

Um Modelo para Colaboração em Ambientes Descentralizados de Educação Ubíqua

Solon Rabello¹, Jorge L. V. Barbosa¹, Jezer Oliveira¹, André Wagner¹,
Débora N. F. Barbosa², Patrícia B. S. Bassani²

¹ Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS)
Av. Unisinos, 950 – São Leopoldo – RS – Brasil

² Universidade Feevale – Rodovia RS-239, 2755
Novo Hamburgo – RS – Brasil

`solonrabelo@gmail.com, jbarbosa@unisinos.br,
{jezeroliveira, andre.nho}@gmail.com, {deboranice, patricab}@feevale.br`

Abstract. *The recent use of mobile devices and interconnection technologies based on wireless communication have stimulated mobile and ubiquitous computing research. Nowadays, there are several approaches to the organization of ubiquitous computing environments, even though the majority of them employ a centralized architecture. This approach brings some benefits, but it also has some disadvantages intrinsic to the model. This article proposes a collaboration model created for decentralized environments, capable of improving the learning process through the stimulus to the interaction between learners. This approach is modeled using agents, employing on a socio-interactionist model based on the “most capable pair”.*

Resumo. *O uso recente de dispositivos móveis e de redes de computadores sem fio têm estimulado pesquisas na área de computação móvel e ubíqua. Atualmente, existem várias abordagens para a organização de ambientes de computação ubíqua, embora a maioria deles empregam uma arquitetura centralizada. Esta abordagem traz alguns benefícios mas também algumas desvantagens inerentes ao modelo. Este artigo propõe um modelo de colaboração criado para ambientes descentralizados, capaz de auxiliar o processo de aprendizagem através do estímulo à interação entre os alunos. Esta abordagem é modelada usando agentes e empregando um modelo sócio-interacionista com base no "par mais capaz".*

1 Introdução

Atualmente, os estudos sobre mobilidade em Sistemas Distribuídos vêm sendo impulsionados pela proliferação de dispositivos eletrônicos portáteis (por exemplo, *smartphones*, *handhelds*, *notebooks* e *tablet PCs*) e pela exploração de novas tecnologias de interconexão baseadas em comunicação sem fio. Este novo paradigma distribuído e móvel é denominado Computação Móvel [Diaz, 2009]. Além disso, a mobilidade aliada à difusão da comunicação sem fio (*wireless*) permitiu aos serviços

computacionais serem disponibilizados em contextos específicos (Computação Baseada em Contextos [Dey 2001]). O acréscimo de pesquisas relacionadas com a Adaptação [Augustin et al 2002] trouxe o suporte computacional contínuo, a qualquer momento e em qualquer lugar (Computação Ubíqua [Satyanarayanan 2001], [Weiser 1991]).

Esse universo de pesquisa vem sendo potencializado com estudos sobre Sistemas de Localização [Hightower et al 2006] ou seja, quando há a determinação da posição física de um dispositivo móvel (por exemplo, uma determinada sala em um prédio) e o uso desta informação. A precisão atual da localização permite a implementação de aplicações comerciais [Ubisense 2010]. Além disso, a rápida proliferação de antenas *wireless* torna previsível uma crescente precisão dessa informação, estimulando a multiplicação de Serviços Baseados em Localização (LBSs) [Dey et al 2010].

A educação, assim como outras áreas de conhecimento, usufrui dessas novas tecnologias para melhorar suas práticas e abordagens. A aplicação dessas tecnologias no aperfeiçoamento das estratégias de educação ocasionou o surgimento de uma frente de pesquisa denominada Educação Ubíqua [Yin 2010, Barbosa 2008, Barbosa 2005]. Para que um sistema seja considerado ubíquo, ele deve atender certas características, tais como invisibilidade, escalabilidade, adaptação, disponibilidade, tolerância a falhas, entre outras [Satyanarayanan 2001]. No entanto, a maioria dos ambientes existentes de educação ubíqua adota a abordagem centralizada, ou seja, utiliza servidores para gerenciar as informações dos aprendizes e do contexto, tais como as informações de localização e de perfis.

Os ambientes ubíquos centralizados não se adéquam, *a priori*, a duas das características previamente definidas como essenciais em um ambiente ubíquo [Satyanarayanan 2001]: a) Escalabilidade, pois o processamento e o armazenamento são limitados a poucas máquinas, caracterizando assim um ponto no sistema onde a procura por recursos pode ultrapassar a oferta; b) Disponibilidade, pois em arquiteturas centralizadas qualquer problema de conexão entre os dispositivos e os servidores resulta em indisponibilidade do serviço. Assim, esse artigo propõe um modelo para colaboração em ambientes descentralizados de educação ubíqua, capaz de auxiliar nos processos educacionais a qualquer momento e em qualquer lugar chamado CoolEdu. O modelo possui como base um ambiente descentralizado de educação ubíqua e auxilia no processo de ensino e aprendizagem através do fomento à colaboração entre os aprendizes de forma contínua. O CoolEdu tem por premissa auxiliar no processo de aprendizagem seguindo as características definidas por Satyanarayanan (2001) sobre ambientes ubíquos. Duas dessas características são abordadas de forma especial pelo CoolEdu, ou seja, a escalabilidade e a disponibilidade. Um modelo de colaboração para ambientes descentralizados é proposto. Este, baseado no modelo sócio-interacionista e na abordagem de agentes, auxilia no processo de aprendizagem através do estímulo à interação entre os aprendizes. Esse estímulo é guiado pelo conceito de “par mais capaz” criado por Vygotsky (1980).

A seção 2 descreve o modelo CoolEdu. Na seção 3, é mostrada a forma de implementação do protótipo, a metodologia de avaliação e os resultados obtidos. A seção 4 apresenta trabalhos relacionados e realiza uma comparação entre o CoolEdu e os mesmos. As considerações finais e trabalhos futuros são descritos na seção 5.

2 Detalhamento do CoolEdu

O CoolEdu apoia a educação através do estímulo à colaboração, utilizando para isso serviços de suporte do ambiente de educação ubíqua. No sistema, o auxílio a colaboração acontece pela interação entre diferentes agentes espalhados em diferentes dispositivos móveis. Assim, pode-se dizer que o modelo proposto está projetado como um sistema de agentes heterogêneos.

2.1 Requisitos de Ambiente

Para que o CoolEdu possa utilizar os serviços oferecidos pelo ambiente de educação ubíqua foi escolhido o protocolo de comunicação FIPA-ACL (2012). Em virtude desta abstração na comunicação, é possível a interoperatividade entre agentes heterogêneos em sistemas multiagentes. A Figura 1 apresenta os serviços que o CoolEdu requer do ambiente ubíquo para seu funcionamento. Esses serviços são classificados em: Serviços de Objetos de Aprendizagem, Serviços de Contextos, Serviços de Comunicação e Serviços de Conectividade.

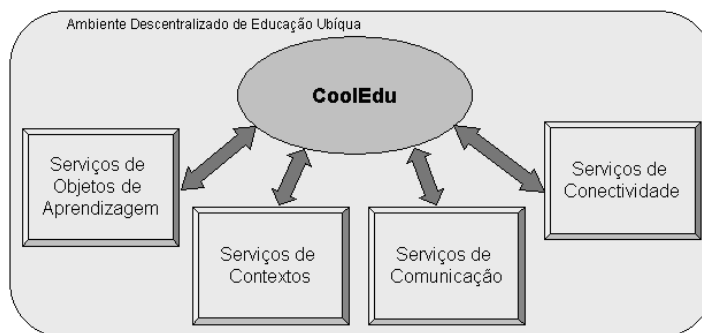


Figura 1 – Requisitos do ambiente

Nesse sentido, o CoolEdu pode ser utilizado em qualquer ambiente descentralizado de educação ubíqua, desde que o protocolo de comunicação para troca de mensagens seja respeitado e os serviços requeridos pelo modelo de colaboração sejam oferecidos, como especificados nessa seção. Embora seja um sistema multi-agente, os serviços de ambiente necessários para a sua utilização não necessariamente precisam ser agentes, desde que ofereçam os serviços requeridos. Além disso, em geral os serviços possuem uma organização em camadas. Estes serviços são os seguintes:

- **Serviços de Objetos de Aprendizagem.** Objetos de aprendizagem são uma das ferramentas necessárias para que o aprendiz possa ampliar seus conhecimentos [Mitchell 2007]. É esperado que os serviços de objetos de aprendizagem armazenem, adquiram e distribuam os objetos de aprendizagem no ambiente descentralizado de educação ubíqua. Além de manipular os objetos de aprendizagem, é requisito do CoolEdu que esses serviços ofereçam metadados sobre os objetos. Esses metadados são necessários para que o CoolEdu possa realizar análises sobre os objetos de aprendizagem, buscando oferecer materiais adequados ao aprendiz, no momento certo e na hora certa;
- **Serviços de Contexto de Ambiente.** Contextos de ambiente são todos os grupos formados devido a fatores do ambiente [Dey 2001]. Uma posição geográfica ou uma data são exemplos de dados que formam um contexto de ambiente. Esses contextos não envolvem nenhuma informação referente ao conhecimento que é

discutido pelos aprendizes que os integram, tratando somente de dados espaço-temporais. A forma de obtenção do dado fica a cargo do serviço;

- **Serviços de Comunicação.** Os serviços de comunicação suportam o envio de mensagens diretamente aos aprendizes. Essas mensagens devem ser enviadas e persistidas no dispositivo do receptor. Com o intuito de dar flexibilidade ao envio dessas mensagens, o CoolEdu requer dois tipos de envio de mensagens: privadas, que são enviadas diretamente a um aprendiz, e públicas, que são enviadas a vários aprendizes dentro de um contexto;
- **Serviços de Conectividade.** O CoolEdu requer que os serviços de conectividade realizem a troca de dados entre diferentes dispositivos. Esses serviços são responsáveis pelo empacotamento e desempacotamento das mensagens no padrão FIPA-ACL (2012).

2.2 Arquitetura do CoolEdu

A arquitetura do CoolEdu é composta por três agentes: o Agente Social, o Agente Interface e o Agente Coletor. Esta organização sofreu influência das arquiteturas dos modelos de educação ubíqua LOCAL [Barbosa, J. 2008] e GlobalEdu [Barbosa, D. 2005]. A Figura 2 mostra a arquitetura do CoolEdu, onde a figura maior detalha a organização interna, que é replicada com cada dispositivo.

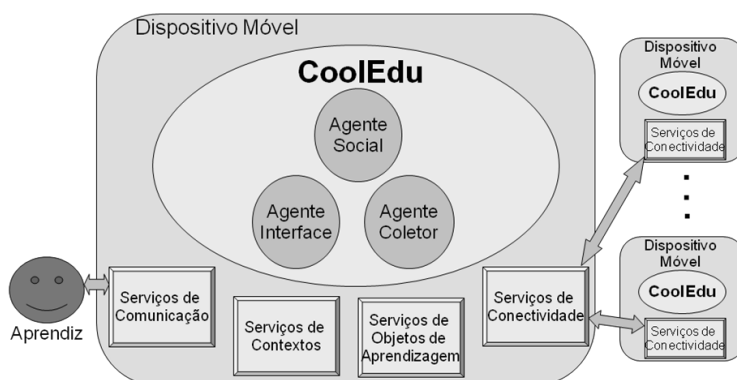


Figura 2 – Arquitetura do CoolEdu

Os agentes que compõem o CoolEdu e os serviços de suporte estão contidos em um dispositivo móvel, e a comunicação entre esses agentes e os agentes de outros dispositivos é realizada através dos Serviços de Conectividade do ambiente. Segue uma descrição de cada um dos agentes.

2.2.1 Agente Coletor

O agente Coletor é responsável pela comunicação dos agentes que auxiliam um aprendiz (num dispositivo eletrônico) com os agentes que auxiliam outros aprendizes (outros dispositivos). Ou seja, esse é o agente responsável pela coleta e distribuição de dados entre os agentes da sociedade que compõem o ambiente. Este agente armazena informações dos aprendizes de forma individual. O perfil do aprendiz utilizado no CoolEdu é baseado no modelo proposto por Levis [Levis et al 2007], acrescido de informações psicológicas do aprendiz, no modelo BigFive [Booker 2007, Choi 2009]. Além disso, foram inseridas novas categorias necessárias para uma abordagem de colaboração baseada na teoria sócio-interacionista de Vygotsky (1980). O modelo de perfil adotado no CoolEdu pode ser visto na Tabela 1.

Tabela 1 - Modelo perfil de aprendiz adotado no CoolEdu

Categoria	Elementos	Categoria	Elementos	Categoria	Elementos
Personal Information	ID, Domain, Name, Phone, E-mail, Age, Education level, Profession	Security	Password, Public key, Private-Key	Preferences	Availability, Message Format, Learning style, Context
Personality Trait	Agreeableness, Conscientiousness, Extroversion, Neuroticism, Openness	Relation	Other-ID, Relation, Context	History	General interest Special interest Description Level Learning-pair Context Learning-object Internalized Appreciation
		Interests	General interest, Special interest, Description, Level, Magnitude		

Dentre as categorias utilizadas no perfil de aprendiz, merece destaque a categoria *History*, que agrupa as informações que o aprendiz está trabalhando, ou já trabalhou. Essas informações são referentes à interação entre uma dupla de aprendizes, por esse motivo é armazenado uma referência ao outro aprendiz (*learning pair*), além dos conhecimentos que foram discutidos e se foi utilizado algum objeto de aprendizagem para apoiar esse processo. Também é armazenado o contexto onde essa dupla interagiu e uma nota (*appreciation*), dada pelo próprio aprendiz, referente ao quanto foi útil essa interação. Estes dados podem mudar continuamente e servem como um *cache* do que está sendo ensinado e aprendido pelo aprendiz, e como um histórico do que já foi ensinado e aprendido.

2.2.2 Agente Interface

O Agente Interface é responsável pela interação do aprendiz com o CoolEdu. Através dessa interface o usuário recebe, em forma de mensagens de texto, áudio ou vídeo, as sugestões pedagógicas criadas pelo agente Social. Essa interface também apresenta ao aprendiz os objetos de aprendizagem que o CoolEdu considera relevantes para o apoio ao processo educacional. O agente torna a apresentação dessas sugestões pedagógicas contextualizadas e personalizadas ao aprendiz. Para isso, o Agente Interface, ao receber solicitações de envio de mensagens, analisa as preferências do perfil desse aprendiz e personaliza as mensagens, conforme necessário. Além disso, ele analisa os dados de contexto de ambiente em conjunto com o perfil do usuário, evitando assim interrupções e facilitando o recebimento de mensagens pelo aprendiz.

2.2.3 Agente Social

O Agente Social auxilia no encontro de oportunidades pedagógicas, baseando-se para isso no conceito de zona de desenvolvimento proximal de Vygotsky (1980). A utilização de conceitos de Vygotsky em ambientes descentralizados de educação ubíqua apresenta-se como uma proposta adequada, pois, devido à mobilidade dos aprendizes, ambientes ubíquos são propícios para troca de informações entre eles. Apesar dessa troca de informação também ser possível em outros ambientes, como um ambiente de EAD pela internet, essa troca é facilitada em ambientes ubíquos, podendo-se inclusive utilizar dados de localização. Como material para análise, na busca por oportunidades pedagógicas, o Agente Social usa dados do Agente Coletor. Essa análise realizada pelo Agente Social é norteadada pelos conceitos de Vygotsky, onde a aprendizagem ocorre pela união de pares de aprendizes, usando o conceito de “par mais capaz”.

3 Implementação e Avaliação

Para a validação do modelo proposto foram realizados testes de usabilidade e funcionalidade com o CoolEdu. Esses testes foram executados utilizando-se um protótipo do modelo. Para avaliação foram projetados dois testes: cenário de uso (prova de conceito) e avaliação com voluntários.

Para a implementação necessária para o primeiro teste, o CoolEdu foi integrado com uma infraestrutura para criação de ambientes ubíquos de aprendizagem denominada Global [Oliveira 2009]. O Global disponibiliza agentes de software que executam tarefas comuns ao processo de aprendizagem ubíqua permitindo a criação de ambientes de educação ubíqua a partir da extensão desses agentes ou adição de novos. A partir desta implementação foi realizado um cenário de uso. Essa avaliação teve por objetivo avaliar uma situação onde o CoolEdu realiza análise sobre o perfil do aprendiz, o contexto no qual está inserido e os objetos de aprendizagem disponíveis. Nesse teste são mostrados detalhes do processo de *matching* de perfis para sugestão de criação de pares e as comunicações realizadas entre os agentes do CoolEdu e do Global. Além disso, são exemplificadas a sugestão de criação de um par para colaboração baseado no conceito de “par mais capaz” e a oferta de objetos para apoio ao processo de aprendizagem (objetos de aprendizagem – OA), realizados pelo CoolEdu.

A situação simulada é a seguinte: seis aprendizes deslocam-se das suas casas até suas respectivas salas de aula. O deslocamento se dá através do metrô. As etapas correspondentes ao deslocamento são exibidas na Tabela 2. Esse caso de uso demonstrou as funcionalidades de criação e transmissão de contextos. Nessa demonstração pôde-se perceber que todos os usuários receberam a notificação quanto ao novo contexto criado. Até mesmo os usuários que não tinham interesse no assunto abordado pelo novo contexto receberam a notificação, mas para esses usuários o contexto foi marcado como inativo.

Tabela 2 – Detalhamento do Cenário de Uso

#	Local	Ações	Atores	Descrição
1	Casas dos aprendizes	Deslocamento até o metrô.	Aprendizes A, B, C, D, E, e F	Deslocamento até a estação.
2	Estação Mercado (1)	Requisição de perfis. Envio de perfis. Busca por oportunidades pedagógicas. Envio de mensagens.	CoolEdu A, C e D	CoolEdu do aprendiz A localiza os aprendizes C e D, pelo interesse em xadrez. Os usuários A e C são alertados, conforme as opções de mensagem pré-configuradas. O aprendiz D fica de fora, pois as opções de privacidade do contexto impedem o CoolEdu A de enviar mensagens.
3	Estação mercado (1)	Recebimento de mensagens. Comunicação via <i>chat</i> .	Aprendizes A e C	Aprendizes A e C recebem uma sugestão para que conversem sobre o tema <i>Xadrez</i> , e passam a conversar via <i>chat</i> .
4	Estação Rodoviária (2)	Criação de contexto.	Aprendiz C	Aprendiz C cria contexto com dados educacionais (xadrez) e de ambiente (trajeto de metrô Mercado - Unisinos / todos os dias).
5	Estação Rodoviária (2)	Notificação de contexto.	CoolEdu A, B, C, D, E e F	Todos os CoolEdu são notificados da criação de um novo contexto.
6	Estação São Pedro (3)	Entrada em contexto. Criação de vínculo entre contexto e OA.	Aprendiz D	Aprendiz D recebe notificação e aceita participar do contexto, disponibilizando um OA para todos os integrantes do contexto.
7	Estação São Pedro (3)	Notificação de atualização de contexto.	CoolEdu A, C e D	Aprendiz A e C são notificados sobre a disponibilidade de um novo OA por seus CoolEdus
8	Estação Farrapos (4)	Mensagem de atualização de contexto. Solicitação de OA.	Aprendizes A e C	Aprendiz A solicita o <i>download</i> do novo objeto, enquanto que o aprendiz C o rejeita.
9	Estação Farrapos (4)	<i>Download</i> de OA.	CoolEdu C e D	CoolEdu C inicia o <i>download</i> do objeto a partir do dispositivo do aprendiz D.

Além disso, foi exemplificado o envio de sugestões de pares para desenvolvimento de um conhecimento. Também foi observado o efeito que as configurações de privacidade relacionadas a contextos possuem sobre o sistema – no exemplo demonstrado, o aprendiz D havia configurado o contexto TREM como indisponível e, assim, o CoolEdu rejeita a comunicação no momento 2. Essas configurações podem impedir que um usuário receba sugestões para criação de pares visando à colaboração no desenvolvimento de um conhecimento.

Esta avaliação focou a usabilidade do CoolEdu, como um sistema de apoio à aprendizagem em um ambiente descentralizado de educação ubíqua, além de avaliar suas funcionalidades. A avaliação com usuários foi realizada em cinco etapas, a saber: 1) Preparação do teste, onde os voluntários foram selecionados e receberam explicações a respeito do funcionamento do sistema; 2) Coleta de perfis, onde os voluntários preencheram os seus perfis; 3) Avaliação dos usuários sobre a sugestão de pares de aprendizagem, onde os usuários avaliaram o perfil dos demais usuários, e, sem conhecer os seus nomes, escolheram uma nota para aquela sugestão de interação e o conhecimento que seria abordado na interação; 4) Simulações do CoolEdu, utilizando como base os dados dos perfis preenchidos pelos usuários; 5) Avaliação e refinamento dos dados, onde foram comparadas as avaliações feitas pelos usuários sobre as sugestões de pares de colaboração que o sistema gerou, com os índices de acerto que o sistema possui para cada sugestão.

No total, 25 pessoas participaram do teste como voluntários. O CoolEdu inferiu 179 sugestões de pares para colaboração durante a realização desse teste. Desse total, 145 sugestões (81% do total) receberam avaliações favoráveis por parte dos usuários, ou seja, receberam nota acima da média, que no caso é cinco. A média dos índices de correlação de Spearman [Triola 1999], entre as notas dadas pelos usuários e o índice de interação calculado pelo CoolEdu foi de 0,84, o que representa um alto grau de correlação. Isso aponta que o índice calculado pelo sistema é proporcional à vontade dos usuários de formar pares para colaboração.

Confrontando os dados disponibilizados pelos voluntários com os dados obtidos na simulação do CoolEdu, pôde-se obter as seguintes estatísticas: a) 1 pessoa (4%) não recebeu nenhuma sugestão de interação. Isso se deve ao fato dos interesses/conhecimentos dessa pessoa não coincidirem com os de nenhuma outra dentre os 24 voluntários que participaram do teste; b) 11 voluntários (48%) receberam sugestões de interação para cada par, cuja nota, dada por si mesmo, foi favorável - superior a cinco; c) 34 sugestões realizadas pelo CoolEdu (19%) receberam nota desfavorável pelos usuários – abaixo ou igual a 5; d) 14 candidatos a par avaliados com nota favorável pelos usuários (26%) não foram contemplados com o envio de sugestão de interação pelo CoolEdu.

4 Trabalhos Relacionados

O CoolEdu é um modelo para colaboração em ambientes descentralizados de educação ubíqua. Na pesquisa bibliográfica realizada, não foi encontrado nenhum trabalho com esse foco específico. Por esse motivo, foram explorados os trabalhos que propunham soluções para auxílio à educação ubíqua em ambientes descentralizados que tinham como objetivo o aprendizado pela interação entre os aprendizes.

Zhang (2005) propôs um *framework* de aprendizagem ubíqua e interação social entre aprendizes. Esse *framework* tem por objetivo apoiar a aprendizagem do aluno e desenvolver sua habilidade social e inclui três funções principais: encontro, comunicação e colaboração. O motor de análise procura apoiar a educação pelo estímulo à interação social, seguindo o modelo da “função de encontro”. Apesar da comunicação entre os aprendizes ocorrer de forma descentralizada, o motor de análise depende de uma estrutura centralizada (base de dados), para que possa funcionar.

Yang (2005) propôs um ambiente de apoio à aprendizagem ubíqua colaborativo e ponto a ponto (P2P). O ambiente realiza o apoio à aprendizagem através da criação de comunidades virtuais, onde instrutores e alunos descobrem, acessam e compartilham recursos, se comunicam e participam de discussões em grupo. O motor de análise somente auxilia a aprendizagem quando o aprendiz executa uma ação de forma explícita e ativa como, por exemplo, realizar uma pesquisa sobre um conteúdo educacional.

O GlobalEdu [Barbosa D. 2005] é uma arquitetura de suporte ao ensino e aprendizagem, considerando um ambiente ubíquo previamente existente. A arquitetura especifica três componentes: um Agente Pedagógico (AP), Módulos Educacionais (MEs) e Módulos de Suporte. O motor de análise no GlobalEdu corresponde ao módulo cognitivo do AP, onde as informações do aprendiz, do contexto e dos objetos de aprendizagem corrente são analisados com intuito de auxiliar na educação.

O Japelas [Yin 2010] auxilia estudantes estrangeiros a utilizar corretamente expressões de tratamento em japonês, pois as mesmas são influenciadas pela situação. O motor de análise do Japelas apóia a educação através da supervisão das mensagens trocadas entre os aprendizes. Essa supervisão procura auxiliar na correta utilização das expressões de tratamento na língua japonesa em diferentes contextos e com diferentes pessoas. Para realizar essas análises o seu motor de análise utiliza os dados de perfil e de contexto. O sistema possui sua estrutura totalmente descentralizada e se adequa naturalmente às características “disponibilidade” e “escalabilidade”, requeridas em um ambiente ubíquo. Entretanto, não aplica nenhum modelo pedagógico, utilizando uma heurística própria limitada ao ensino de expressões de tratamento na língua japonesa.

Foram analisados quatro trabalhos relacionados, dando-se destaque aos seus motores de análise. Percebe-se que CoolEdu segue a independência em relação ao domínio de conhecimento, presente em todos os trabalhos estudados, com exceção do Japelas. Por outro lado, possibilita que o ambiente seja usado para ensinar qualquer conteúdo, ampliando assim a sua área de atuação. O CoolEdu é baseado no modelo sócio-interacionista de Vygotsky. Essa característica possibilitou um refinamento do modelo, tornando-o mais compreensível e focado nessa estratégia pedagógica. Um dos pontos mais importantes no CoolEdu é a sua real descentralização, característica essa presente em todos os trabalhos apresentados, mas somente de forma parcial. O Japelas utiliza uma estrutura inteiramente descentralizada mas tem foco em um único domínio de conhecimento. Essa característica é importante para o CoolEdu, pois é através dela que se almeja tornar esse ambiente mais ubíquo, ou seja, é com essa característica que se pretende tornar o processo educacional realmente independente de local e de momento. Outra diferença entre o CoolEdu e os demais trabalhos relacionados é a modelagem utilizada. Dos trabalhos estudados, somente o GlobalEdu também utiliza agentes. Essa característica confere aos modelos maior modularidade, tornando assim, mais fácil de se aplicar o modelo de colaboração proposto a outros ambientes ubíquos.

5 Conclusões e trabalhos futuros

Esse trabalho propôs um modelo para colaboração em ambientes descentralizados de educação ubíqua. Para isso foram apresentados os conceitos relacionados à educação ubíqua, dando enfoque às limitações dos ambientes ubíquos centralizados e apresentando as vantagens dos ambientes ubíquos descentralizados na busca por tornar a educação um processo realmente ubíquo. Além disso, foram explorados os conceitos criados por Vygostky, principalmente os conceitos aplicáveis à educação em ambientes ubíquos. Os testes demonstraram a viabilidade da utilização de um ambiente descentralizado no suporte à colaboração entre os aprendizes de uma forma ubíqua mais próxima à idealizada por Satyanarayanan (2001), enquanto que a comparação com os trabalhos relacionados mostrou ineditismo do modelo como uma proposta para colaboração, unindo características até então disjuntas: descentralização, colaboração e ubiquidade.

Ao longo da realização deste trabalho foram identificadas propostas para trabalhos futuros: a) no cálculo do índice de interação, empregado pelo sistema para ordenar os possíveis pares mais capazes, foram usados pesos iguais para cada variável que o compunha. Isso se deve ao fato de que não foram encontrados estudos extensos sobre o impacto dos pesos das variáveis no *matching* de perfis para colaboração. Por esse motivo, um estudo mais aprofundado sobre os pesos dessas variáveis seria adequado; b) pretende-se realizar testes práticos da ferramenta em diferentes ambientes, como ambiente cooperativo, educacional, informal, entre outros; c) na utilização de objetos de aprendizagem para auxiliar o desenvolvimento de um conhecimento, seria adequada a aplicação de uma estratégia de ordenação entre os mais indicados. Dessa maneira seria possível, por exemplo, limitar a quantidade de objetos de aprendizagem que serão enviados durante a sugestão de um “par mais capaz”; d) melhorar o modelo para incluir claramente o papel de usuários com função de “professor” ou “facilitador”, bem como aprofundar questões relacionadas a coordenação e a cooperação.

Referências

- Augustin, I., Yamin, A., Barbosa, J., & Geyer, C. F. (2002). "ISAM: a Software Architecture for Adaptive and Distributed Mobile Applications." VII IEEE Symposium on Computers and Communications, (pp. 333-339). Messina.
- Barbosa, D. N., Geyer, C. F., & Barbosa, J. L. (2005). "GlobalEdu - an Architecture to Support Learning in a Pervasive Computing Environment". International Federation for Information Processing - Publications IFIP. Springer , 192, 1.
- Barbosa, J. L., Rabello, S. A., Hahn, R., & BARBOSA, D. N. (2008). "LOCAL: a Model Geared Towards Ubiquitous Learning". *39th ACM Technical Symposium on Computer Science Education (SIGCSE)* (pp. 432-436).
- Booker, Q. E., Kitchens, F. L., & Rebman, C. (2007). "Evaluating the Big Five Personality Test as a foundation for an online student course recommendation system."
- Choi, K. S., Deek, F. P., & Im, I. (2009). "Pair dynamics in team collaboration" *Computers in Human Behaviour* .

- Dey, A. K. (2001). "Understanding and Using Context". *Personal and Ubiquitous Computing* , 5 (1).
- Dey A., Hightower J., Lara E., Davies, N. (2010). "Location-Based Services." *IEEE Pervasive Computing* , 9 (1), 11-12.
- Diaz, A. M. et al. (2009). "Mobile Application Profiling for Connected Mobile Devices". *IEEE Pervasive Computing* , 54-61.
- Ubisense. <http://www.ubisense.net>. (2010). From Ubisense site.
- FIPA (2012). From Foundation of Intelligent Physical Agents - Agent Communication Language: <http://www.fipa.org/specs/fipa00061/>
- Hightower J., Lamarca A., Smith I. (2006). "Practical Lessons from Place Lab". *IEEE Pervasive Computing* , 5 (3), 32-39.
- Levis, D., Barbosa, J., Crespo, S., & Barbosa, D. N. (2007). "Aperfeiçoamento Automático do Perfil do Aprendiz em Ambientes de Educação Ubíqua". In *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*.
- Mitchell, J. L., & Farha, N. (2007). Learning Object Metadata: Use and Discovery. Informing Science - Learning Objects: Standards, Metadata, Repositories and LCMS
- Oliveira, J. M., Rabelo, S. A., & Barbosa, J. L. (2009). "Um Modelo Multi-agente Descentralizado para Ambientes de Educação Ubíqua". *Anais do XX SBIE, (p. XX Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE))*. Florianópolis.
- Satyanarayanan, M. (2001). "Pervasive Computing: Vision and Challenges". *Personal Communications, IEEE* , 8, pp. 10-17.
- Triola, M. (1999). *Introdução à estatística*. Rio de Janeiro: