

---

# LOCAL: Um Modelo para Suporte à Aprendizagem Consciente de Contexto

Jorge Barbosa<sup>1</sup>, Rodrigo Hahn<sup>1</sup>, Solon Rabello<sup>1</sup>, Débora Barbosa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Programa Interdisciplinar de Pós-Graduação em Computação Aplicada (PIPICA)  
Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS) – São Leopoldo – RS – Brasil

{jbarbosa,hahn,solon}@unisinobrasil.br

<sup>2</sup>Centro Universitário LaSalle (UniLasalle) – Canoas – RS – Brasil

nice@unilasalle.edu.br

**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. The use of locating systems to track learner alongside with context awareness support creates new pedagogical opportunities. This paper proposes a model to explore these opportunities using location information and context management as learning support tools. The model was implemented and the initial results show its utility to assist the teaching and learning processes.*

**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. O acompanhamento da mobilidade do aprendiz através de sistemas de localização e o suporte à consciência de contexto, trazem novas oportunidades educacionais. Este artigo propõe um modelo que explora essas oportunidades, usando informações de localização e o gerenciamento de contextos como instrumentos de apoio à educação. O modelo foi implementado e os resultados iniciais mostram sua utilidade no auxílio aos processos de ensino e de aprendizagem.*

## 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 (por exemplo, WiFi, Bluetooth, CDMA e GSM). Este novo paradigma distribuído e móvel é denominado Computação Móvel [Bonatto 2005]. Além disso, a mobilidade aliada à difusão da comunicação sem fio (*wireless*) permitiu aos serviços computacionais serem disponibilizados em contextos específicos [Yamin 2003]. O acréscimo de pesquisas relacionadas com a Adaptação [Augustin 2002] trouxe a possibilidade de suporte computacional contínuo, a qualquer momento e em qualquer lugar (Computação Ubíqua [Satyanarayanan 2001][Augustin 2004]). Por sua vez, os sistemas de localização [Hightower and Gaetano 2001] estão viabilizando o uso preciso desse tipo de

---

computação de acordo com a posição física do usuário. Recentemente, a aplicação dessas tecnologias nas estratégias de educação ocasionou o surgimento de uma nova frente de pesquisa denominada aprendizagem ubíqua [Barbosa 2006].

Neste contexto, está sendo proposto o modelo LOCAL (*LOcation and Context Aware Learning*). LOCAL usa informações de localização e de contexto como auxílio ao processo de ensino e de aprendizagem. Um sistema de localização acompanha a mobilidade dos aprendizes e, baseado nas suas posições físicas, explora oportunidades educacionais. A implementação e a avaliação do modelo demonstram a viabilidade da proposta. LOCAL propõe o uso local (pequena escala) dos conceitos introduzidos pelo modelo global de educação ubíqua denominado GlobalEdu [Barbosa 2005].

O artigo está organizado em seis seções. A seção dois aborda de forma resumida o contexto científico e tecnológico onde está sendo desenvolvido o trabalho. A terceira seção apresenta o modelo proposto. Por sua vez, a seção quatro descreve a implementação e discute sua avaliação em um cenário. As duas últimas seções apresentam os trabalhos relacionados e as considerações finais.

## **2. Localização, Mobilidade, Contextos e Educação**

A computação ubíqua [Satyanarayanan 2001][Augustin 2004] vem sendo potencializada pelo uso de informações de Localização [Hightower and Gaetano 2001]. 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 de uma rua). A informação pode ser obtida através de posicionamento de satélites (GPS, A-GPS) e/ou através de antenas *wireless* (CDMA, GSM e Wifi). Desenvolvimentos recentes [Lamarca 2005] demonstram que a precisão atual da localização permite a implementação de aplicações comerciais. Além disso, a rápida proliferação de antenas *wireless* torna previsível uma crescente precisão da localização, estimulando a multiplicação de serviços (LBS – *Location-Based Services* [MobileIN 2006]). Neste cenário, a computação ubíqua será estimulada, pois será usada com precisão de localização.

