

# COMPUTAÇÃO MÓVEL E UBÍQUA NO CONTEXTO DE UMA GRADUAÇÃO DE REFERÊNCIA

**Jorge Barbosa,**  
**Rodrigo Hahn,**  
**Solon Rabello e**  
**Sérgio Crespo C. S. Pinto**  
Programa Interdisciplinar  
de Pós-Graduação  
em Computação Aplicada  
Universidade do Vale do Rio dos Sinos  
São Leopoldo - RS - Brasil  
{jbarbosa,rodrigomh,  
solonr,crespo}@unisinis.br

**Débora Nice Ferrari Barbosa**  
Curso de Ciência da Computação  
Centro Universitário LaSalle  
Canoas - RS - Brasil  
nice@unilasalle.edu.br

---

**Resumo:** O uso crescente de dispositivos móveis e a ampla difusão de redes sem fio vêm estimulando as pesquisas relacionadas com computação móvel e ubíqua. Neste contexto, a educação vem sendo considerada uma das principais áreas de aplicação. Este artigo propõe a aplicação da computação móvel e ubíqua na melhoria das práticas pedagógicas de uma Graduação de Referência (GRefe). A GRefe é um novo modelo de graduação proposto pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinis). Uma GRefe é organizada em Programas de Aprendizagem (PAs). Um PA é composto de áreas temáticas onde são desenvolvidas as atividades acadêmicas. Além disso, as áreas são integradas através de uma atividade prática, conhecida como Projeto de Aprendizagem. O artigo dedica-se a uma GRefe específica, chamada Engenharia da Computação (ComGRefe). Inicialmente, a computação móvel foi introduzida nas áreas temáticas e nos projetos de aprendizagem. Logo após, um ambiente de educação ubíqua foi criado e avaliado no contexto da ComGRefe. Os resultados preliminares estimulam o aprofundamento dos estudos sobre a integração do modelo pedagógico da GRefe e as tecnologias de aprendizagem móvel e ubíqua.

---

**Palavras-chave:** Computação Móvel e Ubíqua, Graduação de Referência, Educação Ubíqua.

---

**Abstract:** The increasing use of mobile devices and the dissemination of wireless networks have stimulated mobile and ubiquitous computing research. In this context, education is being considered one of the main application areas. This paper proposes the use of mobile and ubiquitous computing to support and improve learning in a new kind of academic structure called Undergraduate Course of Reference (GRefe). GRefe was created in the Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinis). A GRefe is organized in Learning Programs (LPs). LPs are organized in thematic areas. In the areas the academic activities are developed. Besides, each LP supports a specific activity called Learning Project. Projects integrate the thematic areas through a practical framework. We proposed the use of mobile and ubiquitous computing in a specific GRefe called Computer Engineering. Initially, we introduced the mobile computing in the thematic areas and in the learning projects. After, we created an ubiquitous learning environment and applied it in the GRefe. The initial results are stimulating.

---

**Keywords:** Mobile and Ubiquitous Computing, Undergraduate Course of Reference, Ubiquitous Learning.

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, os estudos sobre mobilidade em sistemas distribuídos vêm sendo impulsionados pela proliferação de dispositivos eletrônicos portáteis (por

exemplo, telefones celulares, *handhelds*, *tablet* PCs e *notebooks*) e pela exploração de novas tecnologias de interconexão baseadas em comunicação sem fio (tais como, WiFi, *Bluetooth*, WiMAX e GSM). Este novo paradigma

distribuído e móvel é denominado Computação Móvel [1]. Além disso, a mobilidade aliada à difusão da comunicação sem fio permitiu aos serviços computacionais serem disponibilizados em contextos específicos (Computação Consciente do Contexto [2]). O acréscimo de pesquisas relacionadas com a Adaptação [3] trouxe a possibilidade de suporte computacional contínuo, a qualquer momento e em qualquer lugar (Computação Ubíqua [4]). Por sua vez, Sistemas de Localização [5] estão viabilizando o uso desse tipo de computação de acordo com a posição física do usuário. A precisão atual das informações de localização permite a criação de aplicações comerciais [6]. Além disso, a proliferação de *hotspots wireless* sugere que no futuro haverá um incremento significativo dessa precisão, estimulando o uso de Serviços Baseados em Localização (LBS) [7].

A Educação encontra-se entre as principais aplicações previstas para a computação móvel e ubíqua. Nesta área, o suporte ubíquo poderá fornecer informações obtidas do contexto físico dos aprendizes, potencializando a personalização do processo de aprendizagem. Recentemente, a aplicação de tecnologias móveis no melhoramento das estratégias pedagógicas criou uma nova frente de pesquisa chamada Educação Móvel e Ubíqua [8,9,10,11,12,13].

Em 2002, a Unisinos<sup>1</sup> propôs uma nova abordagem pedagógica para cursos de graduação denominada Graduação de Referência (GRefe). Uma GRefe baseia-se em Programas de Aprendizagem (PAs) onde são desenvolvidas atividades em áreas temáticas. As áreas são integradas através de uma atividade prática, conhecida como Projeto de Aprendizagem. Atualmente, existem cinco GRefes na Unisinos.

Este artigo<sup>2</sup> descreve a aplicação da computação móvel e ubíqua na melhoria das práticas pedagógicas de uma GRefe específica, chamada Graduação de Referência em Engenharia da Computação (ComGRefe<sup>3</sup>). A computação móvel está sendo aplicada nas áreas temáticas e nos projetos de aprendizagem. No caso da computação ubíqua, o texto descreve um ambiente para suporte à aprendizagem baseada em localização e contextos, denominado LOCAL (*LOcation and Context Aware Learning*) [14]. Este ambiente foi ampliado e está sendo testado no contexto da ComGRefe.

O texto está organizado em oito seções. A segunda seção descreve genericamente a proposta pedagógica das GRefes e especificamente o modelo da ComGRefe. A terceira relata a experiência na introdução da computação móvel na ComGRefe. Destaca-se nessa seção o relato do uso dessa

tecnologia por cada área temática do curso. A partir da quarta seção o texto aborda um tópico de pesquisa emergente, ou seja, a educação ubíqua. A seção quatro discute aspectos gerais e serve de introdução ao tema. A seção cinco descreve o LOCAL e a seis aborda a implementação do seu protótipo e sua aplicação. A sétima seção apresenta trabalhos relacionados e a oitava expõe conclusões e trabalhos futuros.

## 2. GRADUAÇÃO DE REFERÊNCIA

Graduação de Referência (GRefe) é uma nova abordagem acadêmica baseada em Programas de Aprendizagem (PA). Um PA é organizado em áreas temáticas. Cada área tem um professor e é constituída por um grupo de atividades de ensino, tais como *workshops* temáticos, atividades em sala de aula e experimentos usando os laboratórios. Na Unisinos existe a graduação de referência em Engenharia da Computação (ComGRefe). Essa GRefe é organizada em quatro PAs: Bases, Métodos, Desafios e Soluções. Cada PA dura um ano e aborda seis áreas temáticas: (1) Ciência da Computação; (2) Eletrônica; (3) Matemática; (4) Física; (5) Filosofia; (6) Linguística (Português, Inglês, etc).

