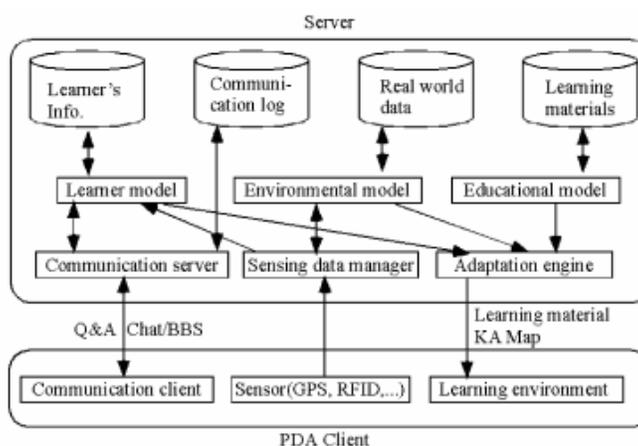


Figura 7.1: Arquitetura do CLUE

FONTE: (OGATA, 2004)

Para validação da proposta do CLUE, em Yin (2005) é apresentada uma aplicação de auxílio à aprendizagem da língua japonesa denominada JAPELAS (*Japanese Polite Expressions Learning Assisting System*). Essa consiste de uma aplicação consciente do contexto com o objetivo de auxiliar o ensino de expressões de tratamento da língua japonesa para estudantes estrangeiros nas universidades do Japão. Estes, portando PDAs, são auxiliados pelo sistema a identificar a expressão de tratamento mais adequada, conforme o contexto. Ao encontrar-se com outra pessoa que também esteja portando seu PDA com o JAPELAS, o sistema compara os dados pessoais dos usuários e assim, sugere expressões a serem utilizadas. O protótipo do sistema foi desenvolvido em um PDA (Toshiba Genio-e) com *pocket PC 2002*, com *infrared data communication port*, RFID, GPS e LAN *wireless* (IEEE 802.11b).

7.2.2 CULE

No projeto *Context-Aware Ubiquitous Learning Environment for Peer-to-Peer Collaborative Learning* (CULE), Yang (2006) apresenta a proposta de um ambiente de aprendizagem ubíqua consciente do contexto. Esse consiste de um ambiente *peer-to-peer* para aprendizagem colaborativa que provê serviços para acesso a conteúdo de forma adaptativa ao dispositivo, um sistema de anotações personalizadas a esse conteúdo e a formação de grupos virtuais, considerando o perfil, o contexto físico e virtual dos integrantes de um grupo.

O ambiente é acessado a partir de um *site* e é composto de três sistemas:

- Acesso ao conteúdo de aprendizagem e adaptação. Para prover acesso ao conteúdo de aprendizagem, uma rede ponto-a-ponto faz com que cada nodo atue como cliente e servidor. Assim cada nodo pode acessar e ser acessado. Os nodos podem trocar informações de duas maneiras: através de mensagens ou através da disponibilização do próprio material;
- Sistema de gerenciamento de anotações personalizadas. O sistema permite que os aprendizes realizem anotações sobre o conteúdo, refletindo seu pensamento e sua concepção sobre determinado assunto. Assim, o sistema permite que o conteúdo manipulado pelo aprendiz possa ser anotado, como um estilo “lembrete”;
- Sistema de comunicação multimídia em tempo real. A partir desse sistema é possível formar grupos a partir de objetivos específicos de aprendizagem ou a partir de demandas identificadas pelo sistema. No primeiro caso, o sistema sugere outros usuários conectados que estejam manipulando conteúdos do mesmo assunto. No segundo, os grupos são sugeridos a partir de necessidades identificadas pelo sistema, como a necessidade de ajuda a um tópico ou a resposta de uma questão. O mecanismo para a formação de grupos baseia-se no nível de conhecimento e a capacidade dos interessados. O serviço disponibiliza as informações conforme as preferências e o perfil de cada aprendiz.

No sistema, a consciência do contexto é permitida através da percepção da interação entre os aprendizes e os serviços disponíveis no sistema. Desta forma, o sistema propõe uma descrição de contexto para os aprendizes e os serviços através de duas ontologias: ontologia dos aprendizes e ontologia dos serviços. A primeira contém os perfis do aprendiz assim como suas preferências pessoais, calendário e localização. A segunda contém o perfil do serviço como uma entrada, saída, condição e o efeito da execução do serviço. O perfil do serviço possui dois tipos de restrições: funcionais (banda de rede e tempo de resposta) e não funcionais (confiabilidade do usuário, avaliação e custos). A partir da interação do aprendiz no ambiente, é possível descobrir os serviços orientados ao seu contexto.

O contexto pode ser adquirido através das entradas fornecidas pelo aprendiz; por sensores como GPS e rede para identificar a localização do aprendiz e através da obtenção dos dados do contexto do aprendiz e dos serviços. O contexto é então dividido em contexto atual e contexto passado. Quando um novo contexto é detectado, o contexto atual passa a ser contexto passado e seu valor é armazenado como ontologia do aprendiz. Com isso, a ontologia do aprendiz armazena um conjunto de contextos passados, que pode ser usado para derivar preferências e padrões de conhecimento.

A consciência do contexto do aprendiz é realizada a partir das informações adquiridas e as contidas nas ontologias do aprendiz e dos serviços. Através do perfil do aprendiz, o sistema pode determinar sua localização, o que ele está fazendo no momento, bem como outros aprendizes que estejam se relacionando com ele nesse instante. A partir disso, é possível determinar qual o melhor serviço para atender suas necessidades.

O trabalho ainda apresenta um cenário de aplicação da arquitetura, estando ainda em fase de implementação de suas funcionalidades.

7.2.3 LIP

O sistema LIP – *Learning in Process* é apresentado por Schmidt (2005), cujo objetivo é prover consciência de contexto em um cenário de educação corporativa. O sistema provê uma arquitetura baseada em serviços (Figura 7.2) para perceber o ambiente do aprendiz, suas relações e necessidades (em especial as de trabalho). O uso de ontologias para representar o aprendiz, seu ambiente, o conteúdo e os serviços disponíveis permite o desenvolvimento e o envio de recursos (conteúdos e serviços) de acordo com o perfil.

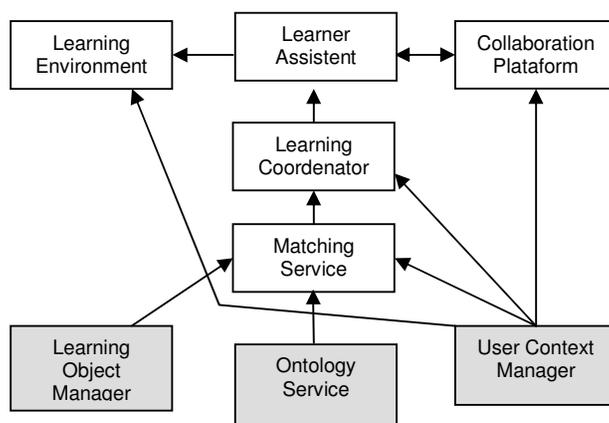


Figura 7.2: Arquitetura LIP

Os principais componentes da arquitetura são:

- Gerenciador de Objetos de Aprendizagem (*Learning Object Manager*). Responsável por gerenciar os conteúdos de aprendizagem e seus metadados, permitindo recuperar um conteúdo a partir de seu metadado, utilizando padrão SCORM;
- Serviço de Ontologia (*Ontology Service*). Permite o armazenamento persistente da ontologia, estrutura organizacional, inserção de dados e consulta às ontologias;
- Gerenciamento do Contexto do Usuário (*User Context Manager*). Gerencia o contexto do usuário, armazenando os diferentes contextos (localizações) em que ele se encontra, inferindo esses elementos em seu perfil e atendendo aos diferentes serviços conforme o contexto vigente;
- Serviço de Relacionamento (*Matching Service*). Relaciona os objetos de aprendizagem disponíveis, o contexto corrente do usuário e os requisitos necessários para explorar conhecimento no contexto (provisto pelo Serviço de

Ontologia) com o objetivo de gerar programas de aprendizagem personalizados;

- Ambiente de Aprendizagem (*Learning Environment*). Baseado na *Web*, permite que o aprendiz procure, organize e execute programas de aprendizagem;
- Plataforma de Colaboração (*Collaboration Plataform*). Provê um espaço de colaboração permitindo encontrar colaboradores para dúvidas. Permite a formação de grupo e, a partir de um espaço de colaboração, é possível inserir questões que podem ser analisadas e respondidas por outros usuários.

O modelo de contexto usado em LIP tem como objetivo auxiliar na aprendizagem corporativa, mapeando as aplicações, tarefas e conteúdos em estudo pelo usuário. Com isso, e baseado no perfil organizacional do usuário (como seu cargo, competências requeridas), o sistema tem como sugerir programas de aprendizagem mais eficientes, considerando seu contexto. Nesse caso, o contexto refere-se a um contexto organizacional. Além disso, a adaptação ao contexto se dá em função do dispositivo de acesso e do perfil do usuário, que integra o modelo de contexto.

Segundo Schmidt (2005), um protótipo do sistema está em desenvolvimento, implementando principalmente as questões relacionadas ao gerenciamento do contexto do usuário. O foco da arquitetura é prover conteúdos e informações contextualizadas para usuários corporativos, em função do seu papel e das suas necessidades profissionais. O trabalho está ainda em fase inicial.

7.2.4 Análise dos ambientes

A Tabela 7.2 compara os projetos estudados na seção 7.2 com o GlobalEdu. Os trabalhos são analisados a partir dos elementos definidos nesta Tese como importantes em ambientes educacionais voltados para Educação Ubíqua (ver Capítulo 2, seção 2.3).

Tabela 7.2: Comparativo entre os projetos

Funcionalidades	CLUE	CULE	LIP	GlobalEdu
Modelo de contexto	Constrói um <i>Knowledge Awareness Map</i> com dados sobre objetos, salas, construções no mapa, sua localização e o link entre os objetos e os conteúdos	Baseado em ontologia, possui representação de elementos físicos, do aprendiz e do ambiente	Baseado em ontologia própria definida pelo projeto contendo informações do perfil do aprendiz e seu histórico, além de dispositivos de acesso e localizações	Baseado em ontologia, contendo informações sobre elementos das localizações. Modela contexto físico
Suporte à adaptabilidade	Adapta conteúdo ao dispositivo e a informação a ser fornecida é baseada no contexto	Baseado no contexto, nos serviços disponíveis e no perfil do aprendiz, adapta conteúdo e informações	Auxilia em programas de aprendizagem personalizados baseado nos diferentes contextos do aprendiz e seu perfil	Baseado no contexto e no perfil do aprendiz, adapta informações de contexto, além de relacionamento entre aprendizes e objetos de aprendizagem

Consciência da mobilidade do aprendiz	Percebe as diversas localizações do aprendiz sem no entanto usar a informação para alteração de perfil.	Percebe as diversas localizações do aprendiz e utilizada para adaptar serviços	Percebe as diversas localizações do aprendiz e utiliza para adaptar serviços	Identificada através da gerência de contexto e inserida no perfil (<i>trail</i>) para adaptação. Considerada para adaptar contexto
Consciência do contexto do aprendiz	Através de serviços de localização gera um mapa da região com recursos e usuários	Através de serviços de localização e do perfil do aprendiz	Através de serviços de localização e do perfil do aprendiz	Percebe elementos que caracterizam o contexto, bem como outros aprendizes no contexto, relacionando esses elementos com o aprendiz
Suporte à colaboração	Permite a colaboração via interface de Chat e BBs entre aprendizes de uma localização	Permite formar grupos através do sistema de comunicação multimídia em tempo real, de forma implícita ou explícita.	A partir de um espaço de colaboração, permite formação de grupos e interações	Permite interação entre aprendizes presentes em uma determinada localização a partir de interface de Chat, adaptando conforme o perfil do aprendiz
Permanência do processo educacional	-	-	-	Através do modelo de conhecimento (crenças) do AP e dos MEs, o sistema garante a continuidade das ações do aprendiz, independente de contexto, possuindo uma semântica para desconexão
Modelo de execução	Cliente/servidor	P2P	Cliente/servidor	<i>Middleware</i> com suporte aos elementos da Computação Ubíqua

Conforme a Tabela 7.2, observa-se que embora os projetos considerem a mobilidade do aprendiz, a mesma é mapeada para gerar um perfil dos serviços que atenderão o aprendiz no contexto. No GlobalEdu, a mobilidade do aprendiz é mapeada tanto em termos de localização como de interação deste com o contexto. Essa informação é armazenada no seu histórico e seu perfil é adaptado em função disso. A mobilidade do aprendiz no GlobalEdu é utilizada para inferir alterações no seu perfil, bem como adaptar recursos e informações disponíveis.

Um aspecto em comum em CLUE, LIP e GlobalEdu consiste no acesso adaptado aos recursos educacionais, como objetos de aprendizagem, informações gerais e serviços. No GlobalEdu, o acesso aos objetos de aprendizagem através de diferentes dispositivos e locais, é mais evidente. Nos projetos CULE e LIP, esse aspecto não é explorado nas referências dos trabalhos. Já em CLUE, as informações educacionais são voltadas para dispositivos móveis.

A consciência do contexto é tratada diferentemente entre os projetos. Em CLUE, a partir de um modelo ambiental, é construído um mapa com dados sobre objetos, salas, localização do aprendiz e o relacionamento entre os elementos do mapa e as expressões

que os caracterizam. Baseado em ontologia, CULE possui representação de elementos físicos, do aprendiz e do ambiente. O modelo de contexto em LIP é baseado em ontologia própria, contendo informações do perfil do aprendiz e seu histórico, além de dispositivos de acesso e localizações. No GlobalEdu, é proposta uma ontologia para representar contexto, contendo informações sobre elementos que caracterizam as diferentes localizações, considerando pessoas, eventos e recursos presentes nas mesmas. Para o sistema, a mobilidade do aprendiz traz a possibilidade de aprendizado em diferentes cenários e situações, onde diferentes recursos e oportunidades podem estar disponíveis. A partir dos MEs e do AP, o sistema auxilia o aprendiz a perceber o contexto. Com isto o processo educacional ocorre de forma contextualizada, permitindo o relacionamento de informações referentes aos locais que o aprendiz se encontra com seus objetivos educacionais.

Além disso, observa-se que em CULE e LIP o perfil do aprendiz é inserido no modelo de contexto. Percebe-se, portanto, que não há um modelo definido para representar contexto em ambientes de suporte à aprendizagem ubíqua. Além disso, nota-se uma agregação do perfil do aprendiz no modelo do contexto. O GlobalEdu entende que é necessário separar a representação do perfil do aprendiz do modelo de contexto. O aprendiz, em função do contexto em que se encontra, é automaticamente inserido no modelo de contexto, considerando uma representação dinâmica desse contexto. Nota-se, outrossim, que os trabalhos também modelam o contexto na sua dimensão social e dimensão física como um modelo único. Dessa forma, o GlobalEdu apresenta um modelo de contexto Social, em que os elementos da localização onde se encontra o aprendiz são mapeados, bem como a presença do próprio aprendiz. Além disso, apresenta um modelo de contexto físico, entendendo esse contexto como os elementos do contexto físico necessário para a adaptação dos recursos educacionais.

Um dos aspectos presentes no GlobalEdu e não encontrado nos projetos consiste na permanência do processo educacional. No GlobalEdu, o conteúdo (objeto de aprendizagem) não é restrito à localização do aprendiz, sendo acessado independentemente do seu contexto. Os objetos em manipulação pelo aprendiz o acompanham em seu percurso, de forma adaptada, mantendo a continuidade do processo. Esses aspectos são garantidos pelo AP, que acompanha o aprendiz e mantém as crenças com relação ao perfil do aprendiz e seu modelo de conteúdo. Desta forma, esse aspecto, aliado as informações de contexto, auxilia para que a informação e o conteúdo sejam fornecidos ao aprendiz conforme suas necessidades, considerando o seu contexto. Uma vez que considera um ambiente computacional com suporte à execução de elementos da Computação Ubíqua, o acesso aos recursos a qualquer tempo e a qualquer lugar é previsto no sistema. Assim, fornece a informação correta, no tempo e forma apropriados, característicos da educação em um cenário ubíquo.

A partir dos aspectos analisados, foi possível perceber que faltam modelos de ambientes educacionais ubíquos de propósito geral, que considerem no processo de aprendizagem *como* o aprendiz aprende, além da sua interação com outros aprendizes no ambiente e não somente o seu perfil quanto ao contexto. O GlobalEdu consiste em uma arquitetura mais abrangente, abordando um modelo e uma gerência de perfil, conteúdo e contexto. Além disso, cada aprendiz no sistema possui um Agente Pedagógico que o acompanha, estando presente nos dispositivos de acesso utilizados, tendo suas funcionalidades apoiadas pelos Módulos Educacionais (ME). Estes servem como interface entre o ambiente pervasivo e o AP, manipulando questões relacionadas ao modelo de aprendiz, conteúdo e contexto.

8 CONCLUSÕES E CONTRIBUIÇÕES

Este trabalho propôs uma arquitetura para apoio a processos educacionais genéricos no contexto da Educação Ubíqua, considerando um ambiente computacional ubíquo para suporte à execução. Este capítulo apresenta as publicações do GlobaEdu, faz uma análise dos resultados do trabalho, ressalta suas contribuições, limitações e destaca os trabalhos futuros.

8.1 Publicações

O modelo de GlobalEdu, sua integração com os ambientes ISAM e LOCAL, bem como o modelo de contexto proposto nesta Tese foram temas de artigos aprovados em eventos nacionais e internacionais. Merece destaque a qualidade dos eventos, possuindo maioria deles classificação no *qualis* da Ciência da Computação, bem como a área de inserção dos mesmos.

2007 (Aprovado para publicação)

SIGCSE/ACM. BARBOSA, J. L. V ; HAHN, R.; BARBOSA, D. N. F. ; GEYER, C. F. R. . Mobile and Ubiquitous Computing in an Innovative Undergraduate Course. In: 38th ACM TECHNICAL SYMPOSIUM ON COMPUTER SCIENCE EDUCATION (SIGCSE), 2007. Covington. **Proceedings...** ACM Press. March, 2007.

PERCOM/PerEI/IEEE. NINO, C. P.; SILVA, J. M.; BARBOSA, D. N. F; BARBOSA, J. L. V.; AUGUSTIN, I.; GEYER, C. F. R. . Context-Aware Model in a Ubiquitous Learning Environment. In: 3rd IEEE INTERNATIONAL WORKSHOP ON PERVASIVE COMPUTING (PerEL). New York, 2007. **Proceedings...** Fifth Annual IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON PERVASIVE COMPUTING AND COMMUNICATIONS WORKSHOPS (PERCOM). March, 2007.

2006

PERCOM/PerEI/IEEE. BARBOSA, D. N. F.; BARBOSA, J. L. V.; AUGUSTIN, I.; YAMIM, A. C.; SILVA, L. C.; GEYER, C. F. R. Learning in a Large-Scale Pervasive Environment. In: 2nd IEEE INTERNATIONAL WORKSHOP ON PERVASIVE COMPUTING (PerEL), Pisa, 2006. **Proceedings...** Fourth Annual IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON PERVASIVE COMPUTING AND COMMUNICATIONS (PERCOM). Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society, 2006a. p. 226-230.

CLEI. BARBOSA, D. N. F.; BARBOSA, J. L. V.; AUGUSTIN, I. ; GEYER, C. F. R. A Proposal to Support Pervasive Learning. In: XXXII CONFERENCIA LATINOAMERICANA DE INFORMÁTICA, CLEI 2006. **Anais...** Santiago de Chile: Universidad de Santiago de Chile, 2006b. v. 1, p. 1-10.

SIIE. BARBOSA, D. N. F.; BARBOSA, J. L. V; GEYER, C. F. R. Suportando a Educação Pervasiva - consciência do contexto do aprendiz. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INFORMÁTICA EDUCATIVA, 2006. **Proceedings...** Leon: Universidade de León, 2006c. v. 2, p.165-172

SBIE. BARBOSA, J. L.V ; HAHN, R. ; RABELLO, S. ; BARBOSA, D. N. F . Local: Um Modelo para Suporte à Aprendizagem Consciente de Contexto. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 17., 2006, Brasília. **Anais...** Porto Alegre: SBC, 2006. p. 437-446.

RENTE. SILVA, F. A. B; BARBOSA, D. N. F; BARBOSA, J. L. V.; GEYER, C. F. R.. Consciência do contexto do aprendiz em um ambiente de educação pervasiva. Revista Novas Tecnologias na Educação Renote, v. 4, n. 1, 2006. Disponível em: < www.cinted.ufrgs.br/renote >. Acesso em: Out. 2006.

2005

EDUTECH/IFIP. BARBOSA, D. N. F.; GEYER, C. F. R.; BARBOSA, J. L. V. GlobalEdu: an architecture to support learning in a Pervasive Computing Environment. In: IFIP Working Conference: EduTech 2005, Perth. New Trends and Technologies in Computer-Aided Learning for Computer-Aided Design. **Proceedings...** New York: Springer, 2005a. p. 1-10.

SBIE. BARBOSA, D. N. F.; GEYER, C.F. R.; BARBOSA, J. L. V. Uma proposta de agente pedagógico pessoal pervasivo - consciência da mobilidade e do contexto do aprendiz. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 16., 2005, Juiz de Fora. **Anais...** Porto Alegre: SBC, 2005b. v. 1, p. 63-73.

8.2 Conclusões

A pesquisa em Educação Ubíqua é recente, intensificando-se a partir de 2003, como resultado dos trabalhos em *mobile learning*. Propostas atuais para Educação Ubíqua são voltadas para cenários específicos, tais como o trabalho de Ogata (2004). Outros trabalhos ((SCHIMDT, 2005), (YANG, 2006)) tem como foco a consciência do contexto do aprendiz, sem preocupar-se com a permanência do processo educacional e com aspectos pedagógicos que auxilie em uma aprendizagem significativa (ver Capítulo 2). A partir dos aspectos analisados, foi possível perceber que faltam modelos de ambientes educacionais ubíquos de propósito geral, que considerem no processo de aprendizagem do aprendiz, além da sua interação com outros aprendizes no ambiente e não somente o seu perfil quanto ao contexto.

Conforme apresentado no Capítulo 7, os elementos considerados importantes nesta Tese para ambientes educacionais ubíquos são parcialmente considerados nos projetos

apresentados em Ogata (2004), Schmidt (2005) e Yang (2006). O GlobalEdu consiste em uma arquitetura mais abrangente, abordando um modelo e uma gerência de perfil, conteúdo e contexto. Além disso, cada aprendiz no sistema possui um Agente Pedagógico que o acompanha, estando presente nos dispositivos de acesso utilizados, tendo suas funcionalidades apoiadas pelos Módulos Educacionais (ME). Estes servem como interface entre o ambiente pervasivo e o AP, manipulando questões relacionadas ao modelo de aprendiz, conteúdo e contexto.

O trabalho se orientou na identificação dos elementos necessários para uma educação independente de tempo e lugar, consciente do contexto que envolve o aprendiz, considerando um processo contínuo. Assim, os questionamentos relativos ao problema de pesquisa desta Tese (Capítulo 1), são revistos a seguir:

- Como possibilitar que o processo educacional seja contínuo e persistente e que o acesso aos recursos educacionais e a obtenção de informações seja feita de forma adaptada e imediata? O GlobalEdu insere um agente (AP) junto ao aprendiz e provê um conjunto de módulos educacionais e de suporte, considerando um ambiente ubíquo. O AP atua como um agente pedagógico de interface, sendo a interface entre os módulos e o ambiente ubíquo, considerando um processo educacional permanente;
- Como definir o contexto que envolve o aprendiz, identificando recursos e atores envolvidos, relacionando estes aspectos com seus objetivos de aprendizagem? O GlobalEdu propôs um modelo de contexto físico, identificado pela arquitetura ubíqua, e social, que representa as informações que caracterizam uma determinada localização. Com estas informações, somadas ao modelo do aprendiz, o sistema relaciona o contexto social de interesse, outros aprendizes em um contexto e os objetos de aprendizagem. Desta forma, o sistema auxilia para uma educação contextualizada;
- Que recursos educacionais, modelos de aprendiz e de contexto devem ser utilizados e como devem ser representados, para auxiliar este novo modelo educacional? A partir da utilização de padrões de metadados já consolidados para representar objetos de aprendizagem e perfil de aprendiz. Essa representação é importante na interoperabilidade com outros ambientes educacionais. Da mesma forma, uma ontologia para representação de contexto é proposta, bem como a representação em contexto físico e social.

A concepção do GlobalEdu foi inspirada nos estudos apresentados nos Capítulos 2 e 7. Os pressupostos pedagógicos que dão embasamento ao modelo seguem uma abordagem construtivista, considerando o aprendiz sujeito ativo no seu processo educacional. Assim, o GlobalEdu não está orientado para a existência de um curso ou de um processo formal que envolve “aluno e professor”. Em vez disso, o sistema considera que a aprendizagem se dá a partir de um processo de interação do aprendiz com as informações disponíveis no ambiente e com outros aprendizes, de acordo com o contexto que envolve o aprendiz e no qual esse tem a oportunidade de decidir sobre suas necessidades, de forma autônoma. Desta forma, o GlobalEdu permite que o aprendiz acesse conteúdos educacionais, de qualquer lugar e em qualquer tempo, de forma adaptada ao seu perfil e ao seu contexto.

A partir das avaliações do sistema apresentadas no Capítulo 6, o GlobalEdu atende a hipótese de que *ambientes educacionais ubíquos devem ser apoiado por mecanismos computacionais pró-ativos que possibilitem a consciência do contexto e a mobilidade*

do aprendiz e o uso de diversos dispositivos de acesso. Conclui-se que essa hipótese é comprovada, a partir da análise das características consideradas para ambientes educacionais ubíquos e exploradas no Capítulo 7, seção 7.2.4.

Perceber os elementos que envolvem o aprendiz em um mundo virtual perceptível é tarefa consagrada nas pesquisas em ambientes virtuais, em especial os relacionados a EaD. Considerando uma Educação Ubíqua, essa percepção transcende o virtual e alcança o mundo real do aprendiz. Dessa forma, um dos principais problemas de pesquisa em aberto tem como ponto central à percepção do contexto que envolve o aprendiz. Em função disso, a consciência do contexto foi aprofundada no GlobalEdu. Uma ontologia para modelagem e representação do contexto, bem como o Módulo Educacional Gerencia Contexto foram explorados em profundidade.

8.3 Contribuições e Limitações

Uma das principais contribuições do GlobalEdu consiste em desbravar uma área extremamente nova, onde os trabalhos significativos começaram a ser publicados a partir de 2005, coincidindo com a primeira publicação do GlobalEdu (BARBOSA, D. 2005a). Em função disso, o modelo foi constantemente aperfeiçoado, em função dos trabalhos desenvolvidos na área, em especial em 2006. Assim, as principais contribuições do trabalho podem ser destacadas a seguir:

- **Desenvolvimento de pesquisas na área de Educação Ubíqua.** Conforme os estudos realizados, o GlobalEdu se destaca como uma das primeiras pesquisas na área de Educação Ubíqua no Brasil. Somente o projeto português Caravela Digital⁹, em parceria com a UFPE, referencia o tema Educação Ubíqua, mas no sentido de redes de aprendizagem. Portanto, o projeto em questão não explora as questões de contexto e mobilidade do aprendiz. Esse aspecto coloca as Universidades parceiras do GlobalEdu, e a região sul do Brasil, na vanguarda de pesquisas nesta área. Um aspecto positivo disso é a motivação de trabalhos que pesquisa envolvendo o tema nas universidades parceiras, tanto em nível de trabalhos de conclusão de curso como de mestrado, tais como (SILVA, 2005), (STEIMETZ, 2005) (LEVIS, 2006), (NINO, 2006), (MARTINS, 2006) e (SILVA, 2006). Esses trabalhos estão inseridos no contexto do GlobalEdu e tiveram a participação desta autora. Consistindo, portanto, em contribuições significativas;
- **Definição de critérios e estratégias tecnológicas e pedagógicas para ambientes direcionados a Educação Ubíqua.** Por ser uma área nova, juntamente com o fechamento desta Tese pesquisas começaram a esboçar alguns critérios e estratégias para Educação Ubíqua (HWANG, 2006). Em 2005 ((BARBOSA, D. 2005a), (BARBOSA, D. 2005b)) o GlobalEdu já apresentava critérios e características para uma Educação Ubíqua direcionada a uma aprendizagem autônoma, significativa e colaborativa. Assim, aspectos como perceber os elementos em torno do aprendiz, prover recursos personalizados ao perfil e contexto físico do aprendiz no momento e forma corretos, auxiliar em aspectos de interatividade e auxiliar a aprendizagem a qualquer tempo e lugar, de forma contínua, foram propostos no GlobalEdu.

⁹ <http://www.caraveladigital.org>

Esses aspectos permitem perceber que as questões relativas a Educação Ubíqua, levantadas por essa Tese, estavam bem direcionadas;

- **Definição de uma arquitetura de suporte à Educação Ubíqua considerando um ambiente computacional ubíquo pré-existente e fundamentada pedagogicamente.** De forma inovadora, o GlobalEdu considera que um ambiente educacional ubíquo deve ser dedicado às questões educacionais, deixando que o ambiente computacional garanta os elementos necessários para a execução das aplicações educacionais sob uma perspectiva ubíqua. Para comprovar essa hipótese, o GlobalEdu foi avaliado em dois ambientes de execução, consistindo em uma contribuição significativa. Além disso, a arquitetura proposta reflete as questões abordadas no Capítulo 2, em especial as relacionadas com os aspectos pedagógicos (seção 2.2), as concepções e os elementos que caracterizam a Educação Ubíqua (seção 2.3). As Tabelas 3.5 e 3.6, apresentadas no Capítulo 3, destacam que decisões de projeto do GlobalEdu atendem aos aspectos pedagógicos e concepções que caracterizam a Educação Ubíqua;
- **Modelagem e desenvolvimento de um agente pedagógico ubíquo.** A dinamicidade do ambiente educacional ubíquo torna importante auxiliar o aprendiz a perceber oportunidades educacionais e descobrir recursos. No GlobalEdu, o AP acompanha o aprendiz e, a partir dos Módulos Educacionais, apresenta os recursos mais adequados ao momento, considerando o contexto e o perfil do aprendiz. O AP é ubíquo, uma vez que ele próprio se adapta a elementos de contexto (como tipo de dispositivo) e está presente para o aprendiz de forma implícita e contínua. Assim, de forma inovadora, o GlobalEdu considera que, para suporte à Educação Ubíqua, é necessário que o ambiente educacional forneça uma espécie de representante do aprendiz, que o auxilie no ambiente;
- **Especificação de Módulos Educacionais direcionados à Educação Ubíqua.** A principal contribuição dos Módulos Educacionais consiste na manipulação dos modelos de aprendiz, conteúdo e contexto, independente de *middleware* de execução. Com isto, os ME consistem na interface entre o AP e o ambiente ubíquo. Esta relação é importante para que o AP seja uma entidade computacional leve, uma vez que ele acompanha o aprendiz, independente de dispositivo;
- **Uso de padrões para representar os modelo de aprendiz e de objetos de aprendizagem.** Durante os estudos, não foram identificadas propostas de Educação Ubíqua que utilizassem padrões já estabelecidos para representação do modelo de aprendiz e de objetos de aprendizagem em conjunto. Embora o trabalho de Yang (2006) utilize o padrão SCORM para representar conteúdo, seu modelo de aprendiz é baseado em uma ontologia independente de padrões já estabelecidos. Isso deve-se ao fato de que nos ambientes estudados, o modelo de aprendiz é inserido no contexto. No GlobalEdu, o perfil de um aprendiz é representado independente de contexto;
- **Modelo de representação e consciência do contexto do aprendiz.** O GlobalEdu propõe uma ontologia para representação de contexto social e físico do aprendiz. Com esse modelo, é possível perceber tanto objetos do mundo físico (recursos) como pessoas e acontecimentos (eventos) relacionados ao contexto. A partir do contexto físico, pode-se adaptar essas informações

conforme o dispositivo e situação de conectividade do aprendiz. Além disso, a partir do modelo de consciência do contexto apresentado, é possível relacionar aprendizes que estejam fisicamente presente em um determinado momento no contexto. A partir de avaliação do GlobalEdu, percebeu-se ser possível auxiliar o aprendiz a perceber os elementos que estão ao seu redor, e que podem ser relevantes para ele, levando em consideração seu perfil. Por se tratar de uma ontologia, outros aspectos podem facilmente ser incorporados ao contexto, a partir da extensão da ontologia existente;

Algumas limitações do modelo proposto pelo GlobalEdu podem ser destacadas:

- **Uso em processos formais de ensino e de aprendizagem.** Embora o GlobalEdu não considere um modelo formal de ensino e aprendizagem, o uso do sistema em processos formais, como uma aula ou curso, pode ser um limitante, uma vez que não é previsto, no modelo, questões relacionadas a avaliação da aprendizagem. Embora o modelo de aprendiz identifique suas competências, essas são inferidas pelo próprio aprendiz, ou a partir de um objetivo considerado atingido. Para um processo formal, esse aspecto consiste em um modelo simplista, tendo que ser aperfeiçoado a partir de elementos que possam medir, efetivamente, a aprendizagem do aprendiz;
- **Ambientes computacionais ubíquos com suporte à computação contínua.** Como o GlobalEdu considera que o aprendiz se move por diversos contextos, e o ambiente de execução suporta e percebe essa mobilidade, esse aspecto é altamente dependente do ambiente. Portanto, pode ser um limitante na exploração dos conceitos propostos pelo modelo GlobalEdu;
- **Gerência de metadados de objetos de aprendizagem e contexto.** Embora o modelo proponha elementos para inserção desses elementos, isso não é explorado no modelo. O mesmo considera que esses dados são fornecidos externamente. A existência desses dados é fundamental para o sistema, visto que sem esses aspectos o contexto social e os objetos de aprendizagem não podem ser percebidos e adaptados ao perfil do aprendiz;
- **Atuação do Agente Pedagógico.** No GlobalEdu, o AP atua como um assistente voltado para questões pedagógicas a partir de dispositivo do aprendiz. Dependendo do ambiente computacional, são necessários elementos no dispositivo que forneçam informações sobre características físicas do dispositivo e dos elementos de conectividade que o mesmo está percebendo. Esses aspectos não estão previstos no AP. O GlobalEdu considera que são providos pelo ambiente de execução;
- **Modelo de conteúdo.** O modelo de conteúdo atual no GlobalEdu é baseado no padrão LOM. Esse aspecto pode limitar o desenvolvimento de objetos de aprendizagem para o GlobalEdu. Por isso, um estudo que tenha como objetivo o uso de outros padrões no GlobalEdu, tais como SCORM por exemplo, é interessante.

8.4 Trabalhos Futuros

À Educação Ubíqua é uma área de pesquisa nova e que tende a avançar em conjunto com as demais tecnologias que dão suporte à Computação Ubíqua. Alguns trabalhos estão em andamento e em breve já apresentarão resultados. O trabalho em

desenvolvimento por Levis (2006) propõe um modelo de perfil de aprendiz baseado no GlobalEdu e está sendo avaliado junto ao ambiente LOCAL (BARBOSA, J. 2006). Dessa forma, o trabalho de Levis vem auxiliar na validação do modelo de aprendiz proposto no GlobalEdu. O Módulo Educacional Gerencia Conteúdo está em desenvolvimento por Martins (2006) e será integrado ao *middleware* de execução do ambiente ISAM. Desta forma, o trabalho de Martins vem auxiliar na validação do modelo de conteúdo e gerência de objetos de aprendizagem proposto no GlobalEdu.

Assim, considerando o modelo tecnológico atual e a proposta do GlobalEdu, alguns trabalhos futuros podem ser citados:

- **Validação do modelo de conteúdo proposto.** O ME Gerencia Conteúdo está em desenvolvimento por Martins (2006) visa validar o modelo de conteúdo e gerência de objetos de aprendizagem proposto no GlobalEdu. Embora isso, o mesmo será integrado ao ambiente ISAM e será desenvolvido de forma simplificada. O desenvolvimento de um sistema de cadastramento e gerência de objetos de aprendizagem baseado na proposta do GlobalEdu é necessário para que seja avaliado se as informações propostas no modelo atendem as especificidades do ambiente ubíquo;
- **Desenvolvimento dos demais módulos do GlobalEdu.** O GlobalEdu teve como foco a consciência do contexto do aprendiz. Em função disso, os demais módulos não foram desenvolvidos. Para uma validação completa do modelo, é necessário que os módulos sejam desenvolvidos independente de ambiente de execução e o conjunto dos mesmos avaliados;
- **Validação do GlobalEdu de forma integrada.** O desenvolvimento integral do GlobalEdu, bem como a disponibilidade de dispositivos de acesso, irá permitir que os aprendizes possam efetivamente utilizar o sistema em seu cotidiano. Desta forma, uma avaliação considerando o uso do sistema em uma escala maior de tempo poderá ser realizada e os impactos na aprendizagem avaliada. Além disso, é preciso avaliar o uso do sistema em um ambiente de suporte à Educação Ubíqua em larga escala. Assim, com os módulos do sistema desenvolvidos, é possível avaliar a mobilidade do aprendiz usando o sistema e acessando recursos através de diferentes Regiões Geográficas;
- **Desenvolvimento de interfaces do AP para outros dispositivos e para diferentes faixas-etárias.** Atualmente, o AP atende a interfaces para dispositivos do tipo *desktop* e PDAs Zaurus (Sharp). O desenvolvimento para dispositivos móveis de forma genérica ainda é um problema de pesquisa. Dessa forma, para que o GlobalEdu possa ser utilizado por um número maior de aprendizes portanto diferentes dispositivos, é importante um conjunto maior de interfaces a disposição;
- **Estudo de algoritmos para identificar similaridade entre *strings*.** Atualmente, o relacionamento entre aprendizes é realizado através do método de comparação de *Strings*. Um estudo aprofundado de algoritmos de similaridade sintática e semântica pode identificar algoritmos mais eficientes e com um melhor desempenho para identificar relacionamento entre aprendizes e análise das informações de contexto região com o perfil do aprendiz;
- **Ontologia de Contexto.** A ontologia de contexto proposta pode ser melhor avaliada, principalmente considerando cenários como *shopping*, bairro, escola,

empresa, etc. A partir disso, aperfeiçoamentos podem ser analisados, considerando também aspectos de inferências na ontologia.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIATION FOR COMPUTING MACHINERY. **Computing Classification System**. [S.l.], 1998. Disponível em: <<http://www.acm.org/class/1998/overview.html>>. Acesso em: jan. 2006.
- ABOWD, G. D.; MYNATT, E. D. Charting Past, Present and Future Research in Ubiquitous Computing. **ACM Transactions on Computer-Human Interaction**, New York, v. 7, n. 1, p. 29-58, Mar. 2000.
- ADAPTWEB. 2001. Disponível em: <<http://www.inf.ufrgs.br/adapt/adaptweb.htm>>. Acesso em: set. 2006.
- ADVANCED DISTRIBUTED LEARNING-N ADL. **The Sharable Content Object Reference Model (SCORM)**, 2004. Disponível em:< <http://www.adlnet.org>>. Acesso em: mar. 2005.
- ALVARES, L. O. C.; SICHMAN, J. S. Introdução aos Sistemas Multiagentes. In: JORNADA DE ATUALIZAÇÃO EM INFORMÁTICA, 16., 1997, Brasília. **Anais...** Brasília: SBC,1997. p.1-38.
- ANDRONICO, A. et al. Integrating a multi-agent recommendation system into a Mobile Learning Management System. In: WORKSHOP OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN MOBILE SYSTEM, 2003. **Proceedings...** [S.l.:s.n], 2003.
- APPELO – Ambiente de Programação Paralela em Lógica. Disponível em: <<http://www.inf.ufrgs.br/procpar/opera/APPELO/>>. Acesso em: nov. 2000.
- ARAUJO, E. **DOMonitor – um Ambiente de Monitoração de Aplicações Distribuídas Java**. 2002. 110f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Instituto de Informática, UFRGS, Porto Alegre.
- ARIADNE. **Educational Metadata Recommendation 3.2**. Disponível em: <http://www.ariadne-eu.org/en/publications/metadata/ams_v32.html>. Acesso em: jan. 2005.
- AUGUSTIN, I. **Abstrações para uma linguagem de programação visando aplicações móveis em um ambiente de pervasive computing**. 2004. 194f. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) – Instituto de Informática, UFRGS, Porto Alegre.
- AULANET. Disponível em: <<http://aulanet.les.inf.puc-rio.br/aulanet/>>. Acesso em: nov. 2005.

BARBOSA, D. N. F.; BARBOSA, J. L. V.; AUGUSTIN, I.; YAMIM, A. C.; SILVA, L. C.; GEYER, C. F. R. Learning in a Large-Scale Pervasive Environment. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON PERVASIVE COMPUTING AND COMMUNICATIONS WORKSHOPS, PERCOMW, Pisa, 2006. **Proceedings...** Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society, 2006a. p. 226-230.

BARBOSA, D. N. F.; BARBOSA, J. L. V.; AUGUSTIN, I. ; GEYER, C. F. R. A Proposal to Support Pervasive Learning. In: CONFERENCIA LATINOAMERICANA DE INFORMATICA, CLEI, 23., 2006. **Anais...** Santiago de Chile: Universidad de Santiago de Chile, 2006b. v. 1, p. 1-10.

BARBOSA, D. N. F.; BARBOSA, J. L. V.; GEYER, C. F. R. Suportando a Educação Pervasiva - consciência do contexto do aprendiz. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INFORMÁTICA EDUCATIVA, SIIE, 8., 2006. **Proceedings...** Leon: Universidade de León, 2006c. v. 2, p.165-172.

BARBOSA, D. N. F.; GEYER, C. F. R.; BARBOSA, J. L. V. GlobalEdu - an architecture to support learning in a Pervasive Computing Environment. In: IFIP WORKING CONFERENCE, EduTech, 2005, Perth, Australia. **New Trends and Technologies in Computer-Aided Learning for Computer-Aided Design: Proceedings...** New York: Springer, 2005a. p. 1-10.

BARBOSA, D. N. F.; GEYER, C.F. R.; BARBOSA, J. L. V. Uma proposta de agente pedagógico pessoal pervasivo - consciência da mobilidade e do contexto do aprendiz. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, SBIE, 16., 2005, Juiz de Fora. **Anais...** Porto Alegre: SBC, 2005b. v. 1, p. 63-73.

BARBOSA, J. L.V ; HAHN, R. ; RABELLO, S. ; BARBOSA, D. N. F . Local: Um Modelo para Suporte à Aprendizagem Consciente de Contexto. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, SBIE, 17., 2006, Brasília. **Anais...** Porto Alegre: SBC, 2006. p. 437-446.

BARBOSA, J. L. V. **Holoparadigma**: um Modelo Multiparadigma Orientado ao Desenvolvimento de Software Distribuído. 2002. 213f. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) – Instituto de Informática, UFRGS, Porto Alegre.

BARBOSA, J. et al. Using Mobility and Blackboards to Support a Multiparadigm Model Oriented to Distributed Processing. In: SYMPOSIUM ON COMPUTER ARCHITECTURE AND HIGH PERFORMANCE COMPUTING, 13., 2001, Pirenópolis, Brasil. **Proceedings...** Brasília: UNB, 2001. p.187-194.

BARBOSA, J. L. V. **GRANLOG**: um Modelo para Análise Automática de Granulosidade na Programação em Lógica. 1996. 167f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Instituto de Informática, UFRGS, Porto Alegre.

BECKER, F. **Educação e construção do conhecimento**. Porto Alegre: Artmed, 2001.

BEHAR, P. A.; BITTENCOURT, J. V.; KIST, S. O. ROODA – Rede cOOperativa De Aprendizagem – Um Software Livre para a Educação à Distância. In: WORKSHOP DE SOFTWARE LIVRE, 2., 2001, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre:SBC, 2001. p.46-49.

- BELHOT, R. V. et al. **Estilos de Aprendizagem e Estratégias de Aprendizagem**. 2004. Disponível em: <<http://prod.eesc.usp.br/aprende/explmodfelder.htm>>. Acesso em: jun. 2005.
- BLUETOOTH. The Official Bluetooth Web Site. Disponível em: <<http://www.bluetooth.com/bluetooth/>>. Acesso em: fev. 2006.
- BLOOM, S. S. et al. Taxonomy of Educational Objectives: the classification of educational goals. In: B. S. Bloom (Ed.). **Handbook I, Cognitive Domain**. New York, Longman, 1956. p. 201-207.
- BONATTO, D. et al. PHolo: Uma Arquitetura para a Computação Pervasiva Utilizando o Holoparadigma. In: WORKSHOP EM SISTEMAS DE ALTO DESEMPENHO, WSCAD, 6., 2005, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBC, 2005.
- BRUSILOVSKY, P.; SCHWARZE, E.; WEBER, G. ELM-ART: An Intelligent Tutoring System on World Wide Web. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTELLIGENT TUTORING SYSTEMS, ITS, 3., 1996, **Proceedings...** Berlin: Springer Verlag, 1996.
- BRUSILOVSKY, P. Methods and Techniques of Adaptive Hypermedia. **Journal of User Modelling and User-Adaptive Interaction**, [S.l.], v.6, n. 2-3, p. 87-129, 1996b.
- CHANG, C.Y.; SHEU, J. P. Design and Implementation of Ad Hoc Classroom and eSchoolbag System for Ubiquitous Learning. In: IEEE INTERNATIONAL WORKSHOP ON MOBILE AND WIRELESS TECHNOLOGIES IN EDUCATION, WMTE, 2002. **Proceedings...** Los Alamitos, CA: IEEE Publications, 2002. p. 8-14.
- CHEN, G.; KOTZ, D. **A Survey of Context-aware Mobile Computing Research**. USA: Dartmouth Computer Science, 2000. (Technical Report, TR2000-381). Disponível em: < <http://citeseer.ist.psu.edu/chen00survey.html> >. Acesso em: mar. 2005.
- CHEN, G.; KOTZ, D. Context Aggregation and Dissemination in Ubiquitous Computing Systems. In: IEEE WORKSHOP ON MOBILE COMPUTING SYSTEMS AND APPLICATIONS, WMCSA, 4., 2002. **Proceedings...** New York: IEEE Computer Society Press, 2002. p.105-114.
- CHEN, Y. et al. A Mobile Scaffolding-Aid-Based Bird-Watching Learning System. In: IEEE INTERNATIONAL WORKSHOP ON WIRELESS AND MOBILE TECHNOLOGIES IN EDUCATION, WMTE, 2002. **Proceedings...** Los Alamitos, USA: IEEE Computer Society Press, 2002. p. 15-22.
- COATTA, T.; KAUFMANN, R. A new platform for pervasive learning. In: WORLD CONFERENCE ON EDUCATIONAL MULTIMEDIA, HYPERMEDIA AND TELECOMMUNICATION, ED-MEDIA, 2003. **Proceedings...** Chesapeake, VA: AACE, 2003. p. 742-745.
- COCCO, A. P. **Modelo de adaptação de ensino utilizando agentes pedagógicos**. 2004. 135f. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) – Instituto de Informática, UFRGS, Porto Alegre.

COSTA, C. A. **Um Ambiente Virtual Interativo, Customizado e Orientado à Intenção do Usuário na Computação Pervasiva**. 2005. Proposta de Tese (Doutorado em Ciência da Computação) – Instituto de Informática, UFRGS, Porto Alegre.

COSTA, M. T. C. **Uma Arquitetura Baseada em Agentes para Suporte ao Ensino a Distância**. 1999. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) – PPGEP, UFSC, Florianópolis.

COULOURIS, G.; DOLLIMORE, J. KINDBERG, T. **Distributed Systems: Concepts and Design**. 4th ed. Harlow: Addison-Wesley, 2005. 944p.

DAGGER, D.; WADE, V.; CONLAN, O. Towards “anytime, anywhere” Learning: The Role and Realization of Dynamic Terminal Personalization in Adaptive eLearning. In: WORLD CONFERENCE ON EDUCATIONAL MULTIMEDIA, HYPERMEDIA AND TELECOMMUNICATION, ED-MEDIA, 2003. **Proceedings...** Chesapeake, VA: AACE, 2003.

D’AMICO, C. B. de. **Aprendizagem Estática e Dinâmica em Ambientes Multiagentes de Ensino-Aprendizagem**. 1999. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) – Instituto de Informática, UFRGS, Porto Alegre.

DEY, A. K.; ABOWD, G. D. **Towards a better understanding of context and context-awareness**. [S.l.]: Georgia Institute of Technology, College of Computing, 1999. (Technical Report GIT-GVU-99-22). Disponível em: < <http://www.cs.cmu.edu/~anind/context.html> >. Acesso em: mar. 2005.

DOLOG, P. et al. Personalization in Distributed e-Learning Environments. In: INTERNATIONAL WORLD WIDE WEB CONFERENCE ON ALTERNATE TRACK PAPERS & POSTERS, WWW, 13., 2004. **Proceedings...** New York, ACM Press, 2004. p. 170-179.

DUBLIN Core Metadata Element Set, Version 1.1: Reference Description. Disponível em: <<http://dublincore.org/>>. Acesso em: fev. 2005.

ELENA Project. 2004. Disponível em: < <http://www.dfki.uni-kl.de/~sintek/> >. Acesso em: fev.2005.

FAGERBERG, T.; REKKEDAL, T.; RUSSEL, J. **Designing and trying out a learning environment for mobile learners and teachers**. [S.l.]: Departament for research e development, NKI distance education, 2002. Disponível em: < <http://www.nettskolen.com/forskning/55/NKI2001m-learning2.html> >. Acesso em: jan. 2005.

FEHLBERG, F. W. **MultiS: um servidor de Contexto direcionado à Computação Pervasiva**. 2006. Mestrado em Ciência da Computação – Instituto de Informática, UFRGS, Porto Alegre. Dissertação em andamento.

FELDER, R. M. The ABCs of Engineering Education: ABET, Bloom’s Taxonomy, Cooperative Learning and So On. In: ANNUAL AMERICAN SOCIETY FOR ENGINEERING EDUCATION CONFERENCE, 2004. **Proceedings...** [S.l.:s.n.], 2004.

FELDER, R.M.; SILVERMAN, L.K. Learning and Teaching Styles in Engineering Education. **Engineering Education**, [S.l.], v.78, n.7, p. 674, 1988.

FERRARI, D. N. **Um Modelo de Replicação de objetos em Ambientes que Suportam Mobilidade**. 2001. 82f. Dissertação. (Mestrado em Ciência da Computação) – Instituto de Informática, UFRGS, Porto Alegre.

FERRARI, D. N.; VARGAS, P. K.; GEYER, C. F. R.; BARBOSA, J. L. V. Modelo de Integração PloSys-GRANLOG: aplicação da análise de granulosidade na exploração do paralelismo OU. In: CONFERÊNCIA LATINOAMERICANA DE INFORMÁTICA, CLEI, 25., 1999, Paraguai. **Memórias**. Asunción: Universidad Autónoma de Asunción, 1999.

FILIPPO, D. et al. AulaNetM: Extensão do Serviço de Conferências do AulaNet destinada a usuários de PDAs. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, SBIE, 16., 2005, Juiz de Fora. **Anais...** Porto Alegre: SBC, 2005. v. 1, p. 623-633.

FISCHER, G. User Modeling in Human-Computer Interaction. **Journal of User Modeling and User-Adapted Interaction**. [S.l.], v. 11, n.1-2, p.65-86, 2001.

FOSTER, I.; KESSELMAN, C.; TUECKE, S. The anatomy of the Grid: enabling scalable virtual organization. **International Journal of High Performance Computing Applications**, [S.l.], v.15, n.3, p.200-222, 2001.

FOSTER, I.; KESSELMAN, C. The Globus Project: A Status Report. In: INTERNATIONAL PARALLEL PROCESSING SYMPOSIUM, IPPS/SPDP, 12., Orlando, Florida, 1998. **Proceedings...** Berlin:Springer-Verlag, 1998.

GAMA, E. et al. **Padrões de projeto**: soluções reutilizáveis de software orientado a objetos. Porto Alegre: Bookman, 2000

GARLAN, D.; STEENKISTE, P.; SCHMERL, B. Project Aura: Toward Distraction-free Pervasive Computing. **IEEE Pervasive Computing**, New York, v.1, n.3, Sept. 2002.

GEYER, C. F. R. **Computação em Grade Pervasiva P3.1**: Documento de Projeto Piloto. 2005. Relatório Técnico. Disponível em: <http://www.rnp.br/_arquivo/documentos/pal0218.pdf>. Acesso em: mar. 2007.

GEYER, C. F. R. et al. **CONTEXTS, um Middleware para Desenvolvimento de Aplicações Sensíveis ao Contexto**. Brasília: SEPIN/MCT/FINEP/PDI-TI, 2003. Disponível em: <<http://www.inf.ufrgs.br/~isam/>>. Acesso em: mar. 2007.

GEYER, C.F.R. et al. SEMEAI - SistEma Multiagente de Ensino e Aprendizagem na Internet. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, SBIE, 12., 2001, Vitória. **Anais...** Vitória:UFES:SBC, 2001.p. 487-496.

GEYER, C.F.R. et al. **Regional Center and Grid Development in Brazil**. Palestra proferida na Lafex International School on High Energy Physics, LISHEP, 2002, Rio de Janeiro.

GIRAFFA, L. M. M.; VICCARI, R. M. Estratégias de Ensino em Sistemas Tutores Inteligentes modelados através de agentes. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, SBIE, 11., 1998, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: [s.n.], 1998.

- GIRAFFA, L. M. M. **Uma Arquitetura de Tutor Utilizando Estados Mentais**. 1999. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) – Instituto de Informática, UFRGS, Porto Alegre.
- GOMES, R.; BARBOSA, D. N. F.; GEYER, C. F. R. Lassalinho - Um agente pedagógico animado em um ambiente multiagente para educação a Distância. **RENOTE: Revista de Novas Tecnologias na Educação**, Porto Alegre, v.3, n.1, jul. 2005. Disponível em: <<http://www.cinted.ufrgs.br/renote>>. Acesso em: set. 2005.
- GRIMM, R. One.World: experiences with a pervasive computing architecture. **IEEE Pervasive Computing**, New York, v. 3, n. 3, p.22-30, July/Sept. 2004.
- GRUBER, T. R. **What is an Ontology?** 1996. Disponível em: <<http://www-ksl.stanford.edu/kst/what-is-an-ontology.html>>. Acesso em: mar. 2006.
- GUARINO, N. **Formal Ontology in information systems**. 1998. Disponível em: <<http://www.ladseb.pd.cnr.it/infor/Ontology/Papers/FOIS98.pdf>>. Acesso em: mar. 2006.
- HECKMANN, D. et al. GUMO – the General User Model Ontology. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON USER MODELING, UM, 10., 2005. **Proceedings...** [S.l.]: Springer, 2005. p. 428-432.
- HENRICKSEN, K.; INDULSKA, J. A Software Engineering Framework for Context-Aware Pervasive Computing. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON PERVASIVE COMPUTING AND COMMUNICATIONS, PERCOM, 2., Orlando, 2004. **Proceedings...** Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society, 2004. p. 77-86.
- HIGHTOWER, J.; BORRIELLO, G. A Survey and Taxonomy of Location Systems for Ubiquitous Computing. **Computer**, [S.l.], v.34, n.8, p.57-66, Aug. 2001.
- HILL, J. R.; REEVES, T. C.; HEIDEMEIER, H. **Ubiquitous Computing for Teaching, Learning and Communicating: Trends, Issues & Recommendations**. [S.l.]: Department of Instructional Technology, The University of Georgia, 2000. Disponível em: < <http://lpsl.coe.uga.edu/Projects/AAlaptop/pdf/UbiquitousComputing.pdf> >. Acesso em: fev. 2005.
- HWANG, G. Criteria and Strategies of Ubiquitous Learning. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON SENSOR NETWORKS, UBIQUITOUS, AND TRUSTWORTHY COMPUTING, SUTC, 2006, Taichung, Taiwan. **Proceedings...** Los Alamitos, CA: IEEE Publications, 2006. v. 2, p. 72-77.
- IEEE/LTSC/LOM Learning Technology Standards Committee. **Draft Standard for Learning Object Metadata**. 2002. Disponível em: <http://ltsc.ieee.org/doc/wg12/LOM_1484_12_1_v1_Final_Draft.pdf>. Acesso em: jan. 2005.
- JOSEPH, A. D.; TAUBER, J. A.; KAASHOEK, M. F. Mobile Computing with Rover Toolkit. **IEEE Transactions on Computers**, New York, v.43, n.3, p. 337-352, Mar. 1996.
- KEENOY, K. et al. Personalization Services for Self e-learning Networks. In: INTERNET CONFERENCE ON WEB ENGINEERING, ICWE, 2004. **Proceedings....** [S.l.]: Springer, 2004. (Lecture Notes in Computer Science, v. 3140).

KÖCHE, J. C. **Fundamentos de Metodologia Científica**: teoria da ciência e iniciação à pesquisa. Petrópolis, RJ: Vozes, 1997.

KRATZ, R. A ; PINTO, S. C. C. S. ; SCOPEL, M. Múltiplos Contextos para Objetos de Aprendizagem. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, SBIE, 17., 2006, Brasília. **Anais...** Porto Alegre: SBC, 2006.

LEVIS, D. **PeLeP**: Modelo de perfil de aprendiz orientado à aprendizagem ubíqua. 2006. Proposta de Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada) – Programa Interdisciplinar de Pós-graduação em Computação Aplicada, UNISINOS, São Leopoldo.

LÉVY, P. **Cybercultura**. São Paulo: Ed. 34, 1999. 264 p.

LIP. **Learner Information Package Specification 1.0**. 2001. Disponível em: <<http://www.imslobal.org/metadata/index.cfm>>. Acesso em: mar. 2005.

LUCENA, M. et al. Estúdio@Web: Um Sistema de Apoio à Prática Educacional Baseado na Web. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO, 19., 1999, Rio de Janeiro. **Educação e Aprendizagem na Sociedade da Informação**: anais. Rio de Janeiro: EntreLugar, 1999. v.1, p. 723-741.

LUCINA, C. J. P. et al. AulaNet: Ajudando Professores a Fazerem seu Dever de Casa. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO, 19., 1999, Rio de Janeiro. **Educação e Aprendizagem na Sociedade da Informação**: anais. Rio de Janeiro: EntreLugar, 1999. v.1, p. 105-117.

LYYTINEN, K.; YOUNGJIN, Y. Issues and Challenges in Ubiquitous Computing. **Communications of the ACM**, New York, v. 45, n. 12, p 63-65, 2002.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de Pesquisa**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2006

MARTINS, F. J.; BARBOSA, D. N. F.; GEYER, C. F. R. jXChat - Um Sistema de Comunicação Eletrônica Inteligente para apoio a Educação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, SBIE, 14., 2003, Rio de Janeiro. **Anais...** Porto Alegre: SBC, 2003. p. 473-482.

MOLL, J.; SILVEIRA, B. M. C. Construtivismo: desconstituindo mitos e constituindo perspectivas. In: BECKER, F.; FRANCO, S. R. K. **Revisitando Piaget**. 2 ed. Porto Alegre: Meditação, 1999. p.99-117.

MORAN, J. M. Ensino e Aprendizagem Inovadores com Tecnologias. **Informática na Educação: Teoria & Prática**, Porto Alegre, v.3, n.1, p.137-144, 2000.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa**. Brasília: Ed. Universidade de Brasília, 1999. 129p.

MOURA, S. L. et al. Integrating Repositories of Learning Objects Using Web-services and Ontologies. **International Journal of Web Services Practices**, [S.l.], v. 1, n. 1-2, p. 57-72, 2005.

MUSA, D.; PALAZZO, J. M.O. Sharing Learner Information through a Web services based Learning Architecture. **Journal Of Web Engineering**, Princeton, New Jersey, v. 4, n. 3, p. 263-278, 2005.

MICHAELIS. **Moderno Dicionário da Língua Portuguesa**. São Paulo: Melhoramentos, 1998.

NAVARRO, G. A Guided Tour to Approximate String Matching. University of Chile. **ACM Computing Surveys**, New York, v. 33, n. 1, p. 31-88, Mar. 2001.

NEJDL, W. et al. EDUTELLA: A P2P Networking Infrastructure Based on RDF. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON WORLD WIDE WEB, WWW, 11., 2002, Honolulu, Hawaii. **Proceedings...** New York: ACM Press, 2002.

NOBLE, B. System Support for Mobile, Adaptive Applications. **IEEE Personal Computing Systems**, New York, v.7, n.1, p. 44-9, Feb. 2000.

NINO, C. P. **Consciência do Contexto e da Mobilidade do Aprendiz em um Ambiente de Educação Pervasiva**. 2006. 99f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Ciência da Computação) – UNILASALLE, Canoas.

NOY, N. F.; MCGUINNESS, D. L. **Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology**. Disponível em: <http://protege.stanford.edu/publications/ontology_development/ontology101-noy-mcguinness.html>. Acesso em: jan. 2006.

OGATA, H.; YANO, Y. Knowledge awareness for a computer-assisted language learning using handhelds. **International Journal of Continuous Engineering Education and Lifelong Learning**, [S.l.], v. 14, n. 4-5, p.435-449, Jan. 2004.

OPERA – Prolog Paralelo. Disponível em: <<http://www.inf.ufrgs.br/procpar/opera/OPERA/index.html>>. Acesso em: nov. 1999.

OXYGEN - Pervasive Human-Centered Computing. Disponível em: <<http://oxygen.lcs.mit.edu/>>. Acesso em: mar. 2005.

PAPI. **IEEE P1484.2/d7**: Draft standard for learning technology. [S.l.], 2001 Disponível em: <<http://www.edutool.com/papi/>>. Acesso em: jan. 2005.

PEREIRA, A. S. **Um Agente para Seleção de Estratégias de Ensino em Ambientes Educacionais na Internet**. 1999. 82f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Instituto de Informática, UFRGS, Porto Alegre.

PRICE, S.; ROGERS, Y. Let's get physical: the learning benefits of interacting in digitally augmented spaces. **Computers & Education**, Elmsford, n.43, p.137-151, 2004.

PROTEGE. Protégé ontology editor and knowledge-base framework. 2006. Disponível em: <<http://protege.stanford.edu/>>. Acesso em: set. 2005.

RANGANATHAN, A.; CAMPBELL, R. H. A Middleware for Context-Aware Agents in Ubiquitous Computing Environments. In: INTERNATIONAL MIDDLEWARE CONFERENCE, 2003. **Proceedings...** New York: ACM Press, 2003. p. 143-161.

RIGAUX, P.; SPYRATOS, N. **SeLeNe Report**: Metadata Management and Learning Object Composition in a Self-eLearning Network. 2003. Disponível em: <<http://www.dcs.bbk.ac.uk/selene/reports/>>. Acesso em: fev. 2005.

RODRIGUES, O. C. ; BARBOSA, D.N.F . Dificuldades e Iniciativas para a Quebra do Paradigma Tradicional de Ensino rumo a Educação Semi-presencial e Não-presencial aos Cursos de Graduação em Computação. In: **WORKSHOP SOBRE INFORMÁTICA NA ESCOLA**, WIE, 7., 2001. **Anais...** Fortaleza: SBC, 2001.

RODRIGUES, A. P. **E-Avalia:** um agente para avaliação de ensino-aprendizagem em educação a distância. 2002. 112 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Instituto de Informática, UFRGS, Porto Alegre.

ROGERS, Y. et al. Ubi-learning Integrates Indoor and Outdoor Experiences. **Communications of the ACM**, New York, v. 48, n. 1, p.55-59, Jan. 2005.

ROMAN, M. et al. A Middleware Infrastructure to Enable Active Spaces. **IEEE Pervasive Computing**, New York, v.1, n. 4, Dec. 2002.

ROSCHELLE, J.; PEÃ, R. A walk on the WILD side: How wireless handhelds may change computer-supported collaborative learning. In: **INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER-SUPPORTED COLLABORATIVE LEARNING**, 2002. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 2002.

ROSCHELLE, J. Unlocking the learning value of wireless mobile devices. **Journal of Computer Assisted Learning**, [S.l.], v.19, n.4, p.260-272, Dec. 2003.

RUSSELL, S.; NORVIG, P. **Artificial Intelligence: A Modern Approach**. New Jersey: Prentice Hall, 1995.

SACRAMENTO, V. et al. MoCA: A Middleware for Developing Collaborative Applications for Mobile Users. **IEEE Distributed Systems Online**, New York, v. 5, n. 10, Oct. 2004.

SAKAMURA, K.; KOSHIZUKA, N. Ubiquitous Computing Technologies for Ubiquitous Learning. In: **IEEE INTERNATIONAL WORKSHOP ON WIRELESS AND MOBILE TECHNOLOGIES IN EDUCATION**, WMTE, 2005. **Proceedings...** Los Alamitos, USA: IEEE Computer Society Press, 2005.

SATYANARAYANAN, M. Pervasive Computing: Vision and Challenges. **IEEE Personal Communications**, New York, v.4, n.8, Aug. 2001.

SATYANARAYANAN, M. Fundamental Challenges in Mobile Computing. In: **ACM SYMPOSIUM ON PRINCIPLES OF DISTRIBUTED COMPUTING**, PODC, 1996. **Proceedings...** New York: ACM Press, 1996.

SATYANARAYANAN, M; et al. Coda: a Highly Available File System for a Distributed Workstation Environment. **IEEE Transactions on Computers**, New York, v.39, n.4, p. 447-459, Apr. 1990.

SAHA, D.; MUKHERJEE, A. Pervasive Computing: a paradigm for the 21st Century. **IEEE Computer**, New York, v. 36, n.3, p. 25-31, Mar. 2003.

SCHLEMMER, E. Metodologias para Educação a Distância no Contexto da Formação de Comunidades Virtuais de Aprendizagem. In: Barbosa, R. M. (Org.). **Ambientes Virtuais de Aprendizagem**. Porto Alegre: Artmed, 2005. p. 29-49.

SCHMIDT, A. Potential and Challenges os Context-Awareness for Learning Solutions. In: LERNEN, WISSENSENTDECKUNG UND ADAPTIVITÄT, LWA, 2005. **Proceedings...** Saarbrücken, Áustria: [s.n.], 2005. p 63-68.

SHAW, E.; JOHNSON, L; GANESHAN, R. Pedagogical Agents on the Web. In: ANNUAL CONFERENCE ON AUTONOMOUS AGENTS, 3., 1999. **Proceedings...** New York: ACM Press, 1999. p. 283-290. Disponível em: <<http://citeseer.ist.psu.edu/johnson99pedagogical.html>>. Acesso em: nov. 2004.

SeLeNe. **Self e-Learning Networks**. 2004. Disponível em: <<http://www.dcs.bbk.ac.uk/selene/>>. Acesso em: mar.2005.

SGANDERLA, R. B.; BARBOSA, D. N. F.; GEYER, C. F. R . BonoBOT: Um Chatterbot para Interação com Usuários em um Sistema Tutor Inteligente. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, SBIE, 14., 2003, Rio de Janeiro. **Anais...** Porto Alegre: SBC, 2003. p. 463-472.

SHOAM, Y. Agent-Oriented Programming. **Artificial Intelligence**, Amsterdam, v.60, n.1, p. 51-92, 1993.

SICHMAN, J. S. et al. When can knowledge-based systems be called agents? In: SIMPÓSIO BRASILEIRO EM INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL, SBIA, 9., 1992. **Anais...** Rio de Janeiro: SBC, 1992.

SILVA, F. A. B.; BARBOSA, D. N. F.; BARBOSA, J. L. V.; GEYER, C. F. R.. Consciência do contexto do aprendiz em um ambiente de educação pervasiva. **RENOTE:Revista Novas Tecnologias na Educação**, Porto Alegre, v. 4, n. 1, 2006. Disponível em: <www.cinted.ufrgs.br/renote>. Acesso em: out. 2006.

SILVA, J. M. **Gerência de Contexto para um Ambiente de Educação Pervasiva**. 2006. 97f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Ciência da Computação) – Centro Universitário La Salle, UNILASALLE, Canoas.

SILVA JUNIOR, E.; YAMIN, A.; AUGUSTIN, I.; BARBOSA, J.; GEYER, C. F. R. Hierarquia de Gerenciamento de Redes com Componentes Móveis. In: CONGRESO ARGENTINO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN, CACIC, 7., 2001, El Calafate, Argentina. **Anales...** Buenos Aires: UNCPBA, 2001.

SILVA, L. C. **Primitivas para Suporte à Distribuição de Objetos Direcionados à Pervasive Computing**. 2003. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Instituto de Informática, UFRGS, Porto Alegre.

SILVA, L. C. **Adaptação na Computação Pervasiva**: modelo para tratamento da sensibilidade ao contexto enfocando o aspecto agilidade da adaptação. Proposta (Doutorado em Ciência da Computação) - Instituto de Informática, UFRGS, Porto Alegre.

SIMON, B. Do e-Learning standards meet their challenges? In: WORKSHOP STANDARDISIERUNG IM E-LEARNING, 2002. **Proceedings...** Frankfurt, Deutschland: [s.n.], 2002. Disponível em: <<http://www.wu-wien.ac.at/usr/wi/bsimon/publikationen/e-Learning-standards-bsi.pdf>>. Acesso em: set. 2004.

- SOUPA: Standard Ontology for Ubiquitous and Pervasive Applications. 2004. Disponível em: < <http://pervasive.semanticweb.org/soupa-2004-06.html>>. Acesso em: dez. 2005
- SOUZA, C. et al. AAP- Agente para Apoio ao Professor em Ambientes Educacionais na Internet. In: SIMPÓSIO CATARINENSE DE COMPUTAÇÃO, 2000. **Anais...** Itajaí: [s.n.], 2000.
- SOUZA, F. S.; BARROS, F. A.; TEDESCO, P. A. SEI – Sistema de Ensino Inteligente. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, SBIE, 9.,1997. **Anais...** São Paulo, São Paulo: SBC, 1997.
- STEIMETZ, F. S. **O uso de Ontologia para Representação de Contexto aplicado a um ambiente de Educação Pervasiva**. 2006. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Bacharelado em Ciência da Computação) – UNILASALLE, Canoas.
- TANENBAUM, A.; STEEN, M. V. **Distributed Systems: Principles and Paradigms**. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2002.
- TATAR, D. et al. Handhelds go to school: Lessons Learned. **IEEE Computer**, Los Alamitos, v. 36, n. 9, p.30-37, Sept. 2003.
- TAROUCO, L. M. R.; FABRE, M. J. M.; TAMUSIUNAS, F. R.; Reusabilidade de Objetos Educacionais. **RENOTE: Revista Novas Tecnologias na Educação**, Porto Alegre, v.1, n. 1, fev. 2003.
- TAROUCO, L. CESTA: Coletânea de Entidades de Suporte ao uso de Tecnologia na Aprendizagem. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE O USO DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM. São Paulo: Escola do Futuro/USP, 2004. Disponível em: < <http://www.cinted.ufrgs.br/CESTA/CESTA24Mar.pdf> >. Acesso em: jan. 2005.
- TELEDUC. 2002. Disponível em: <<http://teleduc.nied.unicamp.br/teleduc/>>. Acesso em: set.2004
- THOMAS, S. Pervasive, persuasive eLearning: modeling the pervasive learning space. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON PERVASIVE COMPUTING AND COMMUNICATIONS WORKSHOPS, PERCOMW, 2005. **Proceedings...** Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society, 2005.
- TOIVONEN, S.; KOLARI, J.; LAAKKO, T. Facilitating Mobile Users with Contextualized Content. In: ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN MOBILE SYSTEM WORKSHOP, 2003. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 2003.
- USCHOLD, M.; GRUNINGER, M. Ontologies: principles, methods and applications. **Knowledge Engineering Review**, [S.l.], v.1, n. 2, p.93-155, 1996.
- VASSILEVA, J. et al. Lessons from Deploying I-Help. Workshop - Multi- Agent Architectures for Distributed Learning Environments. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND EDUCATION, 2001. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 2001.
- VARGAS, P. K. **Exploração de Paralelismo OU em uma Linguagem em Lógica com Restrições**. 1998. 95f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Instituto de Informática, UFRGS, Porto Alegre.

VICCARI, R. M.; GIRAFFA, L.M.M. Sistemas Tutores Inteligentes: Abordagem Tradicional x Abordagem de Agentes. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL, SBIA, 13., 1996. **Anais...** Curitiba: Cefet-PR, 1996.

W3C. **Resource Description Framework**. 2004. Disponível em: <<http://www.w3.org/RDF/>>. Acesso em: mar. 2005.

WebCT. Disponível em: <<http://www.webct.com>>. Acessado em: mar. 2004.

WEISER, M. The Computer for the 21st Century. **IEEE Pervasive Computing**, New York, v. 1, n. 3, Sept. 2002.

WiFi IEEE 802.11. Disponível em: <<http://grouper.ieee.org/groups/802/11/>>. Acesso em: abr. 2006.

WiMax. Disponível em:<<http://www.wimaxforum.org/home/>>. Acesso em: maio 2006.

WOOLDRIDGE, M.; NICHOLAS, R. J. Intelligent Agents: Theory and Practice. **Journal of Knowledge Engineering Review**, [S.l.], v. 10, n. 2, p. 115-152, 1995. Disponível em: <<http://citeseer.ist.psu.edu/97055.html>>. Acesso em: ago. 2005.

YAMIN, A. C. **Arquitetura para um Ambiente de Grade Computacional direcionado às Aplicações Distribuídas, Móveis e Conscientes do Contexto da Computação Pervasiva**. 2004. 194f. Tese. (Doutorado em Ciência da Computação) – Instituto de Informática, UFRGS, Porto Alegre.

YAMIN, A. C. **Um Ambiente para Exploração de Paralelismo na Programação em Lógica**. 1994. 204p. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Instituto de Informática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

YANG, S. J. H. Context Aware Ubiquitous Learning Environments for Peer-to-Peer Collaborative Learning. **Educational Technology & Society**, [S.l.], v.9, n. 1, p. 188-201, 2006.

YIN, C.; OGATA, H.; YANO, Y. JAPELAS: Supporting Japanese Polite Expressions Learning Using PDA towards Ubiquitous Learning. **The Journal of Information and Systems in Education**, [S.l.], v.3, n.1, p. 33-39, 2005.


```

        </owl:onProperty>
    </owl:Restriction>
</rdfs:subClassOf>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="Personal_Information"/>
<owl:Class rdf:ID="Commitments"/>
<owl:Class rdf:ID="SpaceRegion">
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="#GeographicRegion"/>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="ContextRegion"/>
<owl:ObjectProperty rdf:ID="hasBy">
    <owl:inverseOf>
        <owl:ObjectProperty rdf:ID="has"/>
    </owl:inverseOf>
    <rdfs:range rdf:resource="#GeographicRegion"/>
    <rdfs:domain rdf:resource="#GeographicRegion"/>
</owl:ObjectProperty>
<owl:ObjectProperty rdf:ID="hasPerson">
    <rdfs:domain rdf:resource="#ContextRegion"/>
    <rdfs:range rdf:resource="#Person"/>
</owl:ObjectProperty>
<owl:ObjectProperty rdf:ID="hasContext">
    <rdfs:range rdf:resource="#ContextRegion"/>
    <rdfs:domain rdf:resource="#GeographicRegion"/>
</owl:ObjectProperty>
<owl:ObjectProperty rdf:about="#has">
    <rdfs:domain rdf:resource="#GeographicRegion"/>
    <owl:inverseOf rdf:resource="#hasBy"/>
    <rdfs:range rdf:resource="#GeographicRegion"/>
</owl:ObjectProperty>
<owl:ObjectProperty rdf:ID="hasEvent">
    <rdfs:range rdf:resource="#Event"/>
    <rdfs:domain rdf:resource="#ContextRegion"/>
</owl:ObjectProperty>
<owl:ObjectProperty rdf:about="#hasSchedule">
    <rdfs:domain rdf:resource="#Event"/>
    <rdfs:range rdf:resource="#Commitments"/>
</owl:ObjectProperty>
<owl:ObjectProperty rdf:ID="hasResource">
    <rdfs:domain rdf:resource="#ContextRegion"/>
    <rdfs:range rdf:resource="#Resource"/>
</owl:ObjectProperty>
<owl:ObjectProperty rdf:about="#hasCommitments">
    <rdfs:domain rdf:resource="#Person"/>
    <rdfs:range rdf:resource="#Commitments"/>
</owl:ObjectProperty>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="location">
    <rdf:type
rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#FunctionalProperty"/>
    <rdfs:domain rdf:resource="#Resource"/>
    <rdfs:range
rdf:resource="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-
ns#XMLLiteral"/>
</owl:DatatypeProperty>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="date">
    <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#date"/>
    <rdfs:domain rdf:resource="#Commitments"/>
</owl:DatatypeProperty>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="time">
    <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#time"/>
    <rdfs:domain rdf:resource="#Commitments"/>
</owl:DatatypeProperty>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="id">
    <rdfs:domain>
        <owl:Class>
            <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
                <owl:Class rdf:about="#Event"/>
                <owl:Class rdf:about="#Resource"/>
            </owl:unionOf>

```

```

    </owl:Class>
    </rdfs:domain>
    <rdf:type
rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#FunctionalProperty"/>
    <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#ID"/>
  </owl:DatatypeProperty>
  <owl:DatatypeProperty rdf:ID="interval">
    <rdfs:range>
      <owl:DataRange>
        <owl:oneOf rdf:parseType="Resource">
          <rdf:first rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
>diary</rdf:first>
          <rdf:rest rdf:parseType="Resource">
            <rdf:rest rdf:parseType="Resource">
              <rdf:first
rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
>year</rdf:first>
              <rdf:rest rdf:parseType="Resource">
                <rdf:first
rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
>today</rdf:first>
                <rdf:rest rdf:resource="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-
syntax-ns#nil"/>
              </rdf:rest>
            </rdf:rest>
          </rdf:rest>
        </owl:oneOf>
      </owl:DataRange>
    </rdfs:range>
    <rdfs:domain rdf:resource="#Commitments"/>
  </owl:DatatypeProperty>
  <owl:DatatypeProperty rdf:ID="type">
    <rdfs:domain>
      <owl:Class>
        <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
          <owl:Class rdf:about="#Event"/>
          <owl:Class rdf:about="#Resource"/>
        </owl:unionOf>
      </owl:Class>
    </rdfs:domain>
    <rdfs:range>
      <owl:DataRange>
        <owl:oneOf rdf:parseType="Resource">
          <rdf:first rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
>educational</rdf:first>
          <rdf:rest rdf:parseType="Resource">
            <rdf:rest rdf:resource="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-
syntax-ns#nil"/>
          </rdf:rest>
        </owl:oneOf>
      </owl:DataRange>
    </rdfs:range>
  </owl:DatatypeProperty>
  <owl:FunctionalProperty rdf:ID="specification">
    <rdfs:domain rdf:resource="#Resource"/>
    <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>
    <rdf:type
rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#DatatypeProperty"/>
  </owl:FunctionalProperty>
  <owl:FunctionalProperty rdf:ID="bucket">
    <rdfs:domain>
      <owl:Class>

```

```

        <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
          <owl:Class rdf:about="#Event"/>
          <owl:Class rdf:about="#Resource"/>
        </owl:unionOf>
      </owl:Class>
    </rdfs:domain>
    <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>
    <rdf:type
rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#DatatypeProperty"/>
  </owl:FunctionalProperty>
  <owl:FunctionalProperty rdf:ID="name">
    <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>
    <rdf:type
rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#DatatypeProperty"/>
    <rdfs:domain>
      <owl:Class>
        <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
          <owl:Class rdf:about="#GeographicRegion"/>
          <owl:Class rdf:about="#Event"/>
          <owl:Class rdf:about="#Resource"/>
        </owl:unionOf>
      </owl:Class>
    </rdfs:domain>
  </owl:FunctionalProperty>
  <owl:FunctionalProperty rdf:ID="description">
    <rdfs:domain>
      <owl:Class>
        <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
          <owl:Class rdf:about="#Commitments"/>
          <owl:Class rdf:about="#Event"/>
          <owl:Class rdf:about="#Resource"/>
        </owl:unionOf>
      </owl:Class>
    </rdfs:domain>
    <rdf:type
rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#DatatypeProperty"/>
    <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>
  </owl:FunctionalProperty>
  <owl:FunctionalProperty rdf:about="#hasProfile">
    <rdfs:domain rdf:resource="#Person"/>
    <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#ObjectProperty"/>
    <rdfs:range rdf:resource="#Personal_Information"/>
  </owl:FunctionalProperty>
</rdf:RDF>

<!-- Created with Protege (with OWL Plugin 2.1, Build 284)
http://protege.stanford.edu -->

```

ANEXO B ONTOLOGIA *PERSONAL INFORMATION*

```

<?xml version="1.0"?>
<rdf:RDF
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"
  xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
  xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#"
  xmlns="http://www.owl-ontologies.com/personal.owl#"
  xml:base="http://www.owl-ontologies.com/personal.owl">
  <owl:Ontology rdf:about=""/>
  <owl:Class rdf:ID="Profissional_Profile">
    <rdfs:comment rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
      >Dados Profissionais</rdfs:comment>
  </owl:Class>
  <owl:Class rdf:ID="Address"/>
  <owl:Class rdf:ID="Personal_Information">
    <rdfs:comment rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
      >GlobalEdu Personal Information Class</rdfs:comment>
    <rdfs:subClassOf>
      <owl:Restriction>
        <owl:onProperty>
          <owl:ObjectProperty rdf:ID="type"/>
        </owl:onProperty>
        <owl:someValuesFrom>
          <owl:Class>
            <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
              <owl:Class rdf:ID="Personal_Profile"/>
              <owl:Class rdf:about="#Profissional_Profile"/>
            </owl:unionOf>
          </owl:Class>
        </owl:someValuesFrom>
      </owl:Restriction>
    </rdfs:subClassOf>
    <rdfs:subClassOf>
      <owl:Restriction>
        <owl:onProperty>
          <owl:ObjectProperty rdf:about="#type"/>
        </owl:onProperty>
        <owl:minCardinality
          rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int"
          >1</owl:minCardinality>
        </owl:Restriction>
      </rdfs:subClassOf>
    <rdfs:subClassOf>
      <owl:Restriction>
        <owl:onProperty>
          <owl:DatatypeProperty rdf:ID="id"/>
        </owl:onProperty>
        <owl:maxCardinality
          rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int"
          >1</owl:maxCardinality>
        </owl:Restriction>
      </rdfs:subClassOf>
    <rdfs:subClassOf>

```

```

    <owl:Restriction>
      <owl:onProperty>
        <owl:DatatypeProperty rdf:ID="name"/>
      </owl:onProperty>
      <owl:maxCardinality
rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int"
        >1</owl:maxCardinality>
    </owl:Restriction>
  </rdfs:subClassOf>
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing"/>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:about="#Personal_Profile">
  <rdfs:comment rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
    >Dados Pessoais</rdfs:comment>
</owl:Class>
<owl:ObjectProperty rdf:ID="address">
  <rdfs:domain>
    <owl:Class>
      <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
        <owl:Class rdf:about="#Personal_Profile"/>
        <owl:Class rdf:about="#Profissional_Profile"/>
      </owl:unionOf>
    </owl:Class>
  </rdfs:domain>
  <rdfs:comment rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
    >endereço de um indivíduo no GlobalEdu</rdfs:comment>
  <rdfs:range rdf:resource="#Address"/>
</owl:ObjectProperty>
<owl:ObjectProperty rdf:about="#type">
  <rdfs:range>
    <owl:Class>
      <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
        <owl:Class rdf:about="#Personal_Profile"/>
        <owl:Class rdf:about="#Profissional_Profile"/>
      </owl:unionOf>
    </owl:Class>
  </rdfs:range>
  <rdfs:domain rdf:resource="#Personal_Information"/>
</owl:ObjectProperty>
<owl:DatatypeProperty rdf:about="#id">
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#ID"/>
  <rdfs:comment rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
    >identificador único de um indivíduo no GlobalEdu</rdfs:comment>
  <rdfs:domain rdf:resource="#Personal_Information"/>
  <rdf:type
rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#FunctionalProperty"/>
</owl:DatatypeProperty>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="country">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Address"/>
</owl:DatatypeProperty>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="postal_code">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Address"/>
</owl:DatatypeProperty>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="position">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Profissional_Profile"/>
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>
</owl:DatatypeProperty>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="bucket">
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>
  <rdfs:comment rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
    >espaço para outras informações relacionadas</rdfs:comment>
  <rdfs:domain rdf:resource="#Personal_Information"/>
</owl:DatatypeProperty>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="street">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Address"/>
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>
</owl:DatatypeProperty>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="fone_number">

```

```

<rdfs:domain>
  <owl:Class>
    <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
      <owl:Class rdf:about="#Personal_Profile"/>
      <owl:Class rdf:about="#Profissional_Profile"/>
    </owl:unionOf>
  </owl:Class>
</rdfs:domain>
</owl:DatatypeProperty>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="complement">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Address"/>
</owl:DatatypeProperty>
<owl:DatatypeProperty rdf:about="#name">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Personal_Information"/>
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>
</owl:DatatypeProperty>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="e_mail">
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>
  <rdfs:domain>
    <owl:Class>
      <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
        <owl:Class rdf:about="#Personal_Profile"/>
        <owl:Class rdf:about="#Profissional_Profile"/>
      </owl:unionOf>
    </owl:Class>
  </rdfs:domain>
</owl:DatatypeProperty>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="home_page">
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#anyURI"/>
  <rdfs:domain>
    <owl:Class>
      <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
        <owl:Class rdf:about="#Personal_Profile"/>
        <owl:Class rdf:about="#Profissional_Profile"/>
      </owl:unionOf>
    </owl:Class>
  </rdfs:domain>
</owl:DatatypeProperty>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="quarter"/>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="number">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Address"/>
</owl:DatatypeProperty>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="city">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Address"/>
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>
</owl:DatatypeProperty>
</rdf:RDF>

```

```

<!-- Created with Protege (with OWL Plugin 2.1, Build 284)
http://protege.stanford.edu -->

```

ANEXO C ONTOLOGIA *PHYSICALCONTEXT*

```

<?xml version="1.0"?>
<rdf:RDF
  xmlns:geo="http://pervasive.semanticweb.org/ont/2004/06/geo-
measurement#"
  xmlns="http://www.owl-ontologies.com/physicalContext.owl#"
  xmlns:protege="http://protege.stanford.edu/plugins/owl/protege#"
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"
  xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
  xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#"
  xmlns:time="http://pervasive.semanticweb.org/ont/2004/06/time#"
  xmlns:daml="http://www.daml.org/2001/03/daml+oil#"
  xmlns:dc="http://purl.org/dc/elements/1.1/"
  xml:base="http://www.owl-ontologies.com/physicalContext.owl">
  <owl:Ontology rdf:about="">
    <owl:imports
rdf:resource="http://protege.stanford.edu/plugins/owl/protege"/>
  </owl:Ontology>
  <owl:Class rdf:ID="PhysicalContext"/>
  <owl:Class rdf:ID="NetwokType">
    <owl:sameAs>
      <NetwokType rdf:ID="WAN">
        <owl:sameAs>
          <owl:ObjectProperty rdf:ID="hasType"/>
        </owl:sameAs>
        <owl:sameAs rdf:resource="#NetwokType"/>
      </NetwokType>
    </owl:sameAs>
    <rdfs:comment rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
  >corresponde ao tipo de rede que o usuário está acessando dentro do
contexto em que ele se encontra no momento, podendo ser LAN, WAN,
desconectada</rdfs:comment>
    <owl:sameAs>
      <NetwokType rdf:ID="LAN">
        <owl:sameAs rdf:resource="#NetwokType"/>
        <owl:sameAs>
          <owl:ObjectProperty rdf:about="#hasType"/>
        </owl:sameAs>
      </NetwokType>
    </owl:sameAs>
    <owl:sameAs>
      <NetwokType rdf:ID="Desconected">
        <owl:sameAs rdf:resource="#NetwokType"/>
        <owl:sameAs>
          <owl:ObjectProperty rdf:about="#hasType"/>
        </owl:sameAs>
      </NetwokType>
    </owl:sameAs>
  </owl:Class>
  <owl:Class rdf:ID="Location">
    <rdfs:comment rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"

```

>descreve a localização do usuário dentro do contexto, podendo ser casa, trabalho, rua, prédio, sala, etc. A precisão quanto a localização depende da tecnologia de posicionamento usada</rdfs:comment>

```

</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="DeviceAutonomy">
  <owl:sameAs>
    <NetwokkWidth rdf:ID="Low">
      <owl:sameAs>
        <owl:ObjectProperty rdf:ID="hasWidth"/>
      </owl:sameAs>
      <owl:sameAs rdf:resource="#DeviceAutonomy"/>
      <owl:sameAs>
        <owl:Class rdf:ID="NetwokkWidth"/>
      </owl:sameAs>
    </NetwokkWidth>
  </owl:sameAs>
  <owl:sameAs>
    <NetwokkWidth rdf:ID="High">
      <owl:sameAs rdf:resource="#DeviceAutonomy"/>
      <owl:sameAs>
        <owl:Class rdf:about="#NetwokkWidth"/>
      </owl:sameAs>
      <owl:sameAs>
        <owl:ObjectProperty rdf:about="#hasWidth"/>
      </owl:sameAs>
    </NetwokkWidth>
  </owl:sameAs>
  <owl:sameAs>
    <NetwokkWidth rdf:ID="Medium">
      <owl:sameAs rdf:resource="#DeviceAutonomy"/>
      <owl:sameAs>
        <owl:Class rdf:about="#NetwokkWidth"/>
      </owl:sameAs>
      <owl:sameAs>
        <owl:ObjectProperty rdf:about="#hasWidth"/>
      </owl:sameAs>
    </NetwokkWidth>
  </owl:sameAs>
  <owl:sameAs>
    <NetwokkWidth rdf:ID="Very_Low">
      <owl:sameAs>
        <owl:Class rdf:about="#NetwokkWidth"/>
      </owl:sameAs>
      <owl:sameAs rdf:resource="#DeviceAutonomy"/>
      <owl:sameAs>
        <owl:ObjectProperty rdf:about="#hasWidth"/>
      </owl:sameAs>
    </NetwokkWidth>
  </owl:sameAs>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="DeviceType">
  <owl:sameAs>
    <DeviceType rdf:ID="Notebook">
      <owl:sameAs rdf:resource="#DeviceType"/>
    </DeviceType>
  </owl:sameAs>
  <owl:sameAs>
    <DeviceType rdf:ID="SmartFone">
      <owl:sameAs rdf:resource="#DeviceType"/>
    </DeviceType>
  </owl:sameAs>
  <owl:sameAs>
    <DeviceType rdf:ID="Desktop">
      <owl:sameAs rdf:resource="#DeviceType"/>
    </DeviceType>
  </owl:sameAs>
  <owl:sameAs>
    <DeviceType rdf:ID="Cell_fone">

```

```

        <owl:sameAs rdf:resource="#DeviceType"/>
    </DeviceType>
</owl:sameAs>
<owl:sameAs>
    <DeviceType rdf:ID="PDA">
        <owl:sameAs rdf:resource="#DeviceType"/>
    </DeviceType>
</owl:sameAs>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="Device">
    <rdfs:subClassOf>
        <owl:Restriction>
            <owl:onProperty>
                <owl:ObjectProperty rdf:ID="deviceType"/>
            </owl:onProperty>
            <owl:maxCardinality
rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int"
                >1</owl:maxCardinality>
            </owl:Restriction>
        </rdfs:subClassOf>
        <rdfs:subClassOf rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing"/>
        <rdfs:comment rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
                >descreve o tipo de dispositivo que o usuário está acessando no
momento, podendo ser PDA, celular, desktop, notebook, etc</rdfs:comment>
        <rdfs:subClassOf>
            <owl:Restriction>
                <owl:onProperty>
                    <owl:ObjectProperty rdf:ID="hasAutonomy"/>
                </owl:onProperty>
                <owl:maxCardinality
rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int"
                    >1</owl:maxCardinality>
                </owl:Restriction>
            </rdfs:subClassOf>
        </owl:Class>
        <owl:Class rdf:ID="Network">
            <rdfs:subClassOf>
                <owl:Restriction>
                    <owl:maxCardinality
rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int"
                        >1</owl:maxCardinality>
                    <owl:onProperty>
                        <owl:ObjectProperty rdf:about="#hasType"/>
                    </owl:onProperty>
                </owl:Restriction>
            </rdfs:subClassOf>
            <rdfs:comment rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
                    >informações sobre as redes disponíveis em um contexto</rdfs:comment>
            <rdfs:subClassOf>
                <owl:Restriction>
                    <owl:onProperty>
                        <owl:ObjectProperty rdf:about="#hasWidth"/>
                    </owl:onProperty>
                    <owl:maxCardinality
rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int"
                        >1</owl:maxCardinality>
                    </owl:Restriction>
                </rdfs:subClassOf>
                <rdfs:subClassOf rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing"/>
            </owl:Class>
            <owl:Class rdf:ID="Program">
                <rdfs:comment rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
                        >Programas disponíveis no dispositivo
            </rdfs:comment>
            </owl:Class>
            <owl:Class rdf:about="#NetwokWidth">
                <owl:sameAs rdf:resource="#Low"/>
                <owl:sameAs rdf:resource="#Medium"/>
            </owl:Class>
        </owl:Class>
    </rdfs:subClassOf>
</owl:Class>

```

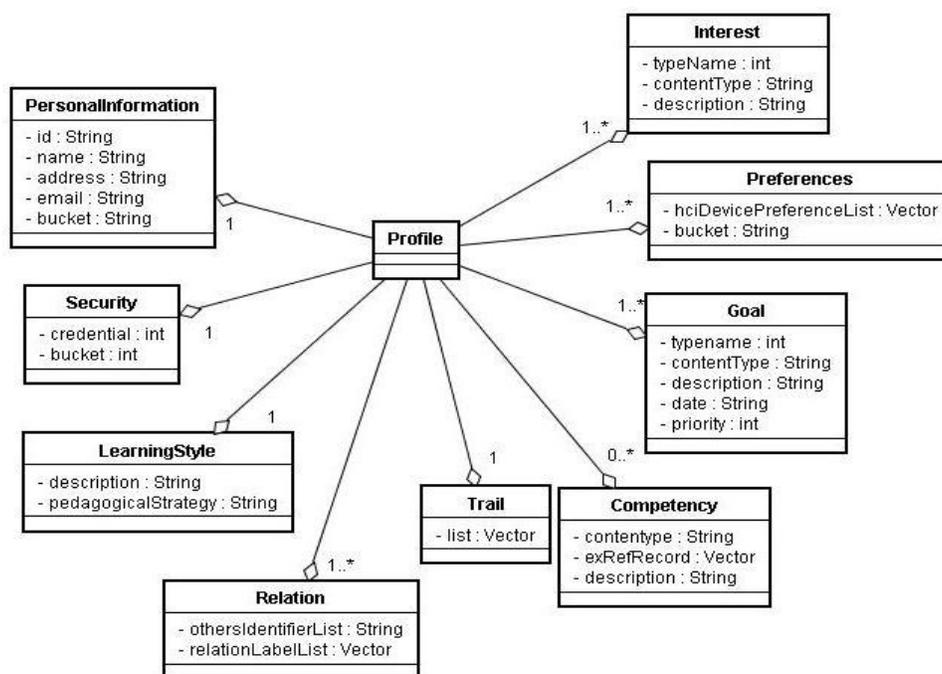
```

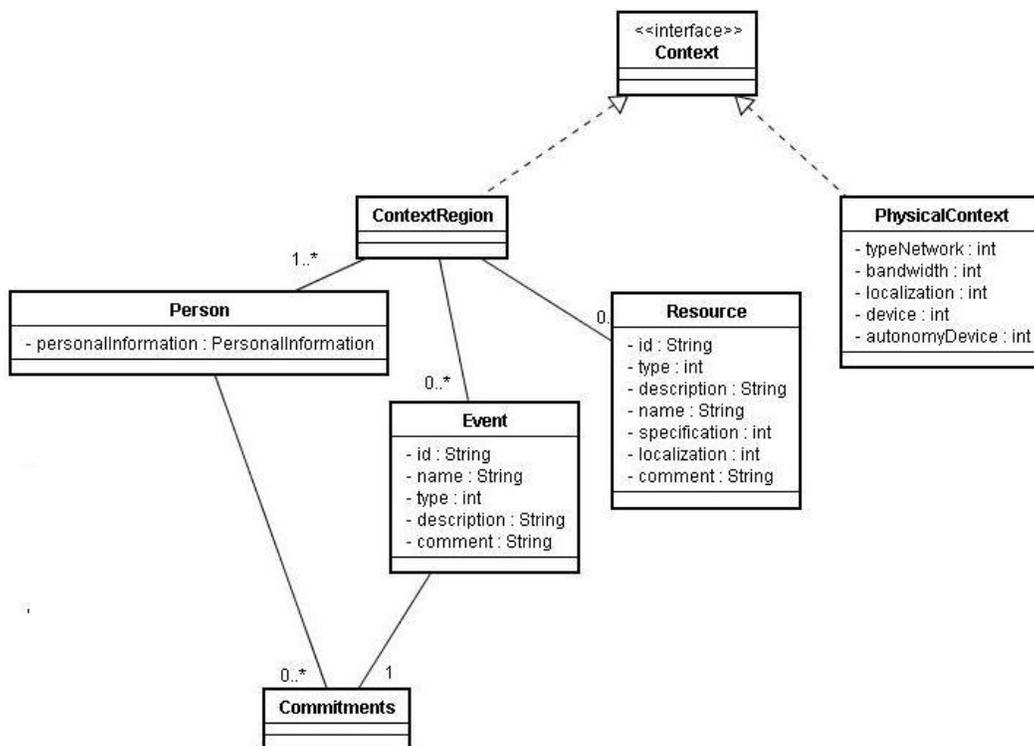
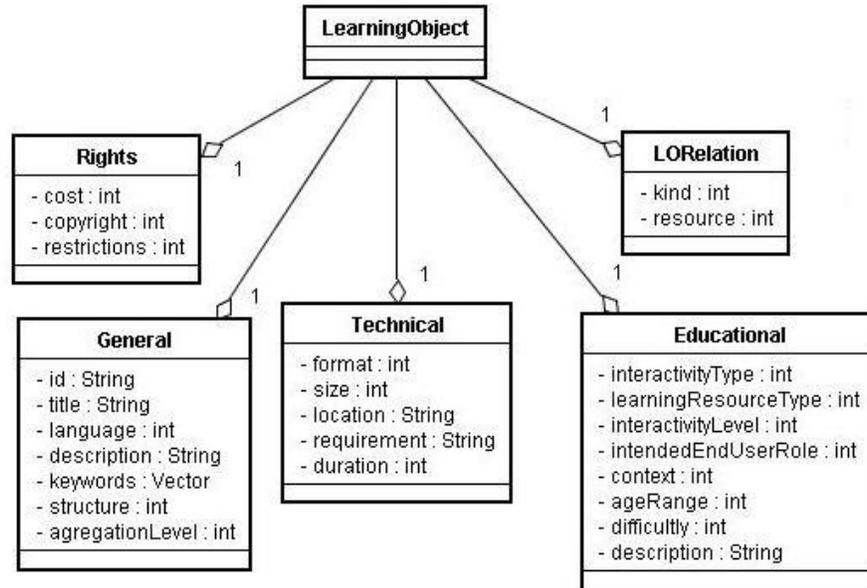
    <owl:sameAs rdf:resource="#Very_Low"/>
    <owl:sameAs rdf:resource="#High"/>
    <rdfs:comment rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
    >descreve a situação de sua conectividade no momento, podendo ser alta,
média ou baixa</rdfs:comment>
</owl:Class>
<owl:ObjectProperty rdf:ID="has">
  <rdfs:domain rdf:resource="#PhysicalContext"/>
  <rdfs:range>
    <owl:Class>
      <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
        <owl:Class rdf:about="#Device"/>
        <owl:Class rdf:about="#Location"/>
        <owl:Class rdf:about="#Program"/>
        <owl:Class rdf:about="#Network"/>
      </owl:unionOf>
    </owl:Class>
  </rdfs:range>
</owl:ObjectProperty>
<owl:ObjectProperty rdf:about="#hasType">
  <owl:sameAs rdf:resource="#WAN"/>
  <owl:sameAs rdf:resource="#Desconected"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="#Network"/>
  <owl:sameAs rdf:resource="#LAN"/>
  <rdfs:range rdf:resource="#NetwokType"/>
</owl:ObjectProperty>
<owl:ObjectProperty rdf:about="#hasWidth">
  <owl:sameAs rdf:resource="#High"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="#Network"/>
  <owl:sameAs rdf:resource="#Medium"/>
  <owl:sameAs rdf:resource="#Low"/>
  <owl:sameAs rdf:resource="#Very_Low"/>
  <rdfs:range rdf:resource="#NetwokWidth"/>
</owl:ObjectProperty>
<owl:ObjectProperty rdf:about="#hasAutonomy">
  <rdfs:range rdf:resource="#DeviceAutonomy"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="#Device"/>
</owl:ObjectProperty>
<owl:ObjectProperty rdf:about="#deviceType">
  <rdfs:range rdf:resource="#DeviceType"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="#Device"/>
</owl:ObjectProperty>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="type">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Program"/>
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>
</owl:DatatypeProperty>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="name">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Location"/>
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>
</owl:DatatypeProperty>
</rdf:RDF>

<!-- Created with Protege (with OWL Plugin 2.1, Build 284)
http://protege.stanford.edu -->

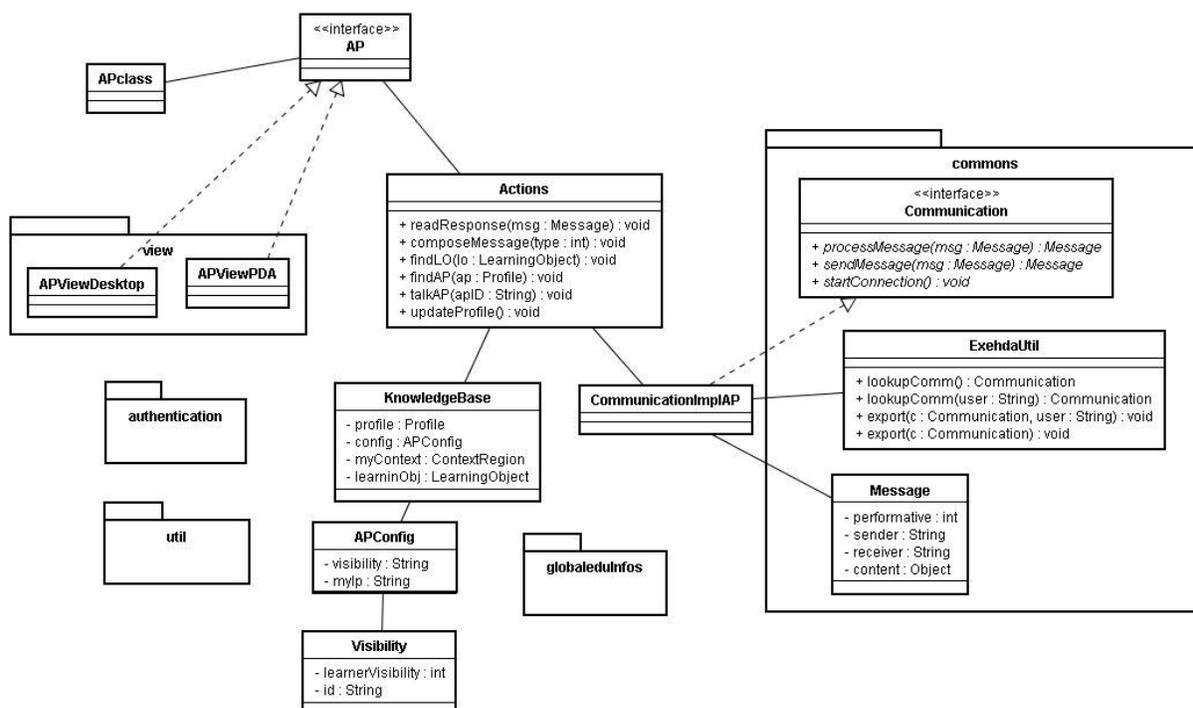
```