A disseminação da computação ubíqua ocasionará um impacto significativo em diferentes áreas de atuação da sociedade. Entre essas áreas destaca-se a Educação (*Ubiquitous Learning* [Yau 2003][Rogers 2005][Barbosa 2006]). No cenário da educação apoiada pela computação ubíqua, novos pressupostos educacionais devem ser pensados, uma vez que os recursos pedagógicos podem ser acessados a qualquer momento e em qualquer lugar. O suporte ubíquo permite a construção de programas de aprendizagem relacionados com questões dinâmicas do contexto do aprendiz. O ambiente controla as aplicações orientadas à educação, possibilitando que o contexto seja vinculado com os objetivos pedagógicos. 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/dispositivo que se relaciona com seu objetivo está disponível para você agora (contexto)”. Em direção a este cenário estão surgindo propostas, tais como, SeLeNe [SeLeNe 2006], Japelas [Ogata and Yano 2003], Elena [Simon 2003], SmartClassroom [Yau 2003] e GlobalEdu [Barbosa 2005]. O LOCAL está sendo proposto nesse contexto.

---

### 3. LOCAL: Usando Localização e Contextos na Educação

#### 3.1. Arquitetura do Modelo

A arquitetura LOCAL é formada por seis componentes (figura 1). O primeiro é um sistema de perfis de usuário, que armazena dados relevantes ao processo de ensino e de aprendizagem. O segundo é um sistema de localização. O terceiro é um Assistente Pessoal (AP) que acompanha o usuário, executando em seu dispositivo móvel. O quarto é um repositório de objetos de aprendizagem, que armazena e indexa o conteúdo relevante ao processo pedagógico. O quinto componente é um sistema de envio de mensagens contextuais e o sexto é um motor de análise (tutor) que realiza inferências usando dados fornecidos pelos sistemas de perfis e de localização. As próximas seções descrevem os componentes da arquitetura.

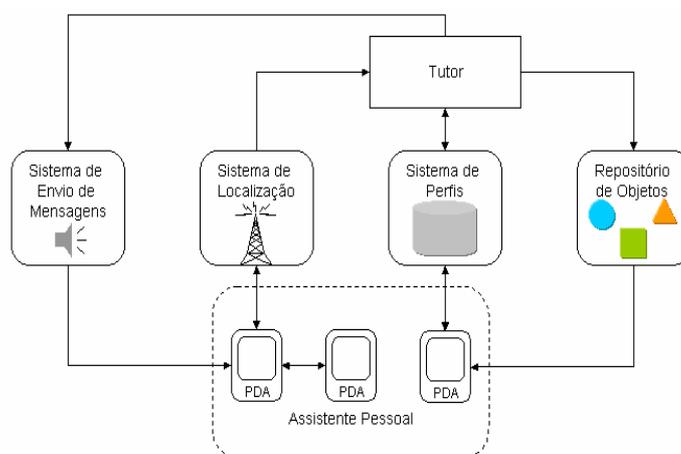


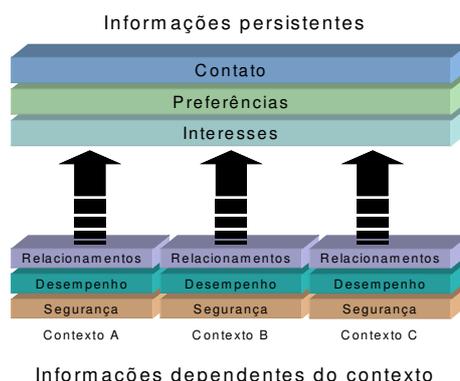
Figura 1. Visão geral da arquitetura LOCAL

#### 3.2. Sistema de Perfis

Nos últimos anos, a busca pela padronização de perfis de usuários em sistemas computacionais gerou padrões tais como o *PAPI* [PAPI 2006] e o *LIP* [LIP 2006]. 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 [Barbosa 2005][Barbosa 2006].

O LOCAL é baseado no modelo *PAPI*. Entre as características do padrão que estimularam seu uso destacam-se: (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 2 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.



**Figura 2. Organização do perfil baseado em contextos**

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 [ACM 2006]. 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. A seção **Segurança** armazena as credenciais (nomes e senhas) que regulamentam níveis de acesso em contextos específicos.

### 3.3. Assistente Pessoal e Sistema de Localização

O Assistente Pessoal (AP) é o módulo que acompanha o aprendiz no seu dispositivo móvel (veja figura 1). O AP possui as seguintes funcionalidades: (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.