Cada PA possui um tipo especial de atividade chamada Projeto de Aprendizagem. Os projetos são as atividades principais, pois integram todas as áreas em um *framework* prático, onde todos os professores e alunos participam. Por exemplo, durante o ano de 2006 foram desenvolvidos dois projetos de aprendizagem no segundo PA: (1) a criação de robôs móveis; (2) o uso de computação móvel para automatizar residências e indústrias. Ambos os projetos utilizaram computadores móveis e tecnologia *wireless* para controlar robôs, portas e câmeras de vídeo e monitorar o consumo de energia.

Outras características importantes da ComGRefe são: (1) atualmente existem aproximadamente 15 estudantes e 6 professores por PA, totalizando cerca de 60 estudantes e 24 professores envolvidos em todo o curso; (2) cada estudante tem um tutor, um professor que acompanha todas as suas atividades durante o programa; (3) cada PA realiza reuniões periódicas, onde os professores de cada área temática compartilham suas experiências e onde é avaliada e evoluída dos projetos de aprendizagem.

## 3. COMPUTAÇÃO MÓVEL NA COMGREFE

A ComGRefe foi a primeira comunidade na Unisinos que aplicou dispositivos móveis em suas práticas acadêmicas. Os seguintes equipamentos estão sendo usados: (a) 45 iPAQs 4770, todos com cartões de memória SD de 256 MB; (b) 20 *tablet PCs* tc1100; (c) 14 *docking stations*; (d) 4 pontos de acesso sem fio Cisco Aironet 1100.

Inicialmente, dois objetivos pedagógicos foram estabelecidos: (1) aplicação dos dispositivos móveis na

<sup>1</sup> Homepage da Unisinos. Disponível em <http://www.unisinos.br>.

<sup>2</sup> Este trabalho está sendo desenvolvido no contexto de um projeto que recebeu o prêmio *HP Mobile Technology for Teaching Grant Initiative 2005, Higher Education Edition, Latin American Region*.

<sup>3</sup> Homepage da ComGRefe. Disponível em [http://www.unisinos.br/nova\\_graduacao/eng\\_comp](http://www.unisinos.br/nova_graduacao/eng_comp).

melhoria das práticas acadêmicas nos Projetos de Aprendizagem; (2) suporte a atividades específicas de cada área temática. Buscando o primeiro objetivo, a computação móvel foi introduzida em vários Projetos de Aprendizagem, por exemplo: (1) uso de pontos de acesso, iPAQs e tablet PCs na criação de robôs móveis (veja Figuras 1 e 2); (2) uso da computação móvel na automatização de residências e indústrias (controle de portas, câmeras de vídeo e consumo de energia); (3) integração entre RFIDs (*Radio Frequency Identification*) e tecnologias móveis para controle de estacionamento; (4) uso de iPAQs, tablet PCs e RFIDs no desenvolvimento de jogos multijogador ubíquos; (5) uso de tecnologia sem fio para determinação da localização física de usuários e exploração de serviços baseados em localização.



Figura 1: Projeto de Aprendizagem - Criação de Robôs Móveis



Figura 2: Projeto de Aprendizagem – Robô controlado por Bluetooth

O segundo objetivo está sendo alcançado na medida em que os professores dos quatro PAs da

ComGrefe estão utilizando tablet PCs e iPAQs em suas práticas diárias. Nesse processo, os professores envolvidos nas diferentes áreas temáticas foram consultados em relação à utilização de dispositivos móveis no processo de aprendizado. Os resultados foram os seguintes:

1. Área da Computação: os estudantes estão utilizando computação móvel para: (1) testar nos iPAQs programas desenvolvidos em várias linguagens de programação, como Java e *Embedded C++*; (2) criar aplicações distribuídas utilizando iPAQs conectados através de WiFi e Bluetooth; (3) testar conceitos de programação em rede, como *sockets* e modelo cliente/servidor; (4) testar diferentes sistemas operacionais nos iPAQs (veja figura 3);
2. Área de Eletrônica: os equipamentos estão sendo usados para: (1) ajudar em atividades nos laboratórios (consulta de catálogos de componentes eletrônicos e esquemas de circuitos eletrônicos, atualização de esquemas de implementação e uso de fotos/filmes de protótipos em desenvolvimento); (2) oferecer suporte em aula, como a solução de exercícios por grupos de estudantes utilizando iPAQs e projeção e discussão de soluções em tempo real;
3. Área de Física: essa área encontrou uma ampla gama de aplicações para sensores conectados a dispositivos móveis. Assim, os equipamentos podem ser aplicados na coleta remota de dados. Os sensores são utilizados dentro e fora da sala de aula. Na sala, uma estação de trabalho típica consiste de um tablet PC ou iPAQ, um sensor e um conversor A/D (analógico/digital). Fora da sala, um iPAQ conectado a um sensor e um conversor formam o equipamento necessário para coleta de dados em qualquer lugar;
4. Área de Matemática: essa área está utilizando os dispositivos móveis para: (1) acessar software matemático via Web [15]; (2) introduzir visão computacional nos robôs que são utilizados nos programas de aprendizagem (baseados em câmeras *wireless*);
5. Área de Linguística: os alunos estão utilizando os dispositivos para: (1) criar um glossário e tomar notas; (2) gravar/registrar práticas orais como diálogos e discursos; (3) enviar e-mail entre si em diferentes línguas (inglês, por exemplo); (4) escrever suas páginas *web* pessoais em Inglês; (5) praticar gramática Inglesa em *sites* especiais; (6) conversar com *chatbots* como Alice [16]; (7) acessar jogos como 20q.net [17]. A Figura 4 mostra um *workshop* temático da área de linguística onde os alunos utilizam tablet PCs;
6. Área de Filosofia: os equipamentos estão sendo utilizados para: (1) visitar uma biblioteca digital [18] e acessar livros, textos e vídeos; (2) acessar um site específico sobre filosofia, criado pelo curso; (3) avaliação do impacto social da computação móvel. Aspectos desse impacto podem ser medidos em grupos, como os programas de aprendizagem das GRefes.



Figura 3: Uso de dispositivos móveis em *workshop* de computação



Figura 4: Uso de dispositivos móveis em *workshop* de lingüística

## 4. EDUCAÇÃO UBÍQUA

A aplicação da computação móvel na ComGRefe estimulou o aprofundamento dos estudos envolvendo mobilidade e educação. Sendo assim, surgiu o interesse pela Educação Ubíqua. Essa seção introduz o tema e as seções 5 e 6 descrevem a criação de um ambiente de educação ubíqua e sua avaliação através de experimentos.