ANEXO D BASE DE CONHECIMENTO DO AP

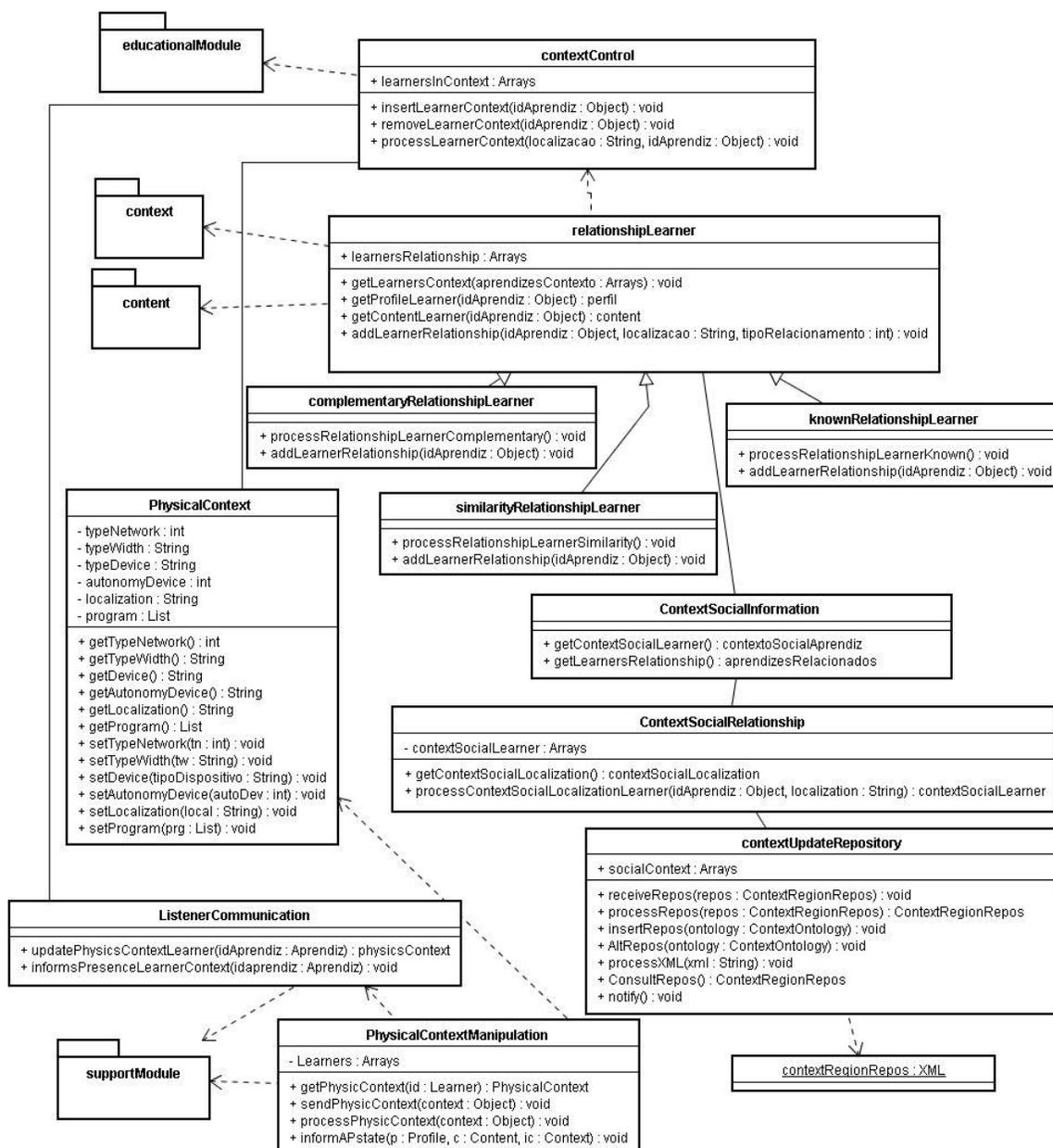




ANEXO E CLASSES DO PROTÓTIPO DO AP



ANEXO F PROTÓTIPO DO ME GERENCIA CONTEXTO



ANEXO G PERFIL DE EXECUÇÃO DO GLOBALEDU NO MIDDLEWARE GRADEP

Perfil de execução utilizado no servidor GlobalEdu:

```

<EXEHDA>
  <PROFILE name="mybase">
    <PROP name="localhost.cell" value="unilasalle"/>
    <PROP name="localhost.inetaddr" value="200.132.73.109"/>
    <SERVICE name="logger" loadPolicy="boot">
      <PROP name="impl" value=
"org.isam.exehda.services.logging.BasicLogger"/>
      <PROP name="logLevel" value="5000"/>
    </SERVICE>
    <SERVICE name="worb" loadPolicy="demand">
      <PROP name="impl" value="org.isam.exehda.services.worb.WorbImpl"/>
    </SERVICE>
    <SERVICE name="cib" loadPolicy="boot">
      <PROP name="impl" value="org.isam.exehda.services.cib.CibImpl"/>
      <PROP name="neighborhood" value=""/>
      <PROP name="backEnd.impl" value=
"org.isam.exehda.services.cib.backend.ldap.LdapBackEnd"/>
      <PROP name="backEnd.ldap.server" value="localhost"/>
      <PROP name="backEnd.ldap.rootDn" value="dc=unilasalle"/>
      <PROP name="backEnd.ldap.user" value="cn=admin,dc=unilasalle"/>
      <PROP name="backEnd.ldap.passwd" value="secret"/>
    </SERVICE>
    <SERVICE name="bda" loadPolicy="boot">
      <PROP name="impl" value="org.isam.exehda.services.bda.BdaImpl"/>
      <PROP name="docroot" value="/etc/gradeP/bda/docroot"/>
    </SERVICE>
    <SERVICE name="avu" loadPolicy="boot">
      <PROP name="impl" value="org.isam.exehda.services.avu.AvuImpl"/>
      <PROP name="docroot" value="/etc/gradeP/avu/docroot"/>
    </SERVICE>
    <SERVICE name="executor" loadPolicy="boot">
      <PROP name="impl" value=
"org.isam.exehda.services.primos.exec.ExecutorImpl"/>
    </SERVICE>
    <SERVICE name="scheduler" loadPolicy="boot">
      <PROP name="impl" value=
"org.isam.exehda.services.tips.TipsCellScheduler"/>
    </SERVICE>
    <SERVICE name="objectseed" loadPolicy="boot">
      <PROP name="impl" value=
"org.isam.exehda.services.primos.objseed.ObjectSeedImpl"/>
    </SERVICE>
    <SERVICE name="oxmanager" loadPolicy="boot">
      <PROP name="impl" value=
"org.isam.exehda.services.oxm.DualOXManagerCell"/>
    </SERVICE>
    <SERVICE name="collector" loadPolicy="demand">
      <PROP name="impl" value=
"org.isam.exehda.services.primos.CollectorImplNode"/>
      <PROP name="monitor.0" value=

```

```

"org.isam.exehta.services.primos.JavaRuntimeMonitor"/>
  <PROP name="monitor.1" value=
"org.isam.exehta.services.primos.NativeMonitor"/>
  </SERVICE>
  <SERVICE name="gatekeeper" loadPolicy="boot">
    <PROP name="impl" value=
"org.isam.exehta.services.GatekeeperService"/>
  </SERVICE>
  <SERVICE name="ctxmanager" loadPolicy="demand">
    <PROP name="impl" value=
"org.isam.exehta.services.ctxm.CtxManagerImplNode"/>
  </SERVICE>
  <SERVICE name="discoverer" loadPolicy="boot">
    <PROP name="impl" value=
"org.isam.exehta.services.discoverer.DiscovererImpl"/>
  </SERVICE>
</PROFILE>
</EXEHDA>

```

Perfil de execução utilizado nos nodos móveis (aprendizes):

```

<EXEHDA>
  <PROFILE name="nodo-aprendiz">
    <PROP name="localhost.cell" value="unilasalle"/>
    <PROP name="localhost.name" value="nodo"/>
    <SERVICE name="logger" loadPolicy="boot">
      <PROP name="impl" value=
"org.isam.exehta.services.logging.BasicLogger"/>
      <PROP name="logLevel" value="5000"/>
    </SERVICE>
    <SERVICE name="worb" loadPolicy="demand">
      <PROP name="impl" value="org.isam.exehta.services.worb.WorbImpl"/>
    </SERVICE>
    <SERVICE name="cib" loadPolicy="boot">
      <PROP name="contactAddress" value=
"worb:tcp://200.132.73.109:1980/cib"/>
      <PROP name="impl" value=
"org.isam.exehta.services.cib.CibImplClient"/>
      <PROP name="backEnd.ldap.rootDn" value="dc=unilasalle"/>
      <PROP name="backEnd.ldap.user" value="cn=admin,dc=unilasalle"/>
      <PROP name="backEnd.ldap.passwd" value="secret"/>
    </SERVICE>
    <SERVICE name="bda" loadPolicy="boot">
      <PROP name="impl" value=
"org.isam.exehta.services.bda.BdaImplClient"/>
      <PROP name="bdaHost" value="200.132.73.109" />
    </SERVICE>
    <SERVICE name="avu" loadPolicy="boot">
      <PROP name="impl" value="org.isam.exehta.services.avu.AvuImpl"/>
      <PROP name="docroot" value="/etc/grade/avu/docroot"/>
    </SERVICE>
    <SERVICE name="executor" loadPolicy="boot">
      <PROP name="impl" value=
"org.isam.exehta.services.primos.exec.ExecutorImpl"/>
    </SERVICE>
    <SERVICE name="gatekeeper" loadPolicy="boot">
      <PROP name="impl" value=
"org.isam.exehta.services.GatekeeperService"/>
    </SERVICE>
  </PROFILE>
</EXEHDA>

```

APENDICE A ORGANIZANDO CONCEITOS

Este Apêndice apresenta um estudo dos principais aspectos que envolvem a representação dos elementos da arquitetura do GlobalEdu. Esses aspectos servem para complementar os já apresentados no texto da Tese e fundamentar as decisões do modelo.

APÊNDICE A.1 Perfil do aprendiz

A adaptação dos elementos do sistema ao aprendiz exige conhecermos esse aprendiz. A habilidade de um sistema de prover informações individualizadas para os aprendizes depende do tipo da informação acerca do modelo cognitivo e de aprendizagem desse aprendiz. Somado a isso é importante o tipo e o nível de sofisticação da representação do conhecimento usado no sistema, além da eficácia dos métodos usados para extrair nova informação acerca do aluno e sua posterior incorporação ao modelo. Assim, a capacidade do sistema de diferenciar o método de aprendizagem, permite adaptar os recursos educacionais de acordo com cada aprendiz, respondendo ao estilo individual de aprendizagem de cada um.

Algumas técnicas são utilizadas para construir o modelo do aprendiz, tais como os seguintes modelos: Diferencial, *Overlay* ou Perturbação, Simulação e Crenças (GIRAFFA, 1999). Em geral, esses modelos relacionam-se a interação do aprendiz frente a um conhecimento está de acordo com o esperado para manipulação desse conhecimento, dentro de um determinado domínio. Considerando um ambiente ubíquo, esta Tese destaca o modelo de Simulação e o de Crenças.

No modelo de Simulação o ambiente possui um modelo de como o aprendiz pode ou deve se comportar em determinada situação. Através deste modelo o sistema permite prever o comportamento futuro do aprendiz. Para isto, o aprendiz é monitorado e suas reações mediante determinadas situações são observadas. Essa técnica é interessante para ambientes ubíquos, mas pouco eficiente, visto que a mobilidade do aprendiz e a heterogeneidade dos elementos de contexto fazem com que a previsão do futuro do aprendiz possa ser incerta. Já o modelo de Crenças consiste em um conjunto de crenças refletindo o grau de entendimento do aprendiz sobre um conceito em particular. Como o conhecimento do aprendiz muda, o modelo deve incorporar dinamicamente essas mudanças. Quanto mais efetivo for o modelo, maior o impacto sobre o modelo instrucional. O modelo de Crenças é interessante para ambientes ubíquos. Alguns desafios, portanto, devem ser tema de estudo. Em ambientes que se propõe a auxiliar o aprendiz a aprender qualquer coisa, determinar o grau de entendimento do aluno sobre um conceito em particular é um fator a ser considerado, bem como a adoção de técnicas para reconhecimento das alterações no modelo do aprendiz.

Brusilovsky (1996b) identifica características importantes do aprendiz que devem ser consideradas para adaptar processos educacionais: nível de conhecimento, metas,

experiências e preferências, além de características como estilos de aprendizagem, por exemplo. Entende-se que essas questões são válidas também em um cenário ubíquo, visto a dinamicidade que o ambiente apresenta. Além disso, considerando um ambiente ubíquo, o modelo de mobilidade e do contexto do aprendiz, são elementos importantes a serem considerados para compor seu perfil, uma vez que esses aspectos afetam diretamente a adaptação do processo de aprendizagem.

Outro aspecto importante são as características individuais que definem um aprendiz (BRUSILOVSKY, 1996b), tais como estilos cognitivos e de aprendizagem, por exemplo. Felder (1998) propôs os Estilos de Aprendizagem como um modelo pedagógico para auxiliar na aprendizagem, bem como, em 2004, um teste para determinar Estilos de Aprendizagem baseados no “Índice de Estilos de Aprendizagem de Richard M. Felder” (FELDER, 2004). O resultado é convertido em escalas (Sensorial, Intuitivo, Visual, Verbal, Ativo, Reflexivo, Sequencial, Global), representando as dimensões de aprendizagem do modelo de Felder. Estas características são válidas também em um cenário ubíquo. Nesse, uma aplicação educacional além de levar em conta as características variantes dos elementos do ambiente, deve considerar o modelo pedagógico do aprendiz.

Percebe-se, portanto, que o processo de ensino e aprendizagem em ambientes virtuais de aprendizagem é complexo. Em função disso, sistemas capazes de identificar o perfil cognitivo e de aprendizagem do aprendiz foram criados, tais como os Sistemas Tutores Inteligentes (STI) (VICCARI, 1996) e os Sistemas de Hiperídia Adaptativa (SHA) (BRUSILOVSKY, 1996b). Estes são sistemas que permitem o uso de estratégias de ensino e aprendizagem, mais precisamente na sua geração e seleção automática, adequando-se às necessidades de cada aluno, de forma adaptativa. Os STI surgiram no final da década de 70 como um avanço dos sistemas denominados *Computer Assisted Instruction* (CAI) e caracteriza-se pela incorporação de tecnologias de Inteligência Artificial no seu projeto e desenvolvimento. Devido às necessidades de adaptação, foi incorporada a tecnologia de agentes na modelagem de STI e nos ambientes educacionais de EaD usando este modelo, tais como exemplificam os trabalhos de (SOUZA, F. 1997), (DAMICO, 1999) e (GEYER, 2001). Os SHA unem os conceitos de Sistemas Hipertexto e Hiperídia com STI. O objetivo geral destes sistemas é prover os seus usuários com informações pertinentes e adequadas ao modelo de aluno. Desta forma, o sistema busca a organização do hiper-espço conforme as características pessoais do usuário. Sistemas como ELM-ART (BRUSILOVSKY, 1996a) e AdaptWeb (2001) são exemplos de SHA.

Os sistemas citados nos parágrafos acima não consideram o contexto e a mobilidade do aprendiz. Isso é natural uma vez esses sistemas tem o foco voltado para o aprendiz e seu ambiente virtual e não para a interação deste com o meio em seu entorno.

Diversos esforços têm sido realizados para se estabelecer vocabulários comuns de metadados, através da padronização de conjuntos de descritores, interpretados de forma única entre as diversas comunidades. Estes padrões promovem a interoperabilidade entre diferentes sistemas e comunidades. Organizações internacionais como IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*)¹⁰, IMS (*Instructional Management Systems*)¹¹ e ADL (*Advanced Distributed Learning*)¹² estão trabalhando em padrões de modelos de dados de forma que estes possam ser criados, armazenados, recuperados e

¹⁰ <http://lttf.ieee.org/>

¹¹ <http://www.imsproject.org/>

¹² <http://www.adlnet.gov/index.cfm>

usados pelos sistemas de EaD. Em função disso, é importante que o sistema considere o uso de padrões atualmente adotados para o desenvolvimento de ambientes virtuais de educação, facilitando assim extensões do sistema.

Dentre as especificações existentes de modelo aprendiz, PAPI (2001) e LIP (2001) destacam-se para representação de modelo de aprendiz. As informações da especificação *IEEE Public and Private Information Learner* - PAPI (2001) para representação das informações sobre aluno estão divididas em seis categorias principais. O padrão não define a forma de combinar essas categorias, além de ser possível que sistemas definam suas próprias extensões ou utilizem as categorias mais convenientes para a aplicação. A forma de armazenamento é critério da implementação. As categorias principais do padrão PAPI são as seguintes: (1) *Learner Personal Information*, para administração dos dados pessoais, como nome, endereço, telefone, e-mail, etc; (2) *Learner Relations Information*, para administração dos relacionamentos do aluno com outros usuários do sistema de EaD, como professores, tutores, outros alunos, etc; (3) *Learner Security Information*, para administração das informações de segurança como: senhas, chaves de criptografia públicas e privadas, biometria, etc; (4) *Learner Preference Information*, reporta a administração das preferências de interface homem-computador; (5) *Learner Performance Information*, administra o desempenho em cursos realizados, seu histórico, trabalhos atuais, etc; (6) *Learner Portfólio Information*, administra as experiências anteriores do aluno, descrevendo os trabalhos já realizados de forma a ilustrar e justificar as habilidades do estudante.

Na especificação *IMS Learner Information Package* (LIP) (2001), as informações do aluno são organizadas em onze categorias. Para cada categoria são associados os metadados: *referencial*, *temporal* e *privacy*. O primeiro contém a estrutura do identificador único do dado. O segundo as informações de tempo relacionadas com o dado, como data de criação, validade, etc, seguindo o padrão ISO 8601. O terceiro contém os dados relevantes para privacidade. Em LIP é descrito um esquema XML onde são definidos os elementos de dados, conteúdo, atributos e um arquivo DTD (*Document Type Definition*), com os elementos e conteúdos de uso em cada categoria. As categorias do padrão são as seguintes: (1) *Identification*, administra os dados demográficos e biográficos; (2) *Goal*, administra os objetivos; (3) *QCL (Qualifications, Certifications and Licenses)*, descreve qualificações, diplomas e certificados; (4) *Activity*, administra atividades relacionadas com estudo formal ou informal, já concluído ou em andamento; (5) *Transcript*, administra o histórico, por instituições, das realizações acadêmicas do aluno; (6) *Interest*, descreve os interesses e *hobbies*; (7) *Competence*, contém as habilidades, experiências e conhecimentos já adquiridos; (8) *Affiliation*, contém informações sobre membros de organizações profissionais; (9) *Accessibility*, administra dados sobre acesso informação, idioma e preferências (físicas, tecnológicas e cognitivas); (10) *Security key*, administra informação sobre segurança; e, (11) *Relationship*, contém os relacionamentos definidos entre o usuário e as demais informações da especificação (informações acima).

Trabalhos como Selene (2004) e Elena (2004) utilizam os padrões PAPI e LIP para representação do modelo do aprendiz. Esses padrões, por sua vez, não se preocupam em representar *como* a aprendiz aprende, mas sim *quem* é ele e *o que* ele sabe. Dessa forma, alguns trabalhos (COCCO, 2004), (MUSA, 2005) e (SELENE, 2004) passaram a incorporar outros elementos ao modelo do aprendiz, tais como seu estilo cognitivo e de aprendizagem (FELDER, 1988). Esses trabalhos, porém, não consideram a mobilidade e o contexto do aprendiz.

Entende-se que os padrões para representação de modelos de aprendiz podem ser utilizados em sistemas direcionados a Educação Ubíqua. Nesses sistemas, é comum o perfil do aprendiz ser representado através de ontologia (ver Apêndice B), utilizando assim uma linguagem padrão e interoperável. O trabalho de Yang (2006) representa o aprendiz a partir de uma ontologia que descreve suas informações pessoais, preferências, seu ambiente social, seus dispositivos, compromissos e localizações. No trabalho apresentado por Sakamura (2005), o modelo do aprendiz corresponde a informações sobre acessibilidade, interesses, níveis de conhecimento sobre um determinado assunto e seu histórico no ambiente. Entretanto, os trabalhos não detalham como o modelo é alterado. Ogata (2004) utiliza informações pessoais, interesses, ocupação e nível de conhecimento sobre determinadas expressões da língua portuguesa para representar o aprendiz. O modelo é representado em uma base de dados e alterado em função de sua interação com as expressões disponíveis no sistema.

Um modelo de perfil do aprendiz baseado no GlobalEdu, denominado PeLeP (*Pervasive Learning Profile*), está sendo desenvolvido por Levis (LEVIS, 2006) e aplicado ao ambiente LOCAL (BARBOSA, J. 2006), que propõe o uso local (em pequena escala) do GlobalEdu.

APÊNDICE A.2 Objetos de Aprendizagem

Em função da heterogeneidade dos sistemas e aplicações educacionais em ambientes virtuais de aprendizagem, surgiu a necessidade do desenvolvimento de conteúdo reusável. Surgem assim recursos educacionais construídos a partir de objetos de aprendizagem (OA). Com isso, a construção de conteúdo passou a utilizar uma estratégia metodológica de desenvolvimento orientado a objetos. O metadado de um objeto de aprendizagem descreve características relevantes que são utilizadas para sua catalogação em repositórios de objetos reusáveis, podendo ser recuperados posteriormente através de sistemas de busca ou utilizados através de sistemas de EaD para compor unidades de aprendizagem. Além da reusabilidade desses recursos, que possibilita incorporá-los em múltiplas aplicações, destacam-se também outros benefícios da catalogação de OA:

- acessibilidade: possibilidade de acessar recursos educacionais em um local remoto e usá-los em diversos locais;
- interoperabilidade: possibilidade de utilizar componentes desenvolvidos em um local, com algum conjunto de ferramentas ou plataformas, em outros locais com outras ferramentas e plataformas;
- durabilidade: uso dos recursos educacionais mesmo quando a base tecnológica muda, sem re-projeto ou recodificação.

Vários esforços estão sendo feitos para criação de padrões de representação de conteúdos entre ambientes e serviços voltados para suporte ao ensino e à aprendizagem. Consórcios como ARIADNE¹³, IMS¹⁴, ADL/SCORM¹⁵, IEEE/LTSC/LOM¹⁶ e DC¹⁷, têm grupos trabalhando na elaboração de propostas para estruturação e catalogação

¹³ Alliance of Remote Instructional Authoring & Distribution Network for Europe <http://www.ariadne-eu.org/>

¹⁴ IMS Global Learning Consortium <http://www.imsproject.org/>

¹⁵ Advanced Distributed Learning/ Sharable Courseware Object Reference Model <http://www.adlnet.org/>

¹⁶ Learning Technology Standard Committee/Institute of Electrical and Electronics Engineers/Learning Object Metadata <http://ltsc.ieee.org/>

¹⁷ Dublin Core <http://dublincore.org/>

(metadados) de conteúdo na forma de objetos de aprendizagem. Conforme Simon (2002), dos padrões citados, IEEE/LOM, ARIADNE e ADL/SCORM são os que mais colaboraram na especificação de metadados para EaD. Atualmente, os padrões IEEE/LOM e ADL/SCORM são os mais utilizados, em função da ampla aceitação e características de suas especificações.

O *Learning Object Metadata* (LOM) definido pelo IEEE foi criado a partir das propostas IMS e ARIADNE. Além disto, LOM utiliza DC como base para estrutura descritiva de alguns elementos. O padrão LOM tem como características relacionadas ao metadado de objetos educacionais: (1) a especificação de uma sintaxe e semântica para metadados de através de DTD/XML; (2) possui um conjunto mínimo de atributos para gerenciamento, localização e avaliação e (3) provê atributos que adequadamente descrevem o objeto. Buscando a padronização das propriedades que descrevem cada objeto educacional, as especificações definem esquemas básicos (*BaseSchemes*), cujo princípio é reunir os principais elementos comuns entre os objetos educacionais. Este esquema pode ser estendido para outros esquemas derivados de acordo com necessidades específicas. Os esquemas são estruturas hierárquicas que determinam quais são as propriedades associadas a um objeto educacional, especificando, para cada uma o seu tipo, domínio e obrigatoriedade. Os metadados que descrevem estes objetos são definidos em termos de propriedades e valores. Cada objeto possui um conjunto de propriedades a ele relacionadas como: assunto, data de criação, etc. Uma instância específica deste objeto possui valores para cada propriedade.

A norma especifica nove categorias para descrição de objetos educacionais, não sendo obrigatório o uso de todas as categorias. Desta forma, sistema podem utilizar somente um sub-conjunto delas. A estrutura geral do esquema básico, portanto, é dividida nas seguintes categorias: (a) *General* – dados de identificação, chaves de acesso, delimitação do domínio, descrição do conteúdo e da estrutura; (b) *LifeCycle* – dados para controle e documentação do ciclo de vida do documento; (c) *MetaData* – referências à origem e estrutura dos metadados; (d) *Technical* – dados técnicos, tais como: formato, tamanho, requisitos de sistema operacional, duração, etc.; (e) *Educational* – elementos de descrição pedagógica do recurso, tais como: abordagem, nível de interatividade, pré-requisitos, objetivo educacional, grau de dificuldade, tempo esperado de trabalho, etc; (f) *RightsManagement* – dados referentes às condições de uso do produto e eventualmente valores a serem pagos pelo uso do recurso; (g) *Relation* – características do recurso em relação a outros recursos; (h) *Annotation* – comentários referentes ao uso educacional do produto.

De outra forma, o padrão ADL/SCORM (ADL, 2004) especifica como o usuário pode construir objetos educacionais por agregação dos níveis especificados, qual o tipo destes objetos e como eles podem ser organizados e interagir com um sistema de EaD. Os recursos educacionais são agrupados em pacotes, possuindo um arquivo que descreve seu conteúdo e como deve ser utilizado. As informações são armazenadas em um Modelo de Dados (*Data Model*) que padroniza a comunicação entre os pacotes e os ambientes. A comunicação entre os pacotes e o ambiente educacional é feita através de uma API¹⁸. O Modelo de Dados foi criado para permitir que diferentes sistemas de EaD possam processar e manipular um conjunto definido de informações provenientes de qualquer SCO (*Sharable Content Object* – SCO). Desta forma, o modelo de dados é um protocolo para possibilitar a comunicação entre SCOs e Sistemas de EaD de forma

¹⁸ *Application Program Interface*

inteligível (ADL, 2004). Utiliza-se o modelo de dados criados pela AICC¹⁹. O Modelo de Agregação de Conteúdo de SCORM define a forma como os conteúdos de ensino devem ser criados e agrupados, possuindo três componentes: Modelo de Conteúdo, Metadado e Empacotamento de Conteúdo.

No primeiro é mapeado em três componentes de especificação de conteúdo que provêm a ligação entre as especificações gerais do metadado com o modelo específico de conteúdo. Estes três elementos são considerados níveis de granulosidade de SCORM, sendo estes: (1) o menor nível (*assets*); (2) um conjunto de um ou mais *assets* (SCO), incluindo um mecanismo de comunicação com ambientes de EaD, e (3) organização dos recursos (*Content Agregation*).

O segundo corresponde a forma de possibilitar a consulta ao conteúdo de cada componente. Este é descrito respeitando a especificação LOM e utiliza o IMS *Data Specification* para armazenar as informações em XML.

O terceiro componente, o Empacotamento de conteúdo, é um conjunto de regras e normas para a organização de conteúdos educacionais em pacotes, facilitando assim sua transferência. Documentos XML descrevem os pacotes, que são armazenados em arquivos do tipo PIF – *Package Interchange File*, facilitando sua distribuição na web.

O padrão SCORM é um padrão bastante completo, sendo utilizado em trabalhos como o de Rheinheimer (2004) e Kratz (2006). De uma forma geral, SCORM tem como base o padrão LOM, agregando a este um modelo de agregação de objetos educacionais.

Considerando sistemas educacionais direcionados a Educação Ubíqua, algumas propostas também se utilizam de objetos de aprendizagem para representar o conteúdo a ser manipulado pelo aprendiz. A arquitetura do sistema LIP (*Learning in Process*) (SCHMIDT, 2005) prevê um gerenciador de objetos de aprendizagem onde a API padrão do SCORM foi estendida para disponibilizar aos objetos de aprendizagem, em tempo de execução, acesso direto à informação do contexto. O trabalho apresentado por Sakamura (2005) não utiliza objetos de aprendizagem, uma vez que utiliza uma arquitetura proprietária e é voltado para sistemas “embarcados”. Da mesma forma, as redes de aprendizagem SeLeNe (2004) e ELENA (2004) utilizam LOM como padrão para objetos de aprendizagem. Embora possam dar suporte a outros padrões, como SCORM. Uma das razões para uso do LOM é que esses sistemas têm como objetivo auxiliar na busca de objetos de aprendizagem em repositórios da rede, preocupando-se em oferecer *o que* aprender, sem deter-se em *como* aprender. Observa-se, portanto, a tendência de sistemas abertos e com suporte ao acesso em larga escala utilizarem objetos de aprendizagem e padrões que os representam.

Conforme Rigaux (2003) e Tarouco (2003), o padrão IEEE/LOM (2002) possui ampla aceitação e é suportado por vários sistemas de EaD. Segundo Simon (2002), constitui o mais compreensível e utilizado padrão para descrição de objetos educacionais. Ainda segundo Simon, LOM possui um esquema genérico, que pode ser estendido conforme necessidade específica. Através de categoria específica (*Educational*) permite descrever os aspectos pedagógicos de objetos educacionais. Desta forma, apresenta-se como um padrão mais genérico, servindo como base para outros padrões. O padrão SCORM, embora venha se confirmando como um padrão amplamente usado e aceito, tem seu modelo de metadados baseado no LOM. Além disso, o SCORM assume que os conteúdos de aprendizagem serão desenvolvidos para

¹⁹ *Aviation Industry CBT Committee*

web. Em função da heterogeneidade de tecnologias de interconexão não é possível considerar que os conteúdos estarão somente disponíveis para acesso *on line*. Assim, no GlobalEdu os conteúdos educacionais podem ser acessados também *off line*. Desta forma, o padrão LOM foi inicialmente escolhido para dar suporte ao GlobalEdu, embora pesquisas futuras possam disponibilizar o acesso a outros padrões.

APÊNDICE A.3 Agentes

Diversas definições são propostas para o termo “agente” e ainda não existe uma completamente aceita pela comunidade científica. Dentre as propostas existentes, a formulada por Ferber (FERBER *apud* SICHMAN, 1992) sintetiza os principais aspectos relevantes nesta abordagem: “Um agente é uma entidade real ou virtual que está imersa em um ambiente onde pode realizar algumas ações, que está apto a perceber e representar parcialmente este ambiente, e a comunicar-se com os outros agentes e que possui um comportamento autônomo que é consequência de suas observações, seu conhecimento e suas interações com os demais agentes”.

Alvarez (1997) define alguns conceitos complementares que auxiliam a interpretação da idéia apresentada por Ferber. Para ele, os agentes são entidades ativas que compõem o sistema. Um conjunto de agentes constitui uma sociedade. As entidades passivas são designadas pelo termo ambiente. O termo interação designa as trocas de informações possíveis que ocorrem entre os agentes. O conceito de organização exprime as restrições aplicadas aos agentes de uma sociedade, constituem os meios pelos quais se garante que um agente desejará e realizará o que deve ser feito em um momento adequado.

Para Russel (1995), um agente consiste em uma entidade que pode perceber seu ambiente mediante sensores e que responde ou atua nesse ambiente através de efetadores. Para Shoam (1997), um agente de software é uma entidade que funciona de forma autônoma, isto é, sem a intervenção constante de uma pessoa, e continuamente em um ambiente particular sempre habitado por outros agentes e processos. FIPA (*Foundation for Intelligent Physical Agents*) define agente como uma entidade que reside em um ambiente onde interpreta dados através de sensores, que refletem eventos no ambiente e executam ações que produzem efeitos no ambiente (FIPA, 2004). Já Wooldridge (1995) define agentes como “*programas propriamente capazes de controlar suas próprias tomadas de decisão e atos, baseados na sua percepção do ambiente, em busca de um ou mais objetivos*”. Wooldridge destaca ainda as seguintes características para um agente:

- **Autonomia:** podem agir baseados em seus próprios princípios, sem a necessidade de intervenção humana. Possuem algum tipo de controle sobre suas ações e seu estado interno, visando sempre o alcance de suas metas;
- **Habilidade social:** interagem com outros agentes através de algum tipo de linguagem de comunicação;
- **Reatividade:** devem possuir a habilidade de perceber e responder às mudanças ocorridas em seu ambiente;
- **Pró-atividade:** denominada também como iniciativa, representa um comportamento dirigido por objetivos. Assim, os agentes não devem,

simplesmente, responder ao seu ambiente, mas sim serem capazes de exibir comportamento oportuno dirigido a metas e tomar iniciativas apropriadas.

Costa (1999) apresenta a mobilidade, cooperação e aprendizagem como características que podem ser interessantes para um agente. A mobilidade é capacidade que permite que os agentes se transportem e executem suas atividades em outras máquinas. A cooperação possibilita aos agentes concluírem tarefas de interesse comum. É a base dos sistemas multiagentes. Já a aprendizagem pode ser traduzida pela capacidade de *aprender*. Característica fundamental em *agentes inteligentes*, contribuindo diretamente para a autonomia do agente. Somente através da aprendizagem um agente adquire a capacidade de avaliar as variações de seu ambiente e escolher uma ação mais apropriada.

No entanto, é importante observar que um sistema não precisa implementar todas as características descritas para ser considerado um agente. As características influem diretamente nos comportamentos do agente e podem ser implementadas ou não de acordo com a necessidade.

Uma abordagem para o desenvolvimento de agente consiste em definir que arquitetura de agente o mesmo representa. Esta área aborda o projeto e a construção de agentes do ponto de vista interno. Sichman (1992) classifica os agentes em duas categorias principais: reativos e cognitivos, devido as suas diferentes capacidades. Já segundo Wooldridge (1995), a arquitetura de um agente é tradicionalmente divididas em três classes:

- Agentes deliberativos. Utilizam a abordagem simbólica da Inteligência Artificial e possuem como componentes básicos um modelo simbólico do ambiente, uma especificação simbólica das ações disponíveis e um algoritmo de planejamento. Este último possui como entradas os dois anteriores juntamente com a representação de um estado de objetivo, produzindo assim, um plano (um programa) que especifica como o agente deve agir para alcançar sua meta. É comum a caracterização do estado de agentes deste tipo em termos *mentalísticos* baseados em noções como crenças, desejos e intenções (arquitetura BDI - *Beliefs, Desires and Intentions*). As crenças correspondem as informações que o agente possui a respeito do ambiente, os desejos podem ser considerados como as tarefas diretamente relacionadas ao agente e as intenções correspondem os desejos que de fato são executados de forma a atingir o objetivo;
- Agentes reativos. Esses agentes são projetados como um conjunto de tarefas executadas por comportamentos, a partir de supressão ou estímulo de ações. Apesar de simples isoladamente, os agentes reativos tem sua força no trabalho em grupo, o que possibilita que realizem tarefas mais complexas. Segundo Alvarez (1997), como esse tipo de agente possui como características a inexistência de representação explícita do conhecimento, de representação do ambiente, de memória das ações, além de organização etológica. Sistemas reativos possuem geralmente um grande número de agentes (dezenas, centenas ou até milhares);
- Agentes Híbridos - Arquitetura mais recente que procura conciliar as técnicas empregadas nas mencionadas anteriormente.

Atualmente surgiram outras denominações como os agentes de software e os agentes pedagógicos. Em geral, a arquitetura de um agente põe ao alcance dos programas as

percepções obtidas mediante os sensores, para executá-los e alimentar o efetuator com as ações elegidas pelo programa, conforme estas vão se gerando. Nos diversos tipos de agentes e de ambientes, a relação existente entre eles consiste em elemento comum: o agente atua sobre o próprio ambiente, que, por sua vez, fornece percepções ao agente. O ambiente é caracterizado por tudo que envolve o agente, podendo, também ser modelado como um agente. Verifica-se, ainda, que o ambiente é constituído pela dispersão do controle, dos dados e do conhecimento na comunidade de agentes.

Com relação a estrutura cognitiva, a utilizada neste trabalho está baseada em Shoam (1993). Shoam descreve modalidades de estados mentais: crenças, compromissos e capacidades. As crenças representam o conhecimento que os agentes possuem sobre o estado do ambiente. As crenças são expressas na forma de regras de produção, sendo o formalismo utilizado para representar o conhecimento do agente. O sistema de inferência para interpretar as regras faz parte das operações dos agentes na consulta e atualização da base de conhecimento. As regras utilizam a sintaxe:

```
IF cond_1 AND cond_2 AND...
  THEN action_a AND action_b AND ...
```

Onde as *cond* são fatos do tipo objeto - atributo - valor e *action* são as ações do agente perante estas condições. A revisão de crenças acontece na mudança das crenças do agente, sendo esta uma ação que faz parte das capacidades do agente, onde este atualiza a base de dados com novas informações geradas. Nesse caso, o raciocínio do agente pode ser por encadeamento inverso ("*backward chaining*") ou por encadeamento direto ("*forward chaining*"). No primeiro, também chamado orientado por objetivos ("*goal-driven*"), o processo inicia-se com a resolução de um determinado objetivo ("*goal*") e o mecanismo de inferência pesquisa outras regras cujas pré-condições sejam agora satisfeitas pela nova base de dados. No segundo, também chamado de ativado pelos dados ("*data driven*"), quando a execução de uma regra ou a aquisição de um fato novo atualizam a base de dados, o mecanismo de inferência pesquisa outras regras cujas pré-condições sejam agora satisfeitas pela nova base de dados. Deste modo a execução de uma regra desencadeia a execução de outra regra ao modificar a base de dados

Os compromissos são acordos comunicados por outros agentes, através de mensagens, para executar ações particulares em um determinado tempo. De acordo com a mensagem recebida o agente executa um conjunto de ações específicas para realizar seus compromissos.

As capacidades são as ações que o agente pode executar e a comunicação com os demais agentes do ambiente. A capacidade é utilizada pelo agente para associar uma ação com pré-condições necessárias para realizar esta ação. As ações são o resultado dos compromissos do agente. Para determinar o curso de uma ação são utilizadas regras de comportamento (SHOAM, 1993), que podem ser vistas conforme o formato WHEN-IF-THEN. A parte WHEN da regra determina a mensagem recebida dos outros agentes. O IF compara o estado corrente com as condições requeridas para que a regra seja aplicada. O THEN define as ações do agente e mudanças mentais executadas em resposta ao evento corrente, modelo mental e ambiente externo. Também inclui a revisão das crenças do agente.

Um dos aspectos importantes na estrutura de um agente é a comunicação. Essa habilita os agentes a coordenar suas ações e comportamentos, resultando em sistemas mais coerentes. Padrões de linguagens de comunicação facilitam a criação de softwares interoperáveis, justamente pelo fato de desvincular a lógica interna do agente da sua

interface. Nesse sentido, foram definidos os componentes de uma linguagem de comunicação para agentes chamada ACL (*Agent Communication Language*) (RUSSEL, 1995). Assim, surgiram linguagens como *KQML (Knowledge Query and Manipulation Language)* e FIPA-ACL. Esses se constituem de um formato de mensagem e também de um protocolo para prover compartilhamento de conhecimento na execução dos agentes. São baseados em “performativas”, o qual definem os “atos de fala” que os agentes podem usar para desenvolver modelos de alto nível e interação entre agentes. A arquitetura básica para compartilhamento de conhecimento através de uma classe especial de agentes chamados de facilitadores de comunicação, que coordena a interação de outros agentes. Desta forma, a comunicação entre os agentes pode ser realizada por dois métodos distintos: Envio de Mensagens e *Blackboard*.

Na comunicação através de Envio de mensagens, a troca de informação entre os agentes é realizada por meio de mensagens, que obedecem a um formato comum e bem definido, necessariamente perceptível por todos os agentes. O agente receptor da mensagem efetua a leitura desta, e de acordo com a informação presente e o seu próprio conhecimento, determina as ações a executar, que podem implicar o envio de novas mensagens. O agente emissor de uma mensagem pode, para a sua divulgação aos outros agentes, fazer uso de mecanismos de endereçamento direto, difusão local ou difusão global.

Na comunicação por *Blackboard*, os agentes comunicam-se pela escrita e leitura de informação numa estrutura partilhada, denominada *blackboard*. Quando determinado item de informação presente no *blackboard* é importante para um agente, este lê essa informação e executa as ações que considera adequada, de acordo com o seu conhecimento próprio.

APÊNDICE A.4 Agentes Pedagógicos

Conforme Shaw e Johnson (1999), o termo agente pedagógico é usado para denominar os agentes que são projetados para prover aprendizagem humana, interagindo com os estudantes a fim de facilitar a aprendizagem. Já Giraffa (1999) conceitua agentes pedagógicos como entidades que estão ligadas a um ambiente multiagente onde existe uma sociedade de agentes que compõem um sistema de ensino e aprendizagem. Eles possuem um conjunto de regras que determinam os objetivos de ensino e os planos para atingi-los. Segundo Vassileva (2001), os agentes são considerados pedagógicos quando desempenham tarefas e/ou atividades em aplicações voltadas para suporte ao processo de ensino e de aprendizagem. Já Shaw (1999), os agentes pedagógicos procuram atingir objetivos pedagógicos, objetivos de comunicação e objetivos de tarefa.

Portanto, os agentes pedagógicos visam promover e auxiliar a aprendizagem do aprendiz em ambientes de aprendizagem dinâmicos. Os agentes pedagógicos possuem objetivos de aprendizagem, e procuram oportunidades para atingir tais objetivos, enquanto dão aos aprendizes o controle significativo sobre sua própria aprendizagem. Esta abordagem tem vantagens porque o controle do aprendiz auxilia na motivação do próprio aprendiz. Uma outra vantagem da aprendizagem baseada em agentes pedagógicos é que eles são facilmente extensíveis e podem ser ajustados aos objetivos de aprendizagem de múltiplos aprendizes, facilitando o trabalho em equipe e a aprendizagem colaborativa. Finalmente, quando utilizada uma abordagem com interfaces personalizadas, os agentes podem explorar a tendência dos usuários atribuir características sociais por meio do computador. Os agentes pedagógicos são, portanto,

um domínio propício para se explorar e modelar aspectos sociais da interação humana com o agente.

A razão fundamental para introduzir agentes como elementos de tutoria de conhecimentos é sua capacidade de comunicação e interação (os agentes podem adaptar-se, aprender durante a sessão instrucional). Essas características são fundamentais para que os agentes sobrevivam num ambiente educacional. Assim, segundo Giraffa (1999), os agentes pedagógicos podem atuar como tutores, estudantes, aprendizes, e companheiros virtuais, que ajudam os estudantes no processo de aprendizagem. O agente pode ter um "caráter" ao qual podem ser atribuídos estados mentais.

Portanto, os agentes pedagógicos têm como objetivo principal contribuir para uma aprendizagem efetiva do aprendiz, adaptando suas interações instrucionais às necessidades dos aprendizes e ao estado atual do ambiente de aprendizagem. Com isso, ajudam os aprendizes no aproveitamento das oportunidades de aprendizagem e em suas dificuldades. Para atingir seus objetivos, os agentes pedagógicos podem guiar o aluno durante a interação com o sistema; monitorar as atividades do aluno, fornecendo auxílio em situações críticas; registrar informações necessárias à modelagem do perfil do aluno; motivar o aluno a aprender; prover interatividade ao sistema, oferecendo aos alunos a idéia de ter um amigo tutor que lhes fornecerá ajuda.

Os agentes pedagógicos podem ser considerados, segundo Giraffa (1999), como *tutores*, quando destinados ao ensino dirigido ao aluno; *assistentes*, quando colaboram com a aprendizagem do aluno; *agentes na Web*, quando destinados a uma aplicação de ensino na Internet e, *agentes mistos*, que ensinam e aprendem. Considerando que o objetivo dos ambientes ubíquos é adaptar-se ao usuário, é importante que o aprendiz seja auxiliado por um agente pedagógico, auxiliando e acompanhando o aprendiz no ambiente.

Considerando a classificação proposta por Giraffa, o agente proposto no GlobalEdu, denominado AP, é concebido como um agente pedagógico do tipo Assistente. Esse tem como objetivo auxiliar o aprendiz na interação com o ambiente ubíquo, intervindo para auxiliar na percepção do ambiente ubíquo e do processo de aprendizagem. O agente acompanha o aprendiz, suportando suas necessidades educacionais nas diferentes localizações que ele se encontra, considerando diferentes sistemas de apresentação. O agente representa o aprendiz no ambiente e conhece seu perfil, o conteúdo que o aprendiz está manipulando e o seu contexto.

Entende-se que o cenário da Educação Ubíqua é amplo e bastante heterogêneo, sendo, portanto, desejável que o aprendiz tenha instrumentos que o auxiliem nos processos educacionais. Além disso, uma vez que o GlobalEdu tem como premissa uma aprendizagem autônoma e independente de uma situação formal de aprendizagem, a figura de um agente pedagógico é essencial para uma boa interatividade do aprendiz com o ambiente. Assim, uma vez acessando a rede GlobalEdu, o aprendiz tem a sua disposição o Agente Pedagógico (AP) que o auxilia no acesso aos recursos do sistema e no seu processo educacional.

APÊNDICE B ONTOLOGIA E REPRESENTAÇÃO DE CONTEXTO

Esta seção apresenta um estudo sobre ontologia realizado para desenvolvimento desta Tese. Além disso, aborda o uso de uma ontologia para representar contexto aplicado a um protótipo de uma aplicação consciente do contexto do aprendiz desenvolvido por Steimetz (2006) sob a orientação da autora desta Tese. O protótipo desenvolvido, bem como a ontologia utilizada, serviram para amadurecer o modelo de ontologia proposto no GlobalEdu.

APÊNDICE B.1 Conceitos

Segundo Gruber (1996), uma ontologia “é uma especificação explícita de uma conceitualização, onde suas definições associam nomes de entidades do universo de discurso (classes, relações, funções, etc) com textos que descrevem o que os nomes significam e os axiomas formais que restringem a interpretação e o uso desses termos”. No entanto, essa definição não é consenso entre os pesquisadores. Guarino (1998) entende que termo *conceitualização* utilizado por Gruber não define perfeitamente o que representa uma ontologia. Para ele, uma conceitualização é um grupo de relações extensionais (enumeração de todas as espécies que são do mesmo nível de abstração) descrevendo um “estado das coisas” particular. Enquanto a noção que temos em mente é uma relação intencional, isto é, uma lista de características do conceito, nomeando algo como uma rede conceitual a qual se superpõe a vários possíveis “estados das coisas”. Para Brost (1997) uma ontologia “é uma especificação formal e explícita de uma conceitualização compartilhada”. Na qual, trata *formal* com um significado de legível por computadores; *especificação explícita*, como referente a conceitos, relações, funções, restrições, axiomas, explicitamente definidos; *compartilhado* como um conhecimento consensual e *conceitualização* representando um modelo abstrato de algum fenômeno do mundo real. A definição proposta por Brost (1997) é considerada simples e completa para determinar as características fundamentais de uma ontologia. Essa definição é utilizada nesta Tese.

No campo da Ciência da Computação as ontologias vem sendo utilizadas para organizar e representar informações, de forma que sejam facilmente reutilizadas. Elas permitem que conceitos possam ser organizados e relacionados a um domínio específico. Assim, as entidades e relações contidas nesse domínio, passam a serem tratadas sob um vocabulário específico, com termos englobando os elementos que estão contidos no universo de conhecimento representado.

APÊNDICE B.2 Uso de ontologias em sistemas educacionais conscientes de contexto

O uso de ontologia para representar contexto em ambientes voltados para Educação Ubíqua é proposto por Schmidt (2005) e Yang (2006). O primeiro usa ontologias para representar o aprendiz, seu ambiente, o conteúdo e os serviços disponíveis para ele. Todas essas informações compõem o perfil do aprendiz, uma vez que no sistema LIP – *Learning in Process*- proposto pelo pesquisador, as informações de contexto constituem-se de informações sobre os aprendizes. Dessa forma, o sistema utiliza ontologia para representar o aprendiz, a partir da ontologia GUMO (HECKMANN, 2005). Além disso, o sistema propõe uma ontologia para representação dos serviços disponíveis para manipulação da ontologia do aprendiz. Em Yang (2006) apresenta um sistema para colaboração em ambientes conscientes do contexto aprendiz. Nesse caso, a ontologia é utilizada para descrição de informações contextuais como localização, tempo, dispositivo, preferências, etc. No trabalho são propostos dois tipos de ontologia: ontologia do aprendiz e ontologia do serviço. A primeira contém os perfis do aprendiz, assim como suas preferências pessoais, calendário e localização. A segunda contém o perfil do serviço como uma entrada, saída, condição e o efeito da execução do serviço.

APÊNDICE B.3 Classificação e características de ontologias

As ontologias podem ser classificadas em diferentes tipos de acordo com sua utilização e objetivo específico. No entanto, todas possuem componentes em comum em sua estrutura (GRUBER, 1996), tais como classes (entidades organizadas de forma taxonômica), relações (interações entre os conceitos de um domínio), axiomas (usados para definir sentenças, regras sempre verdadeiras) e instâncias (representam elementos específicos, os dados propriamente ditos). A classificação também pode ser com base em sua função ou conteúdo (USCHOLD, 1996), a saber:

- Ontologias genéricas. Utilizadas para representar teorias básicas do mundo. Incluem um vocabulário relacionado a espaço, tempo, matéria, eventos, ação, objetos, casualidades, etc. São independentes de um problema ou domínio em particular, e aplicáveis a qualquer domínio de conhecimento de sendo comum;
- Ontologias de domínio. São construídas para serem utilizadas em um espaço específico, expressam conceitos de domínio particular como, por exemplo, medicina biologia, modelagem de processos de software. Geralmente são reutilizáveis, fornecem um vocabulário sobre conceitos, relacionamentos e regras;
- Ontologias de tarefas. Descrevem uma tarefa ou atividade específica, como por exemplo, diagnósticos médicos, através da inserção de termos especializados na ontologia. Fornece um vocabulário sistematizado, especificando tarefas;
- Ontologias de Aplicação. São utilizadas para modelar o conhecimento em uma aplicação específica, contém as informações necessárias para a definição dessa aplicação. Descrevem conceitos relevantes, ao mesmo tempo, a um domínio específico e um conjunto de tarefas em particular.

APÊNDICE B.3 Metodologia e Ferramenta de Edição para construção de ontologias

A construção de ontologias possui uma diversidade de abordagens e critérios de desenvolvimento distintos (NOY; GUINNES, 2001). Os passos mais tradicionalmente

utilizados na construção de ontologias são apresentados a seguir (PROTÉGÉ *apud* STEIMETZ, 2006):

- Determinar o escopo e o domínio da ontologia. É necessário determinar o que se pretende atingir com a ontologia construída, definindo que questões podem ser esclarecidas ao usuário através dessa ontologia;
- Pesquisar sobre ontologias já existentes. É importante verificar se a ontologia que se pretende construir já existe. Caso exista é plausível analisar a possibilidade de expandi-la ou até mesmo redefini-la. Reutilizar uma ontologia já existente pode ser interessante na interação ou construção de sistemas que se enquadram em uma mesma aplicação;
- Definição de classes, hierarquia e propriedades. Procura-se determinar quais termos definem objetos que possuem independência entre si. Esses termos são provavelmente as classes da ontologia, as quais se farão as principais referências na hierarquia. A seguir, defini-se a taxonomia através da identificação de instâncias entre as classes. Outros termos relevantes do domínio, que não são tratados como classes, mas dispõe-se a responder questões referentes à ontologia, podem ser definidos como atributos ou relações das classes (*slots*). A partir de então, novas classes podem surgir pelo agrupamento de subclasses de classes já existentes. Estas herdam todas as relações da superclasse a quais se relacionam. A figura abaixo apresenta um exemplo de hierarquia de classes.

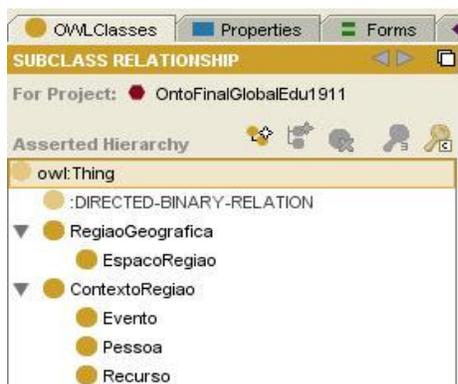


Figura APÊNDICE B.1: Exemplo de hierarquia de classes

- Determinar instâncias e restrições entre as relações. É possível criar uma instância individual para cada classe não abstrata da ontologia (classes abstratas não possuem instância), considerando os devidos valores de relações e possíveis restrições definidas. Os atributos podem apresentar diferentes restrições para descrever seus valores, permissões, propriedades, etc. Um desses elementos corresponde a cardinalidade do atributo, que define a quantidade de valores que um atributo pode receber. Pode ser tratada como cardinalidade simples (apenas um valor) e múltipla (mais que um valor). Alguns sistemas podem tratá-la ainda, como cardinalidade mínima e máxima, para representar os valores de um atributo de forma precisa. Outro elemento corresponde ao tipo do atributo. Os mais utilizados são: *String*: uma seqüência de caracteres (string); *Number*: atributos com valores numéricos; *Booleanan*: atributos de valores verdadeiro ou falso; *Enumerated*: uma lista específica de valores definidos e *Instance*: define os relacionamentos entre atributos. A figura abaixo apresenta um exemplo de definição de instâncias e atributos.

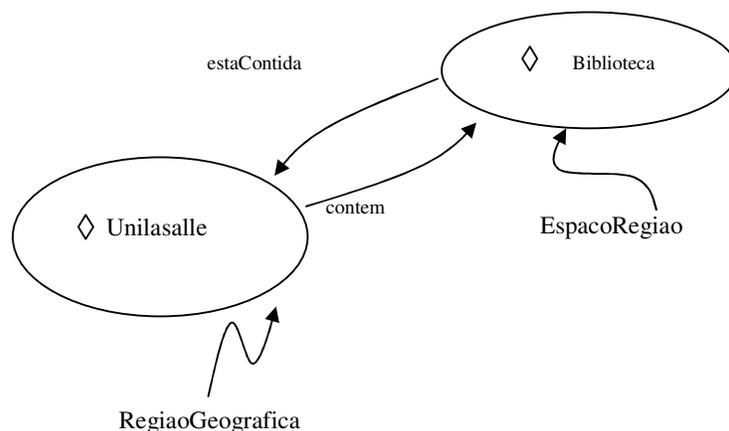


Figura APÊNDICE B. 2: Exemplo de definição de instâncias e atributos

Após a execução das etapas previstas na construção da ontologia, parte-se para seleção de uma ferramenta que permita a manipulação adequada dessas informações. A ferramenta Protégé-2000 foi escolhida para ser utilizada na modelagem do contexto no GlobalEdu em virtude da sua grande aceitação e por proporcionar interação relativamente simples. Uma das vantagens da ferramenta, e que também influenciou na sua escolha, é permitir a inserção de novas funcionalidades através da adição de *plugins*.

A ontologia pode então ser representada em OWL (*Ontology Web Language*), linguagem baseada em XML (*Extensible Markup Language*), padrão que permite definir a aparência e estrutura de documentos. A OWL é uma revisão da linguagem DAML+OIL (*DARPA Agent Markup Language - Ontology Inference Layer*), e faz parte da lista de linguagens recomendadas pela W3C (*World Wide Web Consortium*) (W3C, 2004) para representar conteúdos direcionados à Web Semântica - representação de dados na Web. A utilização de OWL é indicada quando as informações da ontologia necessitam ser processadas pela aplicação, e não apenas apresentadas ao usuário. Através da linguagem OWL é possível representar-se explicitamente os termos em vocabulários e as relações existentes entre os mesmos (W3C, 2004). A linguagem fornece suporte a metadados RDF, abstrações de classes, generalização, agregação, relações de transitividade, simetria e detecção de inconsistências.

A estrutura encontrada em um arquivo OWL possui elementos característicos, alguns desses descritos a seguir (W3C, 2004):

- **Versão e Namespaces:** necessários para indicar que vocabulários específicos estão sendo utilizados na ontologia. *Namespaces* são identificadores únicos dos elementos, atuam como um qualificador para um conjunto específico de nomes. As informações prefixadas com OWL referem-se a itens definidos em uma *namespace*. A figura abaixo ilustra a declaração de versão e *namespace* em OWL;

```

?xml version="1.0"?>
<rdf:RDF
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:j.0="http://protege.stanford.edu/plugins/owl/protege#"
  xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"
  xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
  xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#"

```

Figura APÊNDICE B.3: Identificação de versão e *namespace* em OWL

Fonte: (STEIMETZ, 2006)

- **Headers:** convém em uma ontologia fornecer informações sobre ela própria. O *header* permite a inclusão dessas informações, como por exemplo, comentários, controle de versão, ou até mesmo, a inclusão de outras ontologias.

Após os elementos que formam a estrutura inicial do documento OWL, têm-se a representação das classes, subclasses, instâncias e atributos. Considerando-se que os atributos são divididos, na ontologia, em dois tipos: *Datatype property*, associa indivíduos a valores de dados, e *Object Property*, associa indivíduos a outros indivíduos. Todos esses elementos estão ilustrados na figura abaixo.

```

<subRegiao rdf:ID="Onto-09-05_Instance_20006"> → Classe
  <ipFinal rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
  >10.1.1.3</ipFinal>
  <nome rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
  >biblioteca</nome> <ipInicial
rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
  >10.1.1.2</ipInicial>
<possuiContexto> → Associa a Classe ContextoSocial à Classe SubRegiao
  (<OWL:Class rdf:ID="subRegiao"/> <OWL:ObjectProperty rdf:ID="possuiContexto">)
  <Recurso rdf:ID="Onto-09-05_Instance_20014"> → SubClasse da Classe ContextoSocial
  <objetivo rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
  >java</objetivo> → Atributo (Valores de dados)
  <tipo rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
  >educacional</tipo>
  <identificador rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int"
  >111</identificador>
  <descricao rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
  >livroJava</descricao>
  <nome rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
  >livro</nome> → Livro é uma Instância de Recurso
  </Recurso>
  </possuiContexto>
</subRegiao>

```

Figura APÊNDICE B.4: Elementos do *header* OWL

Fonte: (STEIMETZ, 2006)

APÊNDICE C ASPECTOS DE AVALIAÇÃO DO GLOBALEDU

APÊNDICE C.1 Questionário aplicado na avaliação do GlobalEdu junto ao ISAM

Questionário

Este questionário tem como objetivo avaliar as funcionalidades do sistema. Assinale somente uma alternativa para as perguntas abaixo.

Qual sua avaliação sobre:

- 1) ser avisado sobre a informação sobre outras pessoas que fazem parte do contexto e estão relacionadas com seu perfil?
 5-Excelente 4-Bom 3-Satisfatório 2-Fraco 1-Muito Fraco 0-sem opinião
- 2) ser avisado sobre a palestra que ocorrerá na localização, bem como outros eventos relacionados com seu perfil?
 5-Excelente 4-Bom 3-Satisfatório 2-Fraco 1-Muito Fraco 0-sem opinião
- 3) a adequação da informação referente à presença de outros usuários na localização?
 5-Excelente 4-Bom 3-Satisfatório 2-Fraco 1-Muito Fraco 0-sem opinião
- 4) a adequação do sistema para auxiliar no aprendizado de algum conteúdo?
 5-Excelente 4-Bom 3-Satisfatório 2-Fraco 1-Muito Fraco 0-sem opinião

OBS: As perguntas abaixo se referem ao sistema de uma forma geral.

- 5) o uso do sistema para auxiliar na interação com usuários presentes em uma determinada localização?
 5-Excelente 4-Bom 3-Satisfatório 2-Fraco 1-Muito Fraco 0-sem opinião
- 6) a possibilidade de usar o sistema em seu dia-a-dia?
 5-Excelente 4-Bom 3-Satisfatório 2-Fraco 1-Muito Fraco 0-sem opinião

7) a possibilidade do uso do sistema em sala de aula, para auxiliar no ensino e no aprendizado?

- () 5-Excelente () 4-Bom () 3-Satisfatório () 2-Fraco () 1-Muito Fraco () 0-sem opinião

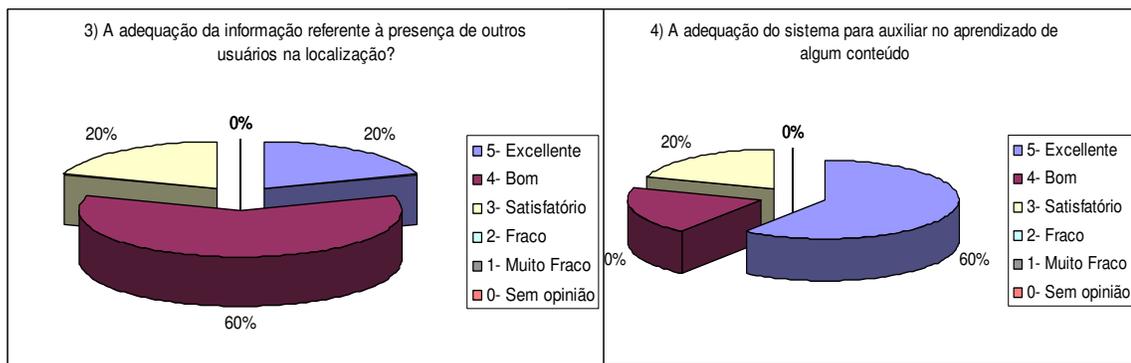
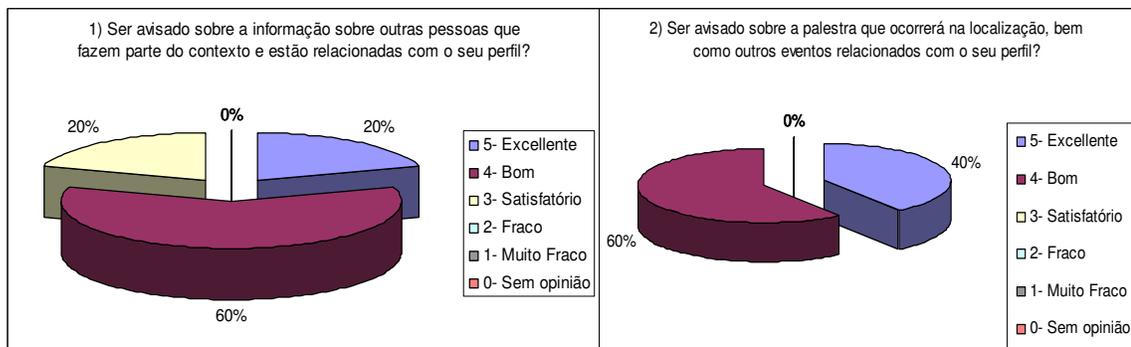
8) o sistema considerar o seu perfil para o fornecimento de informações?

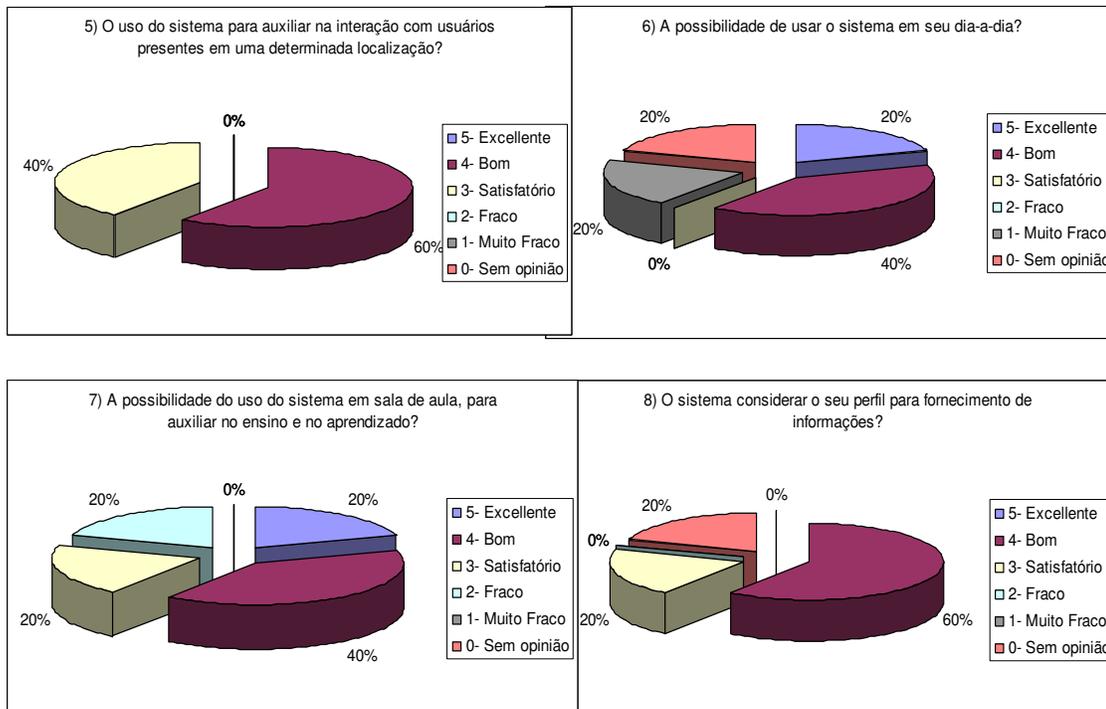
- () 5-Excelente () 4-Bom () 3-Satisfatório () 2-Fraco () 1-Muito Fraco () 0-sem opinião

Comentários

(nesse espaço você pode fazer sugestões, críticas ou comentar uma determinada questão)

APÊNDICE C.2 Resultados da avaliação do GlobalEdu aplicado ao ISAM





APÊNDICE C.3 Questionário aplicado na avaliação do GlobalEdu junto ao LOCAL

Questionário

Este questionário tem como objetivo avaliar as funcionalidades do sistema. Assinale somente uma alternativa para as perguntas abaixo.

Qual sua avaliação sobre:

- 1) A interface de utilização do sistema adaptada ao dispositivo de acesso?
 5-Excelente 4-Bom 3-Satisfatório 2-Fraco 1-Muito Fraco 0-sem opinião

- 2) O aviso sobre a disponibilidade do professor para resolver dúvidas?
 5-Excelente 4-Bom 3-Satisfatório 2-Fraco 1-Muito Fraco 0-sem opinião

- 3) O aviso referente à palestra que ocorrerá na localização, bem como outros eventos relacionados com seu perfil?
 5-Excelente 4-Bom 3-Satisfatório 2-Fraco 1-Muito Fraco 0-sem opinião

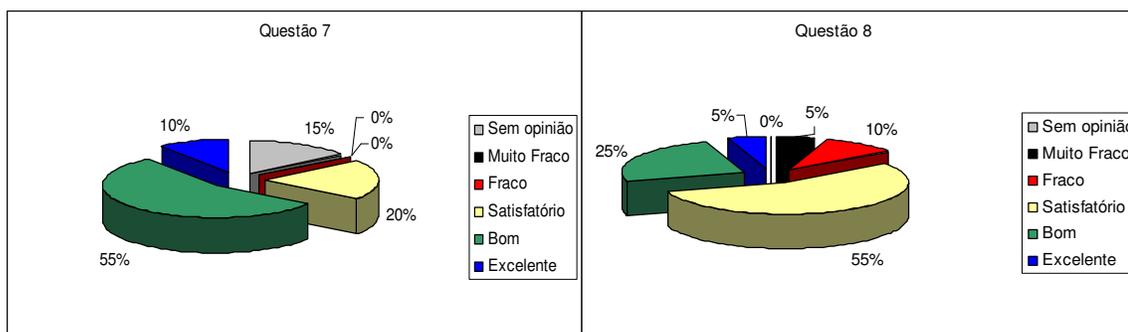
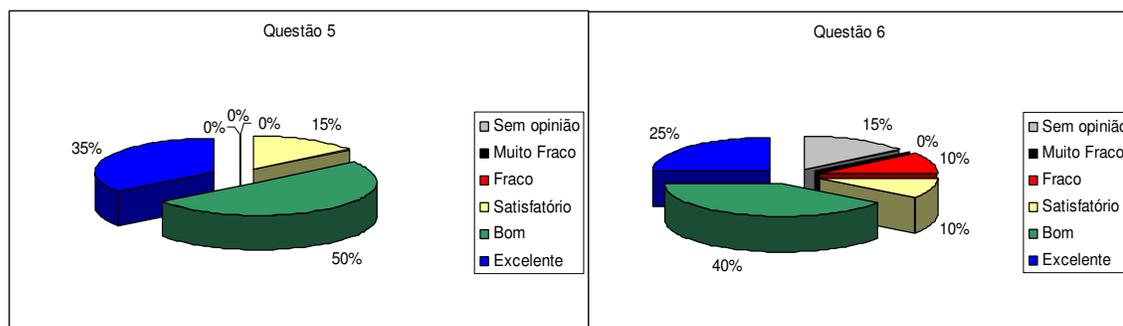
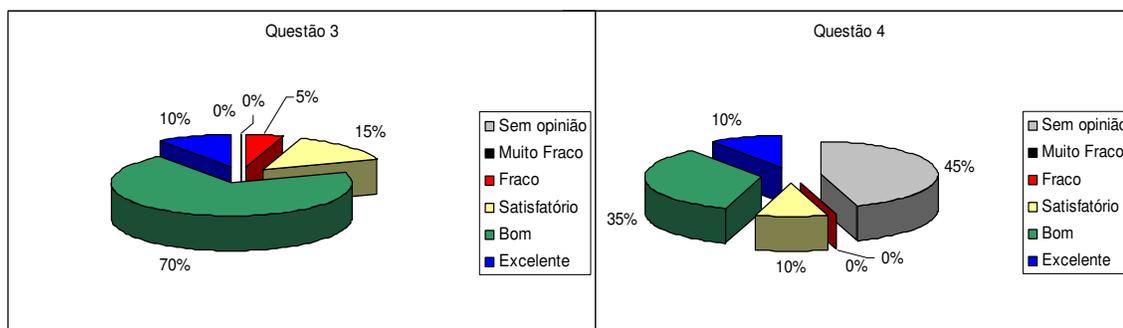
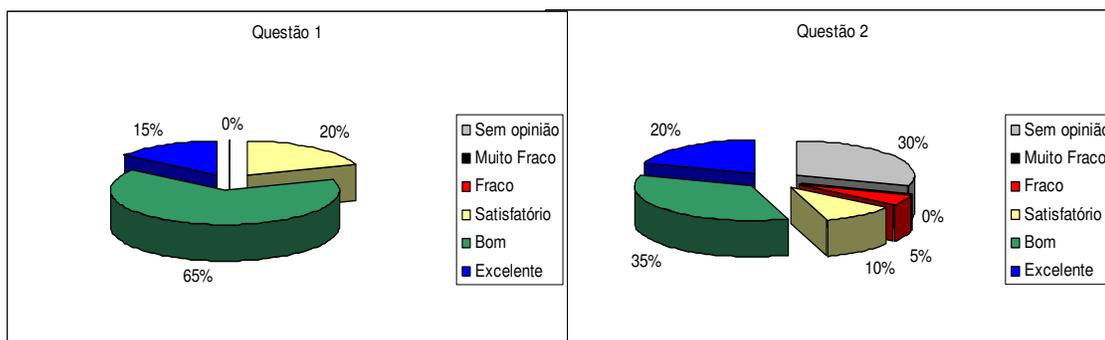
- 4) O aviso sobre o livro disponível no MobiLab, bem como outros recursos disponíveis na localização?
 5-Excelente 4-Bom 3-Satisfatório 2-Fraco 1-Muito Fraco 0-sem opinião

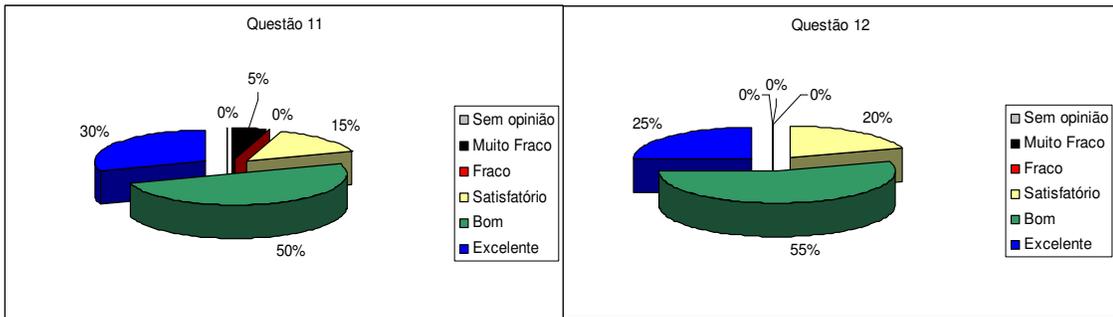
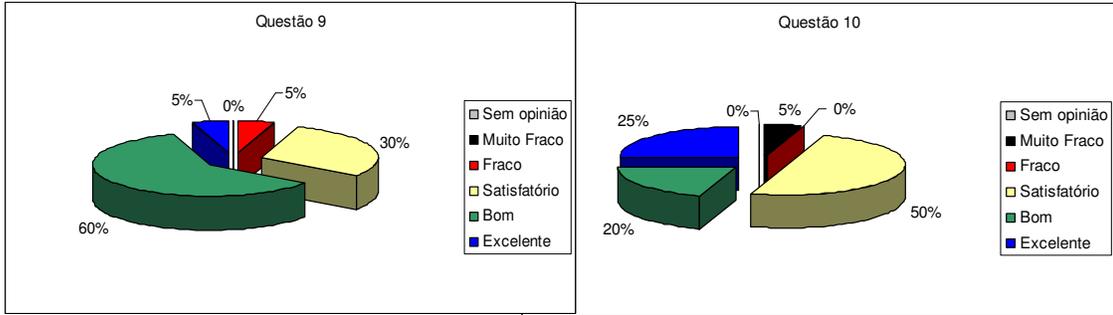
- 5) Você ser informado do seu relacionamento (complementaridade/similaridade) com os outros usuários presentes na localização?
 5-Excelente 4-Bom 3-Satisfatório 2-Fraco 1-Muito Fraco 0-sem opinião
- 6) A apresentação do conteúdo relacionado à palestra quando você se dirige ao local da mesma?
 5-Excelente 4-Bom 3-Satisfatório 2-Fraco 1-Muito Fraco 0-sem opinião
- 7) A adequação do sistema para auxiliar no aprendizado de conteúdos sobre Java?
 5-Excelente 4-Bom 3-Satisfatório 2-Fraco 1-Muito Fraco 0-sem opinião
- 8) O uso do sistema para determinar a localização em que você se encontra?
 5-Excelente 4-Bom 3-Satisfatório 2-Fraco 1-Muito Fraco 0-sem opinião
- 9) O uso do sistema para auxiliar na interação com usuários presentes em uma determinada localização?
 5-Excelente 4-Bom 3-Satisfatório 2-Fraco 1-Muito Fraco 0-sem opinião
- 10) A possibilidade de usar o sistema em seu dia-a-dia?
 5-Excelente 4-Bom 3-Satisfatório 2-Fraco 1-Muito Fraco 0-sem opinião
- 11) A possibilidade de uso do sistema em sala de aula, para auxiliar no ensino e no aprendizado?
 5-Excelente 4-Bom 3-Satisfatório 2-Fraco 1-Muito Fraco 0-sem opinião
- 12) O sistema considerar o seu perfil para o fornecimento de informações?
 5-Excelente 4-Bom 3-Satisfatório 2-Fraco 1-Muito Fraco 0-sem opinião

Comentários

(nesse espaço você pode fazer sugestões, críticas ou comentar uma determinada questão)

APÊNDICE C.4 Resultados da avaliação do GlobalEdu aplicado ao LOCAL



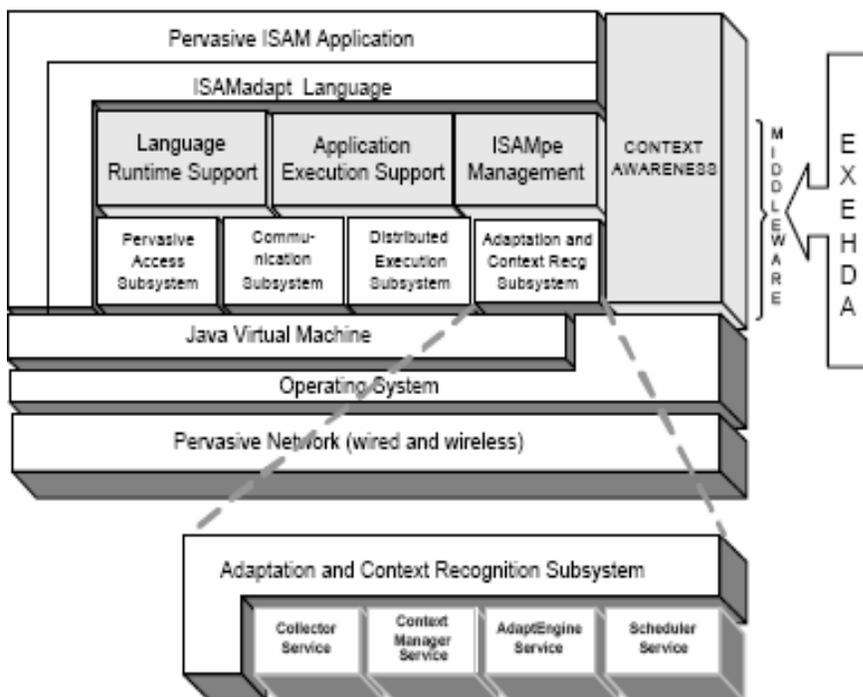


APÊNDICE D AMBIENTES ISAM E LOCAL

APÊNDICE D.1 O ISAM

Sistemas que disponibilizam um ambiente ubíquo estão sendo propostos em nível acadêmico, com diferentes perspectivas, tais como os projetos Aura (Garlan, 2002), Gaia (Roman, 2002) e ISAM, proposto por Augustin (2004) e Yamin (2004). Neste último, os autores utilizam o termo *pervasivo* e não ubíquo.

A arquitetura ISAM é dividida em três camadas. A camada inferior é composta pela infra-estrutura para execução das camadas acima. A camada intermediária é constituída do *middleware* EXEHDA (YAMIN, 2004), responsável por toda a gerência da execução das aplicações. A camada superior é formada pelo ISAMadapt (AUGUSTIN, 2004), que especifica as abstrações para expressar, em tempo de desenvolvimento, a adaptação



ao contexto em aplicações móveis distribuídas direcionadas para a computação *pervasiva*.

Figura APÊNDICE D.1 - Arquitetura ISAM

Fonte: (GEYER, 2005)

As políticas de adaptação e a definição dos elementos de contexto orientam a tomada de decisão do *middleware* durante a execução da aplicação. A execução de aplicações no ISAM é suportada pelo *middleware* EXEHDA (YAMIN, 2004), que gerencia os recursos do ambiente *pervasivo*, denominado ISAM*pe*. O EXEHDA implementa mecanismos para coordenação, comunicação e adaptação na execução das aplicações, na perspectiva da semântica siga-me da computação *pervasiva*.

O *middleware* proporciona um comportamento reativo e ativo na gerência das entidades de modelagem da aplicação, contemplando escalabilidade e suporte à cooperação com definições feitas em tempo de desenvolvimento e de execução. O EXEHDA possui uma organização baseada em serviços. Um conjunto de serviços voltados para um foco específico também é chamado de subsistema. A especificação e detalhes de implementação dos serviços ISAM podem ser obtidos nas publicações do projeto, em particular de (YAMIN, 2004), onde o *middleware* EXEHDA é apresentado.

A composição do ISAM*pe* é apresentada na figura abaixo. Segundo Yamin (2004), o meio físico sobre o qual executam as aplicações é definido por uma rede infra-estruturada cuja composição final pode ser alterada pela agregação dinâmica de nodos móveis. Os recursos da infra-estrutura física são mapeados para três abstrações básicas:

- **célula:** também denominada EXEHDAcell. Denota a área de atuação de uma base, e é composta por esta e por nodos fixos e móveis. Os principais aspectos considerados na definição da abrangência de uma célula são: o escopo institucional, a proximidade geográfica e o custo de comunicação;
- **base:** é o ponto de contato para os nodos (EXEHDAbase). Hospeda as instâncias de todos os serviços básicos do *middleware* e, embora constitua uma referência lógica única, seus serviços, sobretudo por aspectos de escalabilidade, poderão estar distribuídos entre vários equipamentos;
- **nodo:** são os equipamentos de processamento disponíveis no ambiente, sendo responsáveis pela execução das aplicações, também chamados EXEHDAnode. Um sub-caso deste tipo de recurso é o nodo móvel (EXEHDAmob-node). Estes são nodos do sistema com elevada portabilidade, tipicamente dotados de interface de rede para operação sem fio e, neste caso, integram a célula a qual seu ponto-de-acesso está subordinado. São funcionalmente análogos aos nodos fixos, porém eventualmente com uma capacidade mais restrita (por exemplo, PDAs). Um nodo passa a participar do *middleware* quando ele se anuncia, registrando-se no serviço *Cell Information Base*.

A estrutura está organizada de forma que o dispositivo móvel se comunica com uma base, que oferece um contínuo ambiente de processamento e comunicação para os nodos móveis registrados (YAMIN, 2004). As células, através de suas bases, estão ligadas entre si por uma rede fixa, permitindo acesso indireto dos nodos a toda estrutura de rede. Fisicamente a célula se refere à área de abrangência de um ponto de acesso na rede sem fio local (padrão IEEE 802.11) ou a área de acesso da rede celular. Portanto, é direcionado a uma comunicação em larga escala (global).

APÊNDICE D.1 O LOCAL

O sistema LOCAL (*Location and Context-Aware Learning*) foi proposto inicialmente como um sistema de suporte à localização de usuários em uma determinada localidade. Direcionado ao cenário educacional, o sistema se propõe ao uso local (pequena escala) dos conceitos introduzidos pelo GlobalEdu. Assim, o sistema LOCAL acompanha a mobilidade dos aprendizes e, baseado nas suas posições físicas, explora oportunidades educacionais. O sistema é direcionado ao uso no curso de Graduação de Referência em Engenharia da Computação da Unisinos.

O núcleo de execução do LOCAL, conforme mostra a figura abaixo, é formado por quatro componentes: um sistema de perfis, um sistema de localização, um sistema de envio de mensagens contextuais e um assistente pedagógico. O primeiro é um sistema que mantém informações básicas sobre perfis de usuário. O segundo é um sistema de localização baseada em uma arquitetura genérica que suporta diferentes técnicas para determinação da posição física de um aprendiz, vinculando informações de localização física com nomes simbólicos (contextos). O terceiro é um assistente pessoal que acompanha o usuário, executando em seu dispositivo móvel. O quarto é um sistema de envio de mensagens contextuais para usuários dentro da localização.

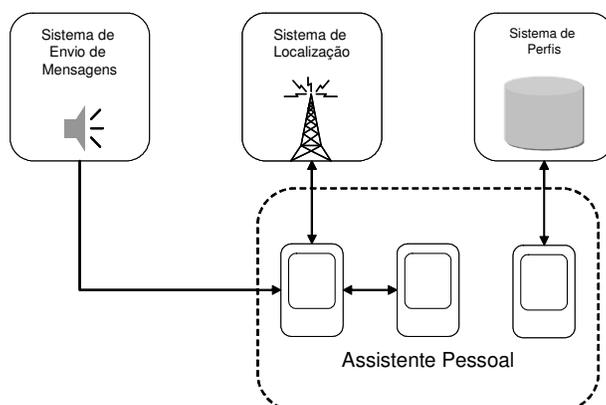


Figura APÊNDICE D.3: Núcleo do sistema LOCAL

Para atender as especificações do GlobalEdu, foram necessárias algumas alterações nos elementos do núcleo de execução. O Sistema de Perfis foi adequado para manipular informações de aprendizes seguindo alguns elementos especificados no modelo do GlobalEdu. O sistema de localização teve seus nomes simbólicos associados as informações de EspaçoRegiao inseridas na ontologia. No sistema de localização, o aprendiz autoriza sua localização através do AP e, desde então, o LOCAL registra todas as suas mudanças de contexto, inclusive com o horário de entrada e saída. Tendo como base essas informações é criado um *tracking*²⁰ do aprendiz. O assistente pessoal corresponde a uma versão simplificada do AP. O sistema de envio de mensagens contextuais implementa uma versão simplificada do ME Gerencia Contexto.

O sistema de perfis do LOCAL está organizado em informações persistentes e informações contextuais. A primeira corresponde a Contato, Preferências e Interesses que são armazenadas no assistente pessoal que acompanha o dispositivo móvel do aprendiz independentemente do contexto. A segunda corresponde a informações sobre

²⁰ *Tracking*: Registro dos contextos visitados pelo usuário em um período de tempo.

Relacionamentos, Desempenho e Segurança e estão relacionadas aos contextos por onde o aprendiz se desloca. Diferentemente do GlobalEdu, o LOCAL possui a informação sobre desempenho do aprendiz, que corresponde as metas alcançadas e avaliações realizadas em um contexto.

O assistente pessoal possui as seguintes funcionalidades relacionadas ao AP: (1) suporte à autenticação do aprendiz, ou seja, seu ingresso no sistema LOCAL; (2) armazenamento das informações persistentes do perfil; (3) suporte ao sistema de localização, permitindo o desligamento do mesmo se for de interesse do aprendiz; (4) suporte ao recebimento de avisos oriundos do sistema de mensagens.

Além dessas alterações, foi incorporado na arquitetura dois elementos que envolvem protótipos dos Módulos Educacionais (ver figura abaixo): um repositório de objetos de aprendizagem, que armazena e indexa o conteúdo (ME Gerencia Conteúdo), e um tutor, que integra e simplifica as ações realizadas pelos componentes ME Gerencia Contexto e ME Gerencia Perfil.

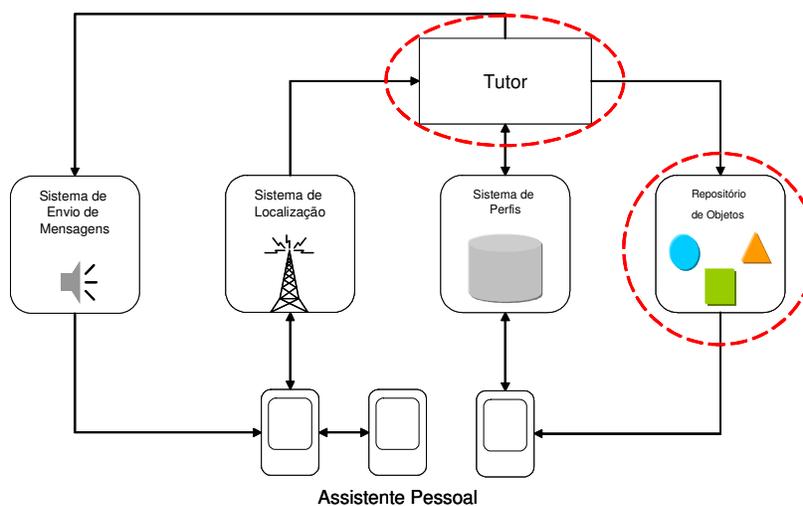


Figura APÊNDICE D.4: LOCAL X GlobalEdu

No LOCAL, os objetos de aprendizagem são disponibilizados para os aprendizes de acordo com as oportunidades pedagógicas que surgem durante o seu deslocamento pelos contextos. Conforme apresenta a figura abaixo, o sistema de localização informa para o tutor, o contexto onde está o aprendiz (passo 1). O tutor usa essa informação, aliada ao perfil do aprendiz, para determinação dos objetos relevantes no contexto (passo 2). Os objetos são encaminhados para o aprendiz (passo 3). Este processo pode ser induzido por dois eventos: (1) a mudança de contexto do aprendiz ou (2) a inserção de novo material no repositório de objetos (neste caso, apenas os últimos dois passos são executados). Os objetos de aprendizagem são cadastrados e indexados através dos seguintes atributos: (1) data de cadastramento; (2) data de expiração (delimitando um período de tempo para existência do objeto); (3) classificação do objeto (segundo as áreas da ACM (2006)); (4) palavras-chave associadas ao objeto, facilitando assim a indexação e a pesquisa; (5) uma referência para a manifestação física do objeto (como um endereço web para um *download*).

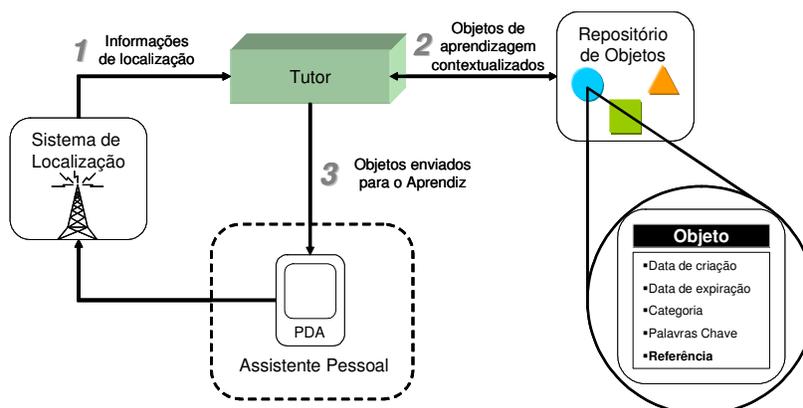


Figura APÊNDICE D.5: Objetos de Aprendizagem no LOCAL

O Tutor usa os perfis e as informações de localização para inferência de oportunidades de ensino e de aprendizagem. Existem dois tipos de atuação, conforme pode ser visto na figura abaixo: (1) envio de objetos de aprendizagem e (2) estímulo à interação entre aprendizes. Para estimular a interação, as informações disponíveis nos perfis podem ser usadas para criação de vínculos entre os aprendizes, seguindo a relação de similaridade e complementaridade proposta pelo GlobalEdu. A figura 4 exemplifica a atuação do Tutor estimulando a interação entre aprendizes através de similaridade. O Tutor descobre quem está em um contexto (passo 1), detecta um interesse em comum entre os aprendizes (passo 2) e envia mensagens para ambos estimulando a interação (passo 3). Desta forma, o tutor incorpora as funcionalidades definidas para o ME Gerencia Contexto no GlobalEdu.

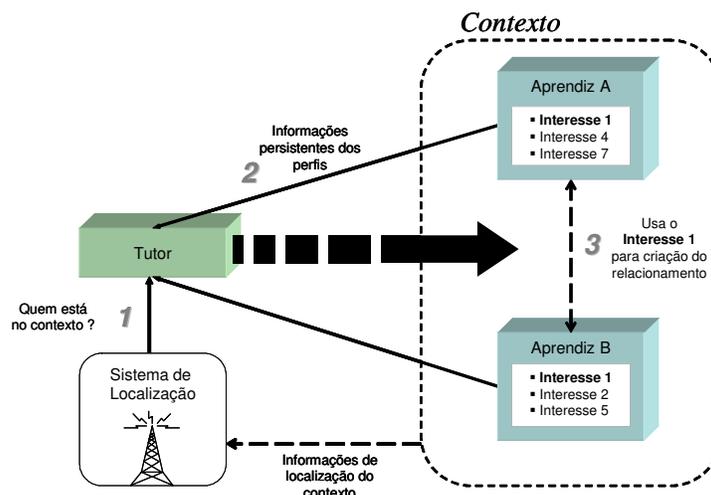


Figura APÊNDICE D.6: Ações do Tutor no LOCAL

No LOCAL, o sistema de envio de mensagens é controlado pelo Tutor de forma automática ou pelo professor via uma interface administrativa. A figura a seguir mostra o seu funcionamento das notificações (o passo 2 mostra o acionamento). Uma mensagem pode ser enviada de três formas: para um usuário específico no sistema, onde quer que este se encontre; para um contexto específico (todos os usuários naquele

contexto); para um usuário, mas somente se ele estiver em um contexto. As mensagens possuem ainda as seguintes propriedades: (1) momento de envio, controlando o dia e o horário e (2) data de expiração, delimitando um intervalo de tempo no qual a mensagem será válida.

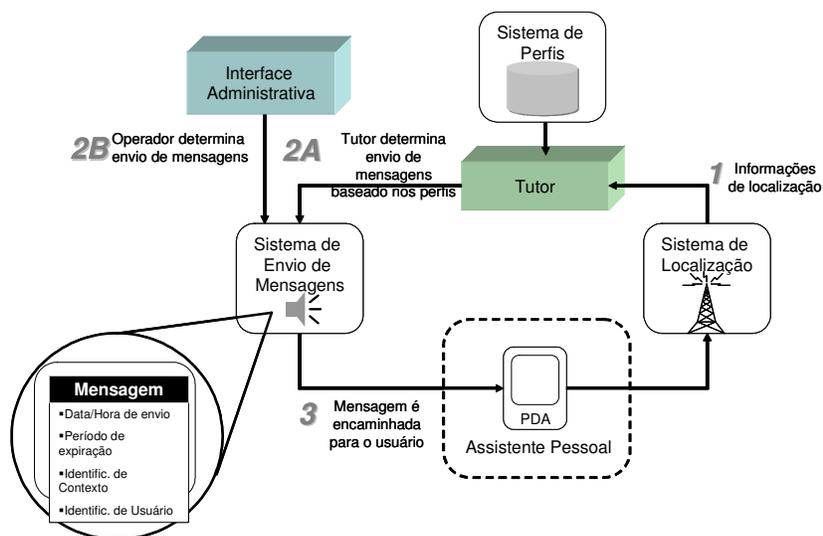


Figura APÊNDICE D.7: Envio de Mensagens no Local

Quanto a implementação do sistema, o sistema de localização possui duas partes: (1) um *Web Service* que fornece informações genéricas de localização e (2) um banco de dados que armazena as informações dos contextos. Os demais componentes da arquitetura foram desenvolvidos em *C#*, utilizando o *.NET Compact Framework*. A biblioteca de código-fonte aberto *OpenNETCF* foi utilizada para suporte a redes sem fio. O Assistente Pessoal executa em iPAQs 4700 e Tablet PCs tc1100. Ele capta as potências das quatro antenas *wireless* e repassa ao sistema de localização. O sistema usa essa informação para definição do contexto onde está o dispositivo móvel (uma das nove salas cadastradas). O sistema de perfis foi implementado, de forma simplificada, usando *MySQL*. As informações são cadastradas pelos próprios usuários, que pode ser acessada através de um *desktop* ou através dos dispositivos móveis. O tutor e o sistema de mensagens também foram implementados em *C#*.

APÊNDICE E ASPECTOS DE IMPLEMENTAÇÃO DO GLOBALEDU

A definição da estrutura de pacotes do GlobalEdu permite uma melhor integração com o andamento de trabalhos desenvolvidos no contexto desta tese. Desta forma, foi padronizada a seguinte estrutura para o GlobalEdu conforme mostra a figura abaixo

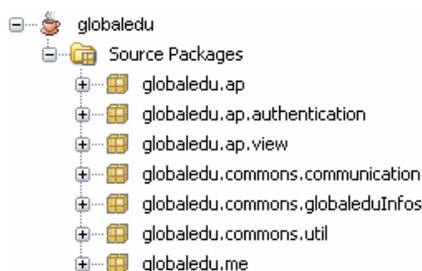


Figura APÊNDICE E.1: Estrutura de pacotes do GlobalEdu

O pacote *ap* é onde encontra-se o protótipo do Agente Pedagógico (AP). A parte gráfica do agente encontra-se no subpacote *view*, e classes de controle e dados estão no próprio pacote *ap*. A autenticação do usuário foi isolada do restante da aplicação (pacote *authentication*), pois considera-se que esta será provida por um serviço à parte, que não está sendo contemplado no presente trabalho. Para fins de testes, considera-se sempre o *login* fornecido pelo usuário, no momento da inicialização do aplicativo, como seu identificador.

O pacote *commons* é um *package* comum a todas as camadas do GlobalEdu e que contém também os Módulos de Suporte. Assim, o pacote contém os subpacotes *communication*, *util* e *globalEduInfos*. O pacote *communication* contém as classes relacionadas ao Módulo de Suporte Comunicação do GlobalEdu. O *util* contém classes com configurações de performativas e constantes utilizadas pelos Módulos. O *globaleduInfos* contém as classes de informações que são manipuladas pelo sistema como perfil, recursos, objetivos e etc. Estas classes, quando instanciadas, irão gerar os objetos com as informações que serão processadas pelos módulos internos para que possam ser enviadas/recebidas pelo AP. Finalmente, o pacote *me* armazena os Módulos Educacionais do GlobalEdu. Neste pacote está localizado o Módulo Gerencia Contexto, desenvolvido por Silva (2006), que, por sua vez, integra-se à aplicação ao AP para a avaliação do protótipo. Uma aplicação denominada U-inContext foi desenvolvida por Nino (2006), incorporando as funcionalidades do AP. Dentro do pacote *me* está em desenvolvimento do o trabalho de Martins (2006), que envolve o Módulo Gerencia

Conteúdo, no qual também irá integrar-se a estrutura de pacotes definida para o GlobalEdu.

O modelo de classes para o AP (ver ANEXO E) tomou como base o modelo MVC (*Model View Controller*), a fim de prover a adaptação da aplicação a diversos tipos de dispositivos, bastando para tal alterar a parte gráfica da aplicação. No pacote *view* encontram-se todas as classes que manipulam os objetos gráficos. Independente da *view* utilizada, ela implementa classes básicas de apresentação para a aplicação. Optou-se por esta organização em função de que uma das características do AP é a adaptabilidade, ou seja, a capacidade de estar presente com o usuário no dispositivo que ele estiver. A classe *KnowledgeBase* manipula dados contidos no pacote *globaleduInfos*, que contém as crenças do AP sobre o aprendiz a que ele está assistindo. Esse pacote (ver ANEXO D) também é utilizado pelo ME Gerencia Contexto para manipular internamente as informações do aprendiz. Por ser um protótipo, algumas informações de cada categorias foram escolhidas para serem representadas.

O Módulo Educacional Gerencia Contexto e o AP, implementado através aplicação UinContext (NINO, 2006), são os primeiros elementos desenvolvidos dentro da arquitetura do GlobalEdu e integrados ao ambiente ISAM. Outros elementos importantes da arquitetura ainda não foram implementados, de forma que, para o desenvolvimento dos protótipos desenvolvidos, algumas funcionalidades de outros elementos, tiveram que ser incorporadas ao protótipo desta Tese.

O Módulo de Suporte Acesso, que deveria fornecer a informação da presença de aprendizes no contexto, teve a sua funcionalidade inserida no protótipo do Módulo Educacional Gerencia Contexto. Quanto ao Módulo de Suporte Comunicação, que é um elemento essencial para a interligação entre as camadas, foi desenvolvido parcialmente para atender as necessidades dos protótipos que estão sendo desenvolvidos. O ANEXO F apresenta o diagrama de classes do protótipo do ME Gerencia Contexto.

A comunicação entre os elementos da arquitetura do GlobalEdu é através de troca de mensagens. Seguindo as decisões de projeto, cada mensagem contém uma performativa. Esta é um valor que identifica qual ação o elemento receptor da mensagem deverá tomar. As performativas são compartilhadas tanto pela Camada de Aplicação como pela Camada de Sistemas da arquitetura. A classe *Performatives* contém as performativas utilizadas no GlobalEdu para troca de mensagens, conforme pode ser observado abaixo:

```
public class Performatives {

    //Default return constant
    public static int OK = 1;

    //Requisition constants
    public static int REQ_CONTEXTO = 100;
    public static int REQ_CONTEXTO_LOCALIZACAO = 101;
    public static int REQ_CONTEXTO_LOCALIZACAO_RECURSO = 102;
    public static int REQ_CONTEXTO_LOCALIZACAO_EVENTO = 103;
    public static int REQ_CONTEXTO_LOCALIZACAO_PESSOA = 104;
    public static int REQ_CONTEXTO_APRENDIZES = 105;
    public static int REQ_APRENDIZES_RELACIONADOS = 106;
    public static int REQ_APRENDIZES_RELACIONADOS_COMPLEMENTARES = 107;
    public static int REQ_APRENDIZES_RELACIONADOS_SEMELHANTES = 108;
    public static int REQ_APRENDIZES_RELACIONADOS_CONHECIDOS = 109;
    public static int REQ_PERFIL = 110;
    public static int REQ_TESTE_ESTILO_APRENDIZAGEM = 111;
```

```
public static int REQ_CONTEUDO = 112;
public static int REQ_CONTEUDO_PADRAO = 113;
public static int REQ_CONTEUDO_PALAVRA_CHAVE = 114;
public static int REQ_CONTEUDO_SELECIONADO = 115;
public static int REQ_CONTEUDO_APRESENTACAO_OFFLINE = 116;
public static int REQ_LOGIN = 117;

//Response constant
public static int RESPOSTA = 200;

//AP chat constant
public static int CHAT = 300;

//Notification constants
public static int NOTIF_ESTADO_APRENDIZ = 400;
public static int NOTIF_ESTADO_APRENDIZ_DISP_CONTEXTO_LOCALI = 401;
public static int NOTIF_ESTADO_APRENDIZ_DISPONIVEL_APRENDIZES = 402;
public static int NOTIF_ESTADO_APRENDIZ_INDISP_CONTEXTO_LOCALIZ = 403;
public static int NOTIF_ESTADO_APRENDIZ_INDISPONIVEL_APRENDIZES = 404;
public static int NOTIF_ESTADO_APRENDIZ_INVISIVEL = 405;
public static int NOTIF_ALTERACAO_CONTEXTO = 406;
public static int NOTIF_ALTERACAO_CONTEXTO_LOCALIZACAO = 407;
public static int NOTIF_CONTEXTO_APRENDIZES = 408;
public static int NOTIF_ENTRADA_APRENDIZ_CONTEXTO = 409;
public static int NOTIF_SAIDA_APRENDIZ_CONTEXTO = 410;
public static int NOTIF_ALTERACAO_REPOSITORIO_CONTEXTO_LOCALIZ = 411;
public static int NOTIF_ALTERACAO_PERFIL = 412;
public static int NOTIF_ALTERACAO_PERFIL_COMMITMENTS = 413;
public static int NOTIF_ALTERACAO_PERFIL_GOAL = 414;
public static int NOTIF_ALTERACAO_PERFIL_COMPETENCE = 415;
public static int NOTIF_ALTERACAO_PERFIL_INTEREST = 416;
public static int NOTIF_ALTERACAO_PERFIL_PERSONAL = 417;
public static int NOTIF_ALTERACAO_PERFIL_SECURITY = 418;
public static int NOTIF_ALTERACAO_CONTEUDO = 419;
public static int NOTIF_ALTERACAO_REPOSIT_OBJETO_APRENDIZAGEM = 420;
public static int NOTIF_CONTEXTO_FISICO = 421;
public static int NOTIF_CONTEXTO_FISICO_TIPO_REDE = 422;
public static int NOTIF_CONTEXTO_FISICO_BANDA_REDE = 423;
public static int NOTIF_CONTEXTO_FISICO_AUTONOMIA = 424;
public static int NOTIF_CONTEXTO_FISICO_LOCALIZACAO = 425;
public static int NOTIF_CONTEXTO_FISICO_CONEXAO = 426;
public static int NOTIF_SERIALIZACAO = 427;
public static int NOTIF_LOG = 428;
}
```