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>1</sup> do aprendiz. As informações de perfil, aliadas às informações dos contextos, são usadas no processo de ensino e de aprendizagem. A seção 4 descreve a implementação do AP e do sistema de localização.

<sup>1</sup> *Tracking*: Registro dos contextos visitados pelo usuário em um período de tempo.

### 3.4. 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 3). 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 (mesmo sistema descrito na seção 3.2 para **Interesses**) [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*). Essas propriedades são inseridas quando o objeto é cadastrado.

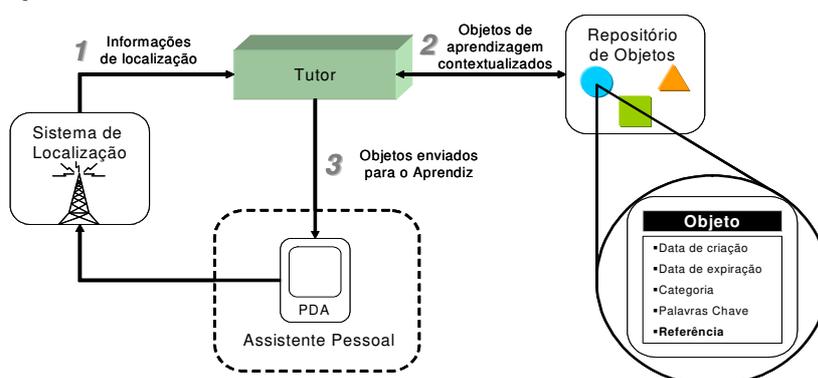


Figura 3. Objetos de aprendizagem no LOCAL

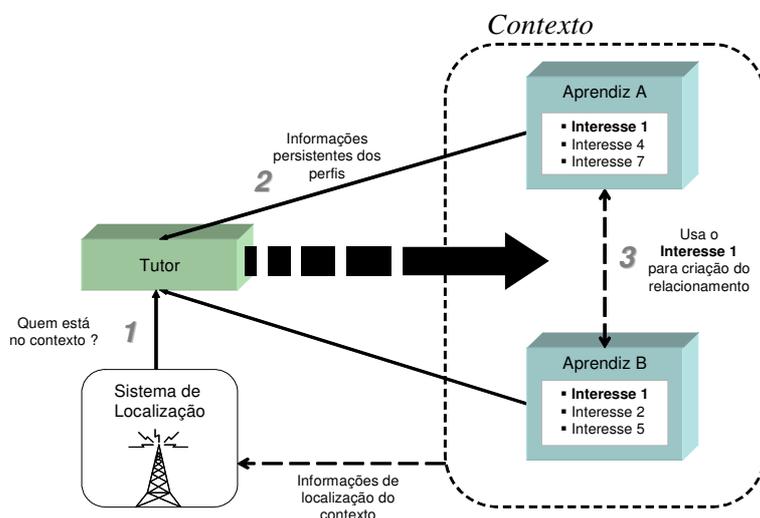
### 3.5. Tutor

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 anterior. A segunda é apresentada no restante dessa seção.

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. Existem duas formas de interação:

- (1) **similaridade**: 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;
- (2) **complementaridade**: 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.

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).



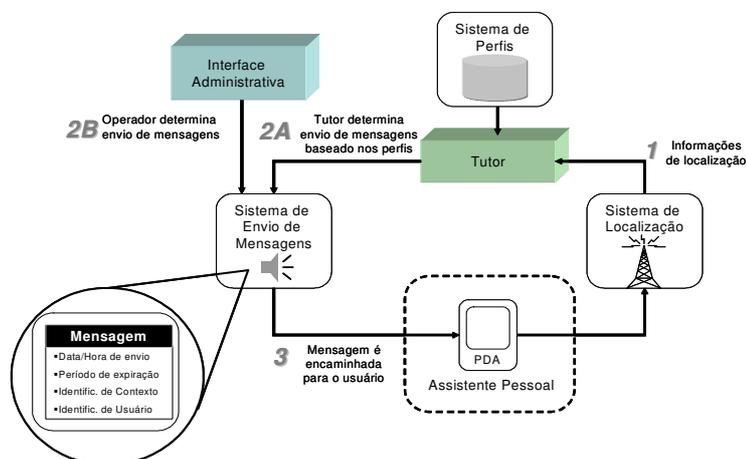
**Figura 4. Funcionamento do Tutor**

### 3.6. Sistema de Envio de Mensagens

O sistema de envio de mensagens é controlado pelo Tutor de forma automática ou por um operador via uma interface administrativa. Ele é usado para notificação dos usuários através de mensagens textuais. A figura 5 mostra o seu funcionamento (o passo 2 mostra o acionamento). Os seguintes serviços de envio de mensagens são suportados:

- envio para um usuário específico no sistema, onde quer que este se encontre;
- envio para um contexto específico (todos os usuários naquele contexto);
- envio 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 5. Sistema de envio de mensagens**

## 4. Implementação e Estudo de caso

### 4.1. Protótipo do LOCAL

Um protótipo do modelo encontra-se em funcionamento na Unisinos. O sistema abrange nove salas no segundo andar do prédio onde está localizado o MobiLab<sup>2</sup>. Os equipamentos de computação móvel usados na criação e avaliação do protótipo foram doados pela empresa HP Computadores<sup>3</sup>. A infra-estrutura de rede sem fio é composta de quatro antenas *wireless* Cisco Aironet distribuídas no andar.

O sistema de localização possui duas partes: (1) um *Web Service* criado em C# que fornece informações genéricas de localização e (2) um banco de dados que armazena as informações dos contextos. O assistente pessoal (AP) foi desenvolvido em C# (figura 6a), utilizando o *.NET Compact Framework*. A biblioteca de código-fonte aberto *OpenNETCF* foi utilizada para suporte a redes sem fio. O assistente 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 (figura 6b) foi implementado usando MySQL. As informações são cadastradas pelos próprios usuários usando uma ferramenta web criada em PHP e AJAX. Essa ferramenta pode ser acessada através de um *desktop* ou através dos dispositivos móveis. O tutor e o sistema de mensagens também foram implementados em C#.

### 4.2. Avaliação do protótipo

Uma sala do prédio do MobiLab (sala 216) foi utilizada como cenário, onde ocorreu uma aula simulada envolvendo dez aprendizes portando iPAQs 4700. A aula teve duração de duas horas e meia (entre 7:30 e 10:00). Os perfis dos alunos haviam sido previamente cadastrados no sistema. Os resultados do teste estão documentados na tabela 1. A tabela está organizada em cinco períodos considerados relevantes.

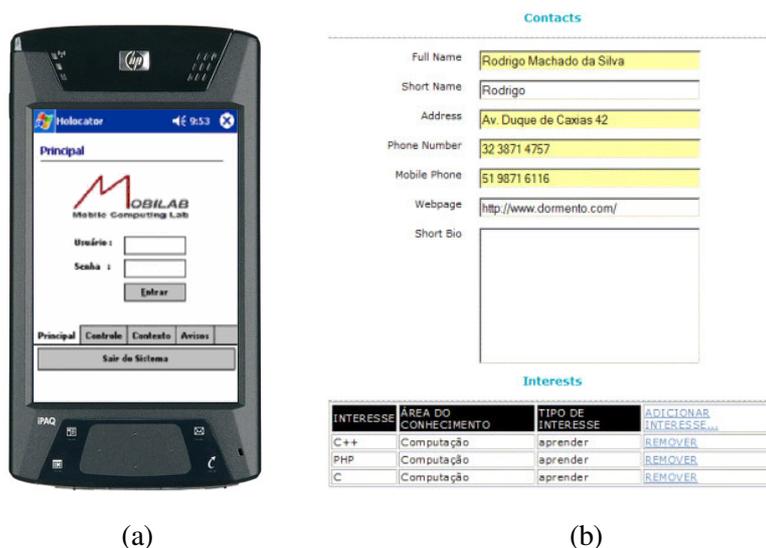


Figura 6. (a) Assistente Pessoal (AP); (b) Interface de edição de perfis

<sup>2</sup> Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento em Computação Móvel. <http://www.inf.unisinos.br/~mobilab>.

<sup>3</sup> Prêmio recebido pelo MobiLab - "Grant HP Mobile Technology for Teaching 2004 – Latin American Region".

O primeiro período ocorre antes da aula. O professor agenda (interface administrativa, veja figura 5, passo 2B) uma mensagem com o tema de um debate que ocorrerá no encontro (no teste, “Paradigmas e Linguagens de Programação”) e endereço na web contendo material relacionado. O registro durará por todo o período da aula e mesmo os alunos atrasados serão notificados. A mensagem está vinculada com o contexto (sala 216) onde ocorrerá o debate. O segundo período corresponde ao início da aula. Sete alunos entram na sala e são autenticados. Os alunos recebem a mensagem agendada. No terceiro período o professor solicita ao Tutor a criação de grupos para o debate. Os grupos são organizados (através de mensagens) de acordo com a similaridade (veja seção 3.5) nos interesses dos alunos por Linguagens de Programação. Neste caso, foram formados três grupos, um deles (grupo A) com quatro alunos interessados em Java. O outro (grupo B) com dois alunos com interesse em C# e o terceiro (grupo C) com apenas um aluno interessado em C++. No mesmo período, inicia o debate onde cada grupo apresenta as características das linguagens. Chegam dois alunos atrasados, que são autenticados pelo sistema. Ambos recebem a mensagem agendada. Além disso, são informados através de outra mensagem em quais grupos devem entrar. Um deles é encaminhado para o grupo A e o outro para o grupo C. No quarto período chega mais um aluno atrasado. Ele recebe a mensagem 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 registra as presenças dos alunos usando as informações de localização. Um aluno é considerado presente se esteve em aula pelo menos 60% do tempo. O aluno que chegou por último foi considerado ausente.

**Tabela 1. Simulação de uma aula usando o LOCAL**

Período	Horário	Personagem	Ações
1	07:00 – 07:30	Professor	Cadastra uma mensagem a ser enviada, no período entre 7:30 e 10:00, para todos os alunos que estiverem na sala 216.
2	07:30 – 08:00	Alunos	Chegam sete alunos (autenticação).
		Sistema	Sistema de Localização inicia o <i>tracking</i> dos sete alunos que chegaram. Sistema de Mensagens envia mensagens para os sete alunos.
3	08:00 – 09:00	Professor	Solicita ao Tutor a formação de grupos para o debate.
		Sistema	Envia mensagens para os alunos informando os grupos: Grupo A (quatro alunos, linguagem Java), Grupo B (dois alunos, linguagem C#), Grupo C (um aluno, linguagem C++).
		Alunos	Inicia o debate. Chegam dois usuários atrasados (autenticação).
		Sistema	Inicia o <i>tracking</i> dos alunos atrasados. Envia mensagem sobre o debate para alunos atrasados. Informa os atrasados sobre quais grupos devem participar: um deles entra no grupo A (Java) e outro no grupo C (C++).
4	09:00 – 10:00	Aluno	Termina o debate. Chega um aluno bastante atrasado (autenticação)
		Sistema	Inicia trace do aluno atrasado Envia mensagem sobre o debate O Tutor não envia mensagem de alocação de grupo, pois o debate acabou.
5	10:00	Sistema	Avalia o <i>tracking</i> dos alunos e registra as presenças.

---

## 5. Trabalhos Relacionados

Japelas [Ogata and Yano 2003] é um sistema que suporta o ensino de expressões de tratamento da língua japonesa. Os estudantes, portando *handhelds*, são auxiliados na identificação da expressão de tratamento a ser usada em um contexto. Japelas usa localização e perfis, no entanto é direcionado para uma aplicação específica. LOCAL é uma proposta genérica. Alguns trabalhos tratam perfis em ambientes distribuídos (SeLeNe [SeLeNe 2006] e Elena [Simon 2003]), mas não consideram localização. Outros usam localização (SmartClassroom [Yau 2003] e AmbientWood [Rogers 2005]), mas não consideram perfis. LOCAL propõe a conciliação entre localização e perfis. GlobalEdu [Barbosa 2006] possui uma abordagem global (visão ubíqua) das tecnologias de computação móvel na educação. Diferentemente, LOCAL concentra os recursos em uma abordagem local, não suportando sistemas de larga escala.

## 6. Considerações Finais

Este artigo abordou um tema emergente relacionado com informática na educação. Aliando sistemas de localização e gerenciamento de perfis foi possível à criação de um instrumento de apoio pedagógico baseado na consciência de contextos.

As principais conclusões foram: (1) a computação móvel amplia as oportunidades introduzidas pela informática na educação; (2) as informações precisas de localização estimulam o uso de dispositivos móveis como instrumentos de ensino e de aprendizagem; (3) o modelo proposto contém os módulos básicos para suporte pedagógico usando consciência de contexto; (4) o protótipo e o estudo de caso comprovaram a viabilidade da proposta.

LOCAL constitui uma proposta inicial que necessita melhorias. As inferências pedagógicas do Tutor devem ser aperfeiçoadas. Além disso, a expansão do sistema de perfis suportará um tratamento mais amplo de informações dos aprendizes. Novos testes devem ser realizados para avaliação do sistema. Nesse sentido, durante o segundo semestre de 2006, uma das graduações de referência (GRefe<sup>4</sup>) na Unisinos usará o LOCAL como instrumento de auxílio em um dos seus programas de aprendizagem.

## Referências

- ACM Computing Classification System (2006). <https://www.acm.org/class/1998>, August.
- Augustin, I. et al (2002). "ISAM: a Software Architecture for Adaptive and Distributed Mobile Applications". VII IEEE Symposium on Computers and Communications, Messina, IEEE Press, v.7, p.333-339.
- Augustin, I. et al (2004). "ISAM, Joing Context-awareness and Mobility to Building Pervasive Applications". Imad Mahgoub; Mohammad Ylias (Org.). Mobile Computing Handbook. New York, p. 73-94.

---

<sup>4</sup> Graduação de Referência em Engenharia da Computação. [http://www.unisinos.br/nova\\_graduacao/eng\\_comp](http://www.unisinos.br/nova_graduacao/eng_comp).

- 
- Barbosa, D. et al (2005). "GlobalEdu: An Architecture to Support Learning in a Pervasive Computing Environment". IFIP Workshop on Educational Technology (EDUTECH), Perth, Australia, Springer-Verlag.
- Barbosa, D. et al (2006). "Learning in a Large-Scale Pervasive Environment". 2nd IEEE International Workshop on Pervasive Computing (PerEI), New York, IEEE Press.
- Bonato, D. et al (2005). "Estratégias para Localização em um Ambiente de Computação Móvel". XXXII Seminário Integrado de Software e Hardware, São Leopoldo.
- Hightower, J. and Gaetano, B. (2001). "Location Systems for Ubiquitous Computing". IEEE Journal, New York, IEEE Press.
- Lamarca, A. et al (2005). "Place Lab: Device Positioning Using Radio Beacons in the Wild". 3<sup>rd</sup> International Conference on Pervasive Computing, Munich, Germany.
- LIP (2006). "Learner information package specification", <http://www.imsglobal.org/metadata/index.cfm>, Agosto.
- MobileIN Technologies (2006). "Location Based Services (LBS)". [http://www.mobilein.com/location\\_based\\_services.htm](http://www.mobilein.com/location_based_services.htm), August.
- Ogata, H. and, Yano, Y (2003). "How Ubiquitous Computing can support language learning". Proceedings of KEST, p.1-6.
- PAPI (2006). "Draft standard for learning technology. public and private information (papi) for learners (papi learner)", <http://jtc1sc36.org/doc/36N0179.pdf>, August.
- Rogers, Y. et al (2005). "Ubi-learning Integrates Indoor and Outdoor Experiences". Communications of the ACM, v. 48, n. 1, p.55-59, January.
- Satyanarayanan, M. (2001) "Pervasive computing: vision and challenges", IEEE, 8(4):10-17.
- SeLeNe (2006). "Self e-Learning Networks". <http://www.dcs.bbk.ac.uk/selene>, August.
- Simon, B. et al (2003). "Elena: A Mediation Infrastructure for Educational Services". Proc. of WWW Conference. Budapest, Hungary, May.
- Yamin, A. et al (2003). "Towards Merging Context-aware, Mobile and Grid Computing". International Journal Of High Performance Applications, London: Sage Publications, v. 17, n. 2, p. 191-203.
- Yau, S. et al (2003). "Smart Classroom: Enhancing Collaborative Learning Using Pervasive Computing Technology". II American Society of Engineering Education (ASEE), June.