### 4.1 . VISÃO GERAL

A disseminação da computação ubíqua ocasionará um impacto significativo em diferentes áreas de atuação da sociedade. Entre essas áreas destaca-se a Educação. No cenário da educação apoiada pela computação ubíqua (Educação Ubíqua [8, 9, 10, 11, 12]), novos pressupostos educacionais devem ser pensados, uma vez que os recursos pedagógicos podem ser acessados a qualquer momento e em qualquer lugar. A educação neste cenário é dinâmica e os recursos educacionais estão distribuídos em contextos. Baseado nos objetivos do aprendiz, o sistema pode gerar intervenções do tipo: “um material/pessoa que se relaciona com seu objetivo está no seu contexto”. Desta forma, o suporte ubíquo permite a construção de programas de

aprendizagem relacionados com questões dinâmicas dos contextos. O ambiente controla as aplicações orientadas à educação, possibilitando que o contexto seja vinculado com os objetivos pedagógicos do aprendiz.

Ogata [19] compara os ambientes direcionados à educação. Nessa comparação, ele considera desde sistemas baseados em *desktops* até sistemas ubíquos, analisando o nível de integração ao contexto (*embeddedness*) e à mobilidade. Segundo o pesquisador, sistemas baseados em *desktops* não podem ser usados para a educação ubíqua, pois eles possuem um baixo nível de mobilidade e de integração com o ambiente real. Na aprendizagem com mobilidade os aprendizes se movem fisicamente portando dispositivos móveis e acessando redes sem fio [20, 21]. Entretanto, os dispositivos não possuem necessariamente flexibilidade para a obtenção de informações sobre o contexto onde o aprendiz está localizado. Por outro lado, um sistema de suporte à Educação Ubíqua suporta conjuntamente a mobilidade e a integração com os contextos, possuindo assim, condições para um processo pedagógico com consciência do contexto.

### 4.2. ASPECTOS TECNOLÓGICOS

Segundo Satyanarayanan [1], mobilidade exige adaptabilidade. Os sistemas ubíquos devem ter consciência da localização dos usuários e dos contextos onde eles estão inseridos, usando essa consciência para se adaptarem dinamicamente. Surge assim, a Computação Consciente do Contexto.

Segundo Dey [2], 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.

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. Assim, essa forma de computação pode ser entendida como aquela em que as aplicações tomam decisões de acordo com um contexto particular proveniente do ambiente e da situação em que se encontram.

Na Computação Ubíqua [4], 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 se adaptar ao ambiente, compreender o contexto em que estão inseridas e estarem disponíveis ao usuário, em qualquer lugar e a qualquer tempo. Além disso, devem manter o acesso à rede e a seu ambiente computacional, independente de dispositivo [22]. Segundo Abowd [23] e Fischer [24], em um cenário em que a informação encontra-se disponível de forma globalizada,

o desafio de um sistema ubíquo não consiste somente em disponibilizar a informação para qualquer pessoa, em qualquer lugar e com vários formatos, mas principalmente em disponibilizar a informação certa, no momento certo e da maneira correta.

Nos últimos anos, a computação móvel e ubíqua vem sendo potencializada pelos Sistemas de Localização [5, 6]. Essa frente de pesquisa propõe a determinação da localização física de um dispositivo móvel (por exemplo, uma sala em um prédio ou um endereço específico em uma rua). A informação pode ser obtida através de posicionamento de satélites (GPS, A-GPS) e/ou através de antenas *wireless* (por exemplo, GSM e Wifi). A precisão atual da localização permite a implementação de aplicações comerciais [6]. Além disso, a rápida proliferação de antenas *wireless* torna previsível uma crescente precisão da localização, estimulando a criação de serviços especializados (LBS, *Location Based Services*) [7]. A eficácia da localização baseada em satélites é bastante reduzida em ambientes urbanos (com prédios) e locais fechados (*indoor*). O uso da localização seria consideravelmente ampliado se pudesse ser contínuo, em qualquer momento e em qualquer lugar [6].

Conseqüentemente, estão surgindo alternativas ao uso de satélites, tais como, a integração de GPS com telefonia móvel (A-GPS [25,26]) e o posicionamento baseado em antenas *wireless* (telefonia celular [27], WiFi [28] ou em ambas [6]). Baseando-se nesses estudos, pode-se prever um cenário de médio prazo, onde a sociedade será permeada de dispositivos móveis sempre conectados a uma rede de comunicação e com informação precisa da sua localização. Neste cenário, a computação móvel e ubíqua será estimulada, pois realmente estará disponível em qualquer tempo e lugar.

#### 4.3. ASPECTOS PEDAGÓGICOS

A Internet vem revolucionando as formas de ensinar e de aprender, 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 torná-la disponível é o principal 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 a Educação. O primeiro é um processo baseado na transmissão de conteúdos, sem interação entre os indivíduos que se envolvem no processo. Por sua vez, a educação é baseada nas interações entre os indivíduos

envolvidos no 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 conseqüência uma concepção construtivista e interacionista de educação. Essa concepção é abordada em Becker [29], 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...”

Nessa concepção, o conhecimento é construído a partir de um processo de interação entre o indivíduo e o objeto de conhecimento. Becker afirma ainda que no interacionismo, 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.

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, de forma a construir seu conhecimento.

Esta concepção é fundamental na educação suportada em um cenário ubíquo, devido a sua dinamicidade, sua conectividade global e a disponibilidade de uma variedade significativa de recursos. O aprendiz tem a possibilidade de mover-se constantemente nesse cenário, acessando informações e recursos necessários para construção da sua aprendizagem. O aprendiz deve definir seus próprios objetivos educacionais e, como ser autônomo, cabe a ele a organização do que aprender. Assim, ele tem a capacidade de aprender por si próprio, devendo compreender melhor a implicação do que 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. Os demais contextos que envolve o aprendiz também possuem elementos de aprendizagem significativos e que devem ser explorados.

Em um cenário 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. Sendo assim, a autonomia do aprendiz é elemento essencial nesse cenário.

Existem quatro elementos que caracterizam um ambiente de suporte à Educação Ubíqua:

- **Aprendiz:** com o objetivo de proporcionar maior qualidade nos serviços disponibilizados para cada aprendiz, o ambiente deve conhecê-lo. Esse conhecimento é obtido através de um modelo que o represente. Nesse modelo, devem estar registrados seu conhecimento atual e seus interesses de aprendizado;
- **Mobilidade:** o aprendiz tem a capacidade de se mover entre vários contextos, aprendendo de forma constante, independente de onde esteja. Desta forma, é importante identificar esta mobilidade e permitir que os recursos educacionais do aprendiz o acompanhem 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;
- **Conteúdo:** o ambiente deve permitir que o aprendiz aprenda qualquer tema, em qualquer tempo, com qualquer dispositivo. Dessa forma, espera-se que o ambiente suporte a representação de conteúdo genérico, independente de domínio. Com o auxílio do ambiente, 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;
- **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 os contextos. Com isso, esses

elementos podem ser relacionados com objetivos educacionais. Nesse sentido, torna-se relevante a representação de elementos genéricos que possam ser usados em diferentes contextos. Ainda, devido a dinamicidade dos ambientes ubíquos, é importante que o sistema ofereça mecanismos de assistência ao aprendiz no ambiente. Esses mecanismos agem proativamente, percebendo, filtrando e fornecendo informações conforme seu perfil, em direção a uma interação mais significativa.

## 5. AMBIENTE LOCAL

A experiência com computação móvel na ComGRefe (seção 3) e os estudos apresentados na seção 4 conduziram a criação de um ambiente orientado à educação ubíqua, chamado LOCAL (*LOCATION and Context Aware Learning*). Inicialmente, o ambiente era organizado em seis componentes e suportava apenas funcionalidades básicas [14]. Desde então, o LOCAL foi aperfeiçoado através da inclusão do suporte ao tratamento de eventos e através do aperfeiçoamento dos subsistemas de perfis e objetos de aprendizagem. Sendo assim, o ambiente passa a ser composto de sete componentes (Figura 5): (1) Perfis de usuário, que armazenam informações específicas do aprendiz; (2) Assistente Pessoal (AP), que reside no dispositivo móvel do aprendiz; (3) Sistema de Localização, utilizado para determinar a posição física dos dispositivos móveis; (4) Repositório de Objetos de Aprendizagem, que armazena e indexa conteúdo relacionado ao processo pedagógico; (5) Sistema de Comunicação, que estabelece contato entre os diferentes subsistemas e com os aprendizes; (6) Sistema de Eventos, utilizado para agendar tarefas; (7) Tutor, um motor de análise capaz de realizar inferências com base nos dados dos perfis e do Sistema de Localização. As subseções seguintes descrevem esses componentes.

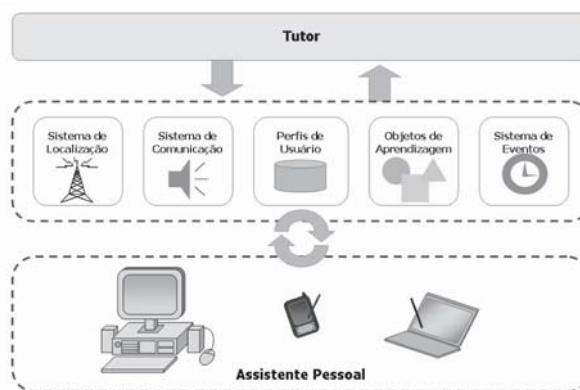


Figura 5: Arquitetura do LOCAL

### 5.1. PERFIS DE USUÁRIOS

Nos últimos anos, a busca pela padronização de perfis de usuários em sistemas computacionais gerou padrões tais como o *PAPI* [30] e o *LIP* [31]. No âmbito da educação ubíqua, os perfis permitem a exploração de oportunidades

educacionais baseadas nas características do aprendiz e nas informações dos contextos por onde ele se desloca [9, 14]. O LOCAL usa o modelo *PAPI*. A escolha foi baseada em duas características do padrão: (1) **flexibilidade**: o PAPI pode ser estendido e todos os seus componentes são opcionais; (2) **modularidade**: os campos do perfil podem ser tratados de forma separada, permitindo que parte do perfil esteja sempre no Assistente Pessoal e outra parte seja vinculada aos contextos visitados (perfil contextualizado).

A Figura 6 mostra a organização do sistema de perfis do LOCAL. Existem **informações persistentes** (Contato, Preferências e Interesses) que sempre acompanham o aprendiz independentemente do contexto. Essas informações são armazenadas no Assistente Pessoal que acompanha o dispositivo móvel. Por outro lado, existem **informações contextuais** (Relacionamentos, Desempenho e Segurança), as quais estão ligadas aos contextos por onde o aprendiz se desloca. O LOCAL gerencia ambos os tipos para exploração de oportunidades pedagógicas dos aprendizes.

A seção **Contato** armazena informações básicas do usuário, tais como: nome, endereço, e-mail e telefone. A seção **Preferências** ajuda o sistema na personalização da experiência do usuário, armazenando preferências como tipo de mídia (por exemplo, vídeo, áudio ou texto) e outras não diretamente relacionadas ao suporte acadêmico.

As informações sobre **Interesses** seguem áreas do conhecimento [32]. Interesses são definidos da seguinte forma: uma área de interesse geral (por exemplo, “Matemática”) e uma área de interesse específica, dentro do escopo da área geral (por exemplo, “Teoria dos Grupos”). As áreas específicas são classificadas de acordo com a meta do aprendiz (por exemplo, “aprender” ou “ensinar”).

A seção **Relacionamentos** armazena o relacionamento com outros possíveis usuários do mesmo contexto (por exemplo, “estudante”, “professor”, “pesquisador” ou “coordenador”). As informações de **Desempenho** relacionam-se com as metas alcançadas e avaliações realizadas em um contexto. Essas informações são armazenadas na forma de uma árvore de competências que representa o avanço do aprendiz em determinado processo de aprendizagem. A seção **Segurança** armazena as credenciais (nomes e senhas) que regulamentam níveis de acesso em contextos específicos.



Figura 6: Sistema de Perfis

## 5.2. ASSISTENTE PESSOAL E SISTEMA DE LOCALIZAÇÃO

O Assistente Pessoal (AP) é o módulo que acompanha o aprendiz no seu dispositivo móvel (Figura 5). O AP possui as seguintes funcionalidades: (1) suporte a autenticação do aprendiz, ou seja, seu ingresso no LOCAL; (2) suporte ao sistema de localização, permitindo o desligamento do mesmo se for de interesse do aprendiz; (3) suporte ao recebimento de avisos oriundos do sistema de mensagens.

O Sistema de Localização do LOCAL é baseado em uma arquitetura genérica que suporta diferentes técnicas para determinação da posição física de um aprendiz. O sistema vincula informações de localização física com nomes simbólicos (contextos), permitindo o mapeamento em tempo real do deslocamento de um dispositivo móvel. 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*<sup>4</sup> do aprendiz. As informações de perfil aliadas às informações dos contextos são usadas no processo de ensino e de aprendizagem.

## 5.3. SISTEMA DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM

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 (veja Figura 7). O sistema de localização informa a localização do aprendiz (contexto) para o tutor (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 (passos 3 e 4). 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).

A especificação dos metadados dos objetos de aprendizagem no LOCAL segue a norma IEEE/LTSC/LOM [33]. A ampla aceitação desse padrão pode ser conferida em [34].

## 5.4. SISTEMA DE COMUNICAÇÃO E EVENTOS

O sistema de comunicação presente no LOCAL estabelece contato com os aprendizes, notificando-os quanto a novas oportunidades pedagógicas. O sistema pode ser controlado automaticamente ou por um operador, através de uma interface administrativa. Os aprendizes são contatados através de notificações textuais. Essas notificações são enviadas de acordo com perfis, objetos educacionais e dados de localização e de eventos. Os seguintes serviços são suportados: (1) envio de mensagens para um usuário específico, onde quer que ele esteja; (2)

<sup>4</sup> Histórico do deslocamento do aprendiz pelos contextos gerenciados pelo ambiente ubíquo.

envio de mensagens para um contexto específico (todos aqueles que estiverem presentes no contexto recebem a notificação); (3) envio de mensagens para um aprendiz, mas somente se este estiver em um determinado contexto.

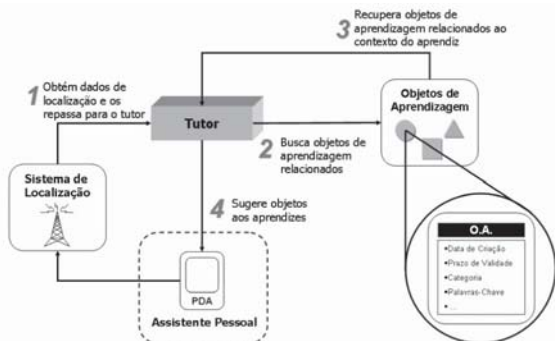


Figura 7: Gerenciamento de Objetos de Aprendizagem.

As mensagens também possuem as seguintes propriedades: (1) data e hora de envio e (2) data de expiração, determinando um intervalo de tempo dentro do qual a mensagem é válida. A Figura 8 mostra um exemplo de utilização do sistema de comunicação onde o Tutor contata os aprendizes, baseando-se nos dados de localização e dos perfis de usuário. Essa funcionalidade pode ser usada para oferecer novas oportunidades pedagógicas aos aprendizes.

O sistema de comunicação também suporta a criação de eventos. Um evento é caracterizado por uma série de propriedades, incluindo palavras-chave, data inicial e local. Eventos podem ser definidos para datas futuras, em um formato genérico (yy-mm-dd hh:mm:ss) e possuem duração arbitrária. Quando notificações textuais são associadas a eventos, o Tutor busca correspondências e encaminha as mensagens na hora apropriada, uma vez que o usuário esteja no contexto.

### 5.5. TUTOR

O Tutor usa os perfis e as informações de localização para inferência de oportunidades de ensino e de aprendizagem. Existem dois tipos de atuação: (1) envio de objetos de aprendizagem e (2) estímulo à interação entre aprendizes. A primeira foi descrita na seção 5.3. A segunda é apresentada a seguir.

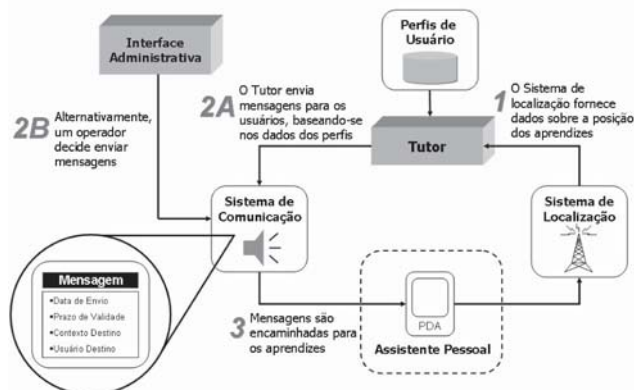


Figura 8: Sistema de Comunicação.

Uma oportunidade pedagógica que surge em sistemas baseados em localização e contextos é o estímulo à interação. As informações disponíveis nos perfis podem ser usadas para criação de vínculos entre os aprendizes. No LOCAL, existem duas formas de interação [35]:

(1) **interesses similares**: o Tutor encontra aprendizes com interesses similares no mesmo contexto e estimula sua interação. Essa abordagem pode ser usada para auxílio na criação de grupos de trabalho em uma sala de aula ou contexto;

(2) **interesses complementares**: o Tutor encontra aprendizes que possuem interesses complementares. Por exemplo, um usuário que deseja aprender um tema é colocado em contato com outro que gostaria de ensiná-lo. Assim, o Tutor pode ser usado no auxílio à criação de duplas de estudo em uma sala de aula ou contexto.

A Figura 9 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).

## 6. EDUCAÇÃO UBÍQUA NA COMGREFE

Essa seção apresenta o protótipo do LOCAL criado no contexto da graduação de referência em Engenharia da Computação (ComGRefe) na Unisinos. Além disso, a seção aborda os experimentos realizados para sua avaliação.

### 6.1. PROTÓTIPO DO LOCAL

Um protótipo do LOCAL foi criado para suporte a um cenário de testes. Este cenário engloba nove salas no prédio onde está localizada a ComGRefe. Quatro pontos de acesso sem fio foram instalados (veja Figura 10). O sistema de localização possui duas partes: (1) um *webservice* criado em C#, que fornece dados genéricos sobre a localização dos aprendizes e (2) um banco de dados que armazena informações contextuais. A Figura 11 mostra a arquitetura do Sistema de Localização. Existem cinco serviços que suportam o gerenciamento de informações de localização. Além disso, o sistema foi projetado para suporte a diferentes tipos de estratégias de localização. Atualmente, apenas a triangularização de antenas *wireless* está sendo usada (IEEE 802.11).

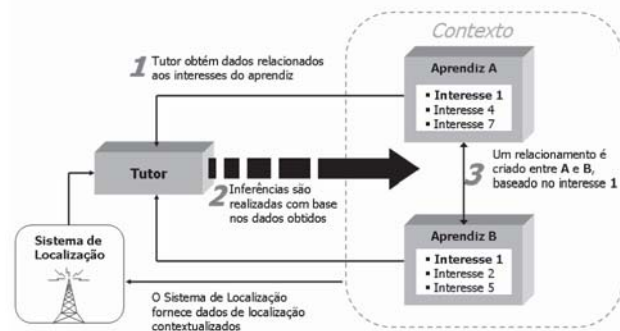


Figura 9: Funcionamento do Tutor



O Assistente Pessoal (AP) foi desenvolvido em C#, usando o .NET Compact Framework. Existem versões do assistente para iPAQs hx4700 e tablet PCs tc1100. A Figura 12 mostra a interface do AP em um iPAQ. O AP lê a informação sobre a potência dos pontos de acesso sem fio e encaminha essas informações para o sistema de localização. Este sistema utiliza essas informações para determinar a localização do dispositivo móvel.



Figura 10: Cenário do protótipo do LOCAL.

O sistema de perfis foi implementado utilizando MySQL. Os usuários preenchem suas informações de contato utilizando uma ferramenta *on line* feita em PHP (Figura 13). Essa ferramenta pode ser acessada tanto em *desktops* quanto nos próprios dispositivos móveis. O Tutor e o sistema de mensagens também foram implementados como *webservices* em C#.



Figura 11: Arquitetura do Sistema de Localização.



Figura 12: Assistente Pessoal.

Interesse	Curso	Aprender	ADICIONAIS INTERESSE
C++	Computação	aprender	REMOVES
PHP	Computação	aprender	REMOVES
C	Computação	aprender	REMOVES

Figura 13: Interface de gerenciamento de perfis.

## 6.2. AVALIAÇÃO INICIAL: DEBATE SIMULADO

A primeira avaliação do protótipo foi realizada através de um debate simulado, envolvendo dez aprendizes utilizando iPAQs hx4700. O debate estendeu-se por duas horas e meia (entre 07h30min e 10h00min). O assunto debatido foi “Paradigmas de Linguagens de Programação”. Os perfis dos aprendizes já estavam previamente registrados no sistema. Os resultados foram organizados em cinco períodos, conforme mostra a Tabela 1.

O **primeiro período** ocorre antes da aula. O professor agenda (usando a interface administrativa, veja Figura 8) uma mensagem indicando o tema de um debate que ocorrerá no encontro e endereços na Web contendo material relacionado com o tema. O registro durará por todo o período da aula. A mensagem somente é enviada para o contexto onde ocorrerá o debate (sala 216, veja figura 10).

O **segundo período** corresponde ao início da aula. Chegam sete alunos. O sistema os autentica e começa o armazenamento de dados de localização para cada um deles. Os alunos recebem a mensagem previamente cadastrada, contendo o tema do encontro e o material a ser utilizado no debate.

No **terceiro período** o professor solicita ao Tutor a criação de grupos para o debate. Os grupos são organizados de acordo com a similaridade nos interesses dos alunos por Linguagens de Programação. Neste caso, foram formados três grupos, um deles (grupo A) formado de quatro alunos interessados em Java. O outro (grupo B) formado por dois alunos com interesse em C# e o terceiro (grupo C) com apenas um aluno interessado em C++. Inicia o debate onde cada grupo apresenta as características (vantagens e desvantagens) de cada linguagem. Chegam, ainda, dois alunos atrasados, que são autenticados pelo sistema. Ambos recebem a mensagem sobre o debate e são informados sobre em quais grupos devem se engajar. Um deles é encaminhado para o grupo A e o outro para o grupo C.

No **quarto período** chega mais um aluno atrasado. Ele é autenticado e recebe as informações sobre o debate. No entanto, a atividade pedagógica já foi encerrada e o aluno não é encaminhado para nenhum grupo.

O quinto período ocorre após o término da aula. O sistema automaticamente avalia as presenças dos usuários. Essa avaliação é baseada nas informações de localização. Um aluno é considerado como presente se esteve em sala de aula durante pelo menos 60% do tempo. O aluno que chegou por último perdeu mais da metade da aula, e, portanto, sua presença não será considerada.

Os resultados mostram que o LOCAL pode ser utilizado para: (1) criar grupos de estudantes através dos dados de localização e dos perfis; (2) distribuir material baseado nos perfis e no tema da aula; (3) controlar automaticamente as presenças dos estudantes em sala de aula, baseando-se nos dados de localização.

Tabela 1: Experimento Simulado

	Hora de início	Hora de término	Ator	Ação
1	-	07:00	Professor	Inserir um agendamento a ser enviado entre 7:30 e 10:00, para todos os usuários presentes na sala 216.
	07:30	08:00	Aprendizes	Sete usuários entram na sala (autenticação).
2	07:30	08:00	Sistema	O sistema de localização começa a monitorar a posição dos 7 usuários.
	07:30	08:00	Sistema	O sistema de comunicação envia as mensagens previamente agendadas para todos os usuários presentes na sala 216.
3	08:00	08:10	Professor	Solicita a criação de grupos para o debate.
	08:10	08:10	Sistema	O sistema de comunicação envia as mensagens, criando grupos: A (quatro alunos, Java), B (dois alunos, C#), C (um aluno, C++).
	08:10	08:30	Aprendizes	O debate é iniciado.
4	08:30	08:30	Aprendizes	Dois alunos entram na sala, e são prontamente autenticados no sistema.
	08:30	08:30	Sistema	O sistema de localização começa a monitorar a posição dos 2 últimos alunos. O sistema de comunicação envia a mensagem previamente agendada para estes dois alunos, informando-os dos grupos nos quais devem participar.
	08:30	09:00	Aprendizes	O debate é encerrado.
5	09:00	09:10	Aprendiz	Mais um aluno chega na sala (e é autenticado no sistema).
	09:10	09:10	Sistema	O sistema de localização começa a monitorar a posição do último aluno a chegar na sala do debate; O sistema de comunicação envia a mensagem previamente agendada para este aluno.
	09:10	10:00	Professor e Aprendizes	Os participantes trocam idéias sobre o debate.
5	10:00	-	Sistema	As informações de localização dos participantes são avaliadas, e as presenças são computadas.

### 6.3. AVALIAÇÃO DE USABILIDADE

O teste simulado obteve sucesso, mas não foi suficiente para avaliação da usabilidade do LOCAL. Sendo assim, foi conduzido um experimento nesse sentido envolvendo voluntários que, após a utilização do ambiente, responderam a um questionário. A amostra consistiu de 20 sujeitos, entre aprendizes e professores. O experimento foi realizado em cinco momentos distintos: em cada um deles, um grupo de quatro sujeitos interagiu com o sistema. Os seguintes passos foram realizados: (1) cada sujeito recebeu um dispositivo móvel (iPAQ), com o qual acessou o ambiente; (2) os sujeitos receberam sugestões para participação em *workshops* (baseadas no perfil do usuário); (3) os participantes foram notificados quanto à disponibilidade de outros usuários para diálogo; (4) o LOCAL procurou por correspondências entre os perfis dos participantes, sugerindo recursos de aprendizagem relacionados aos seus interesses; (5) os participantes foram instruídos a se dirigirem para as salas onde ocorriam os *workshops*. O LOCAL disponibilizou para cada usuário o programa do evento escolhido.

Após esses passos, os sujeitos foram instruídos a responder um questionário, com perguntas relacionadas com sua experiência na utilização do LOCAL, onde as respostas deviam estar em uma escala que variava de 1 (muito fraco) até 5 (excelente). Os sujeitos poderiam escolher também a opção zero, significando que não tinham nenhuma opinião particular a respeito de um determinado recurso. A relação das questões apresentadas aos sujeitos está na Tabela 2.

Várias considerações podem ser feitas através da análise das respostas de cada questão. Nesse sentido, foram criados gráficos representativos das questões consideradas as mais importantes.

Os aspectos de adaptação do conteúdo aos dispositivos móveis foram analisados através da questão 1 (Figura 14). Ainda que o teste tenha sido realizado com uma amostra homogênea de dispositivos (no caso, iPAQs), as opiniões dos usuários mostram o potencial do LOCAL para exploração da adaptabilidade.

As questões entre 2 e 8 avaliaram os aspectos relacionados à consciência de contexto, com enfoque especial na apresentação adequada do conteúdo relacionado a eventos pedagógicos e no acompanhamento do deslocamento dos aprendizes. Os resultados apresentados na Figura 15 indicam uma boa aceitação por parte dos sujeitos em relação às informações de cunho contextual.

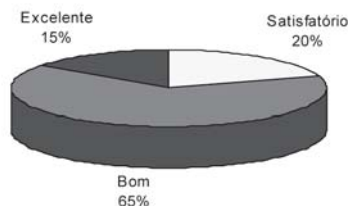
O uso diário do ambiente como uma ferramenta de aprendizagem em sala de aula, bem como a interação entre os aprendizes e elementos contextuais, foram analisados através das questões entre 9 e 11. Essas questões são fortemente relacionadas aos aspectos de usabilidade do

ambiente. A Figura 16 resume as respostas. Mais de 50% dos sujeitos responderam bom ou excelente. Além disso, 36% deles consideraram o ambiente satisfatório. Considerando-se que o teste foi realizado em um ambiente limitado e controlado, esses resultados são uma boa indicação da sua usabilidade.

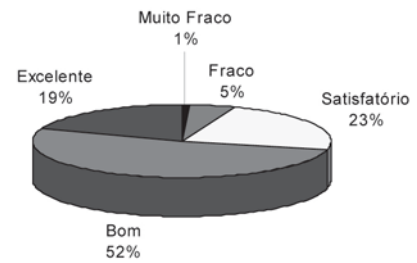
**Tabela 2:** Relação de Questões

No.	Pergunta: "Qual a sua opinião sobre..."
1	...a interface do ambiente adaptada ao dispositivo móvel?
2	...as notificações sobre a disponibilidade de professores?
3	...as notificações de eventos, baseadas em dados de localização e nos perfis de usuário?
4	...a notificação sobre a disponibilidade de recursos físicos?
5	...as informações sobre usuários com interesses semelhantes na mesma localização que você?
6	...a apresentação de conteúdo relacionado a eventos no local em que você está?
7	...a utilidade deste sistema para o ensino de linguagens de programação?
8	...o uso do sistema para determinar sua posição física?
9	...o estímulo à interação entre usuários no mesmo local?
10	...a possibilidade de utilização desse sistema em atividades diárias?
11	...a possibilidade de utilização desse sistema em sala de aula?
12	...a utilização dos dados do seu perfil na personalização do seu processo de aprendizagem?

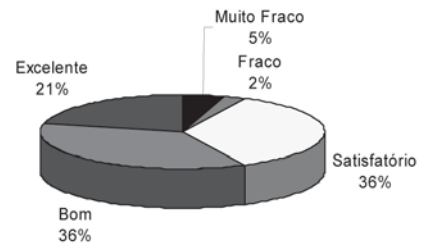
Outro aspecto analisado diz respeito ao uso das informações de perfil para auxílio no processo de aprendizagem. No protótipo os perfis foram introduzidos pelo sujeito permitindo ao Tutor a realização de inferências para relacionamento entre os aprendizes. Desta forma, percebe-se através das respostas à questão 12 (Figura 17), que os sujeitos tem a percepção da importância do uso de informações de perfil no auxílio ao processo de aprendizado e na interação com outros sujeitos.



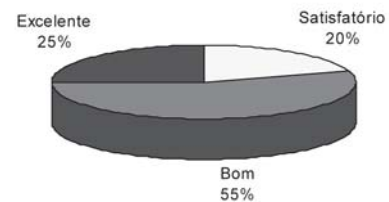
**Figura 14:** Adaptabilidade (questão 1).



**Figura 15:** Dados contextuais (questões 2 a 8).



**Figura 16:** Uso cotidiano (questões 9 a 11).



**Figura 17:** Uso dos dados do perfil (questão 12).

## 7. TRABALHOS RELACIONADOS

Esta seção aborda trabalhos de pesquisa em educação ubíqua, relacionando-os com o LOCAL. Japelas [11] é um sistema que possibilita o aprendizado de expressões de tratamento na língua Japonesa. Os estudantes, portanto dispositivos móveis, são assistidos na tarefa de identificar as expressões adequadas para cada contexto. Japelas utiliza tecnologias de localização e perfis de usuário, mas a abordagem empregada é voltada para uma aplicação específica. O uso de objetos de aprendizagem no LOCAL permite uma abordagem mais genérica. Ainda, a natureza aberta da arquitetura de *web services* do LOCAL faz com que o ambiente possa ser usado como um *framework* para o desenvolvimento de novas aplicações.

Vários projetos abordam a utilização de tecnologias

de localização, tais como SmartClassroom [12] e AmbientWood [13], mas ignoram a utilização de perfis de usuário. Esses projetos são, geralmente, direcionados para cenários específicos. O LOCAL explora a utilização de perfis para a personalização da aprendizagem.

GlobalEdu [35] também utiliza perfis, localização e objetos de aprendizagem. No entanto, a proposta possui uma abordagem em larga escala [8] das tecnologias de computação móvel aplicadas à educação. Além disso, o GlobalEdu necessita do suporte de um *middleware* que implemente os principais serviços da computação ubíqua. Diferentemente, LOCAL concentra os recursos em uma abordagem local, não suportando sistemas de larga escala e não necessitando do complemento de um *middleware*.

## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo apresentou um estudo relacionado com a aplicação da computação móvel e ubíqua no contexto de um novo modelo de curso de graduação. Destacam-se entre as principais considerações relacionadas à computação móvel: (1) os Programas de Aprendizagem foram aperfeiçoados através da aplicação da computação móvel nos projetos de aprendizagem e nas áreas temáticas; (2) todas as áreas temáticas encontraram aplicações para a tecnologia móvel; (3) os professores utilizaram rotineiramente dispositivos móveis em suas práticas acadêmicas, gerando assim, um tema comum que permitiu a integração entre as várias áreas do conhecimento.

Além disso, as seguintes conclusões relacionadas à computação ubíqua foram obtidas: (1) informações de localização ampliam as possibilidades de utilização de dispositivos móveis como ferramentas de aprendizagem; (2) o LOCAL contém os módulos básicos para aprendizagem consciente de contexto, em pequena escala; (3) o protótipo e os resultados dos testes iniciais mostram a viabilidade da educação ubíqua.

Os seguintes trabalhos futuros podem ser destacados: (1) as áreas temáticas podem encontrar novas aplicações para os dispositivos móveis; (2) a aplicação de objetos de aprendizagem contextualizados nas atividades da ComGRefe deve ser explorada; (3) melhoramentos no sistema de localização poderão ser realizados e terão impacto positivo no uso do ambiente; (4) as inferências pedagógicas devem ser aperfeiçoadas; (5) uma expansão futura do sistema de perfis possibilitará um tratamento mais amplo das informações dos aprendizes; (6) novos testes devem ser conduzidos para avaliação do LOCAL por um período maior de tempo, utilizando-o em um Programa de Aprendizagem completo da ComGRefe.

## REFERÊNCIAS

- [1] M. Satyanarayanan. Fundamental Challenges in Mobile Computing. In *15th ACM Symposium on Principles of Distributed Computing*, p. 1-7, Springer-Verlag, 1996.
- [2] A. K. Dey, G. D. Abowd, P. J. Brown, N. Davies, M. Smith, P. Steggle. Towards a better understanding of context and context-awareness. In *Proceedings of the 1st International Symposium on Handheld and Ubiquitous Computing*. p. 304-307, Springer-Verlag, 1999.
- [3] I. Augustin, A. C. Yamin, J. L. V. Barbosa, C. F. R. Geyer. ISAM, a Software Architecture for Adaptive and Distributed Mobile Applications. In *Seventh IEEE Symposium on Computers and Communications*, p. 333-339, 2002.
- [4] M. Weiser. The computer for the 21st century. In *Scientific America*, p. 94-104, 1991.
- [5] J. Hightower, B. Gaetano. Location Systems for Ubiquitous Computing. *IEEE Computer*. 34(8):57-66, August 2001.
- [6] J. Hightower, A. LaMarca, I. Smith. Practical Lessons from Place Lab. *IEEE Pervasive Computing*. 5(3):32-39, July, 2006.
- [7] MobileIN Technologies. Location Based Services (LBS). [http://www.mobilein.com/location\\_based\\_services.htm](http://www.mobilein.com/location_based_services.htm), June de 2007.
- [8] D. N. F. Barbosa, J. L. V. Barbosa, A. C. Yamin, I. Augustin, L. C. Silva, C. F. R. Geyer. Learning in a Large-Scale Pervasive Environment. In *2nd IEEE International Workshop on Pervasive Learning*. New York, IEEE Press, p. 226-230, 2006.
- [9] C. P. Nino, J. Marques, D. N. F. Barbosa, J. L. V. Barbosa, C. F. R. Geyer, I. Augustin. Context-Aware Model in an Ubiquitous Learning Environment. In *3rd International Workshop on Pervasive Learning (PerEL)*. New York, IEEE Press, p. 182-186, 2007.
- [10] J. L. V. Barbosa, R. M. Hahn, D. N. F. Barbosa, C. F. R. Geyer. Mobile and Ubiquitous Computing in an Innovative Undergraduate Course. In *38th ACM Technical Symposium on Computer Science Education (SIGCSE)*. New York, v. 1, p. 379-383, ACM Press, 2007.
- [11] H. Ogata, Y. Yano. How Ubiquitous Computing can support language learning. In *Proceedings of KEST*, p. 1-6, 2003.
- [12] S. Yau et al. SmartClassroom: Enhancing Collaborative Learning Using Pervasive Computing Technology. In *II American Society of Engineering Education (ASEE)*, 2003.
- [13] Y. Rogers et al. Ubi-learning Integrates Indoor and Outdoor Experiences. *Communications of the ACM*, 48(1):55-59, 2005.
- [14] J. L. V. Barbosa, R. M. Hahn, S. A. Rabello, D. N. F. Barbosa. Um Modelo para Suporte à Aprendizagem Consciente de Contexto. In *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)*, p.437-446, 2006.
- [15] Software matemático. <http://software.basnet.by/Math/Mathsoft.html>, Junho 2007.
- [16] Alice Website. <http://alicebot.org>, June 2007.
- [17] 20q.net Website. <http://www.20q.net>, June 2007.
- [18] Biblioteca Digital de Filosofia. <http://www.caosmose.net/bibliotecadigital>, Junho 2007.

- [19] H. Ogata, Y. Yano. Knowledge awareness for a computer-assisted language learning using handhelds. *International Journal of Continuous Engineering Education and Lifelong Learning*, 14(4-5):435-449, 2004.
- [20] J. Roschelle. Unlocking the learning value of wireless mobile devices. *Journal of Computer Assisted Learning*, 19(4):260-272, 2003.
- [21] Y. Rogers et al. Ubi-learning Integrates Indoor and Outdoor Experiences. *Communications of the ACM*, New York, 48(1):55-59, 2005.
- [22] D. Saha, A. Mukherjee. Pervasive Computing: a paradigm for the 21st Century. *IEEE Computer*, New York, 36(3):25-31, 2003.
- [23] G. D. Abowd, E. D. Mynatt. Charting Past, Present and Future Research in Ubiquitous Computing. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, New York, 7(1):29-58, 2000.
- [24] G. Fischer. User Modeling in Human-Computer Interaction. *Journal of User Modeling and User-Adapted Interaction*. 11(1-2):65-86, 2001.
- [25] Global Locate Inc. *A-GPS Technology*. [http://www.globallocate.com/A-GPS/A-GPS\\_Frameset.htm](http://www.globallocate.com/A-GPS/A-GPS_Frameset.htm), June 2007.
- [26] Qualcomm Incorporated. *gpsOne Technology*. <http://www.cdmatech.com/solutions/products/gpsone.jsp>, June 2007.
- [27] Federal Communications Commission (FCC). *Enhanced 911 - Wireless Services*. <http://www.fcc.gov/911/enhanced>, June 2006
- [28] H. Rubinsztein et al. Support for Context-Aware Collaboration. In *I International Workshop on Mobility Aware Technologies and Applications (MATA)*, LNCS n. 3284, p.37-47, 2004.
- [29] F. Becker. Educação e construção do conhecimento. Porto Alegre, Artmed, 2001.
- [30] PAPI - Draft Standard for Learning Technology. Public and private information (PAPI) for learners (PAPI learner). <http://jtc1sc36.org/doc/36N0179.pdf>, June 2007.
- [31] LIP - Learner Information Package Specification. <http://www.imsglobal.org/profiles/index.html>, June 2007.
- [32] ACM Computing Classification System. <http://www.acm.org/class/1998>, June 2007.
- [33] IEEE/LTSC/LOM Learning Technology Standards Committee. Draft Standard for Learning Object Metadata. [http://ltsc.ieee.org/wg12/files/LOM\\_1484\\_12\\_1\\_v1\\_Final\\_Draft.pdf](http://ltsc.ieee.org/wg12/files/LOM_1484_12_1_v1_Final_Draft.pdf), June 2007.
- [34] P. Rigaux, N. Spyrtos. SeLeNe Report: Metadata Management and Learning Object Composition in a Self eLearning Network. <http://www.dcs.bbk.ac.uk/selene/reports>, June 2007.
- [35] D. N. F. Barbosa et al. GlobalEdu: An Architecture to Support Learning in a Pervasive Computing Environment". In *IFIP Workshop on Educational Technology (EDUTECH)*, Springer-Verlag, p.1-10, 2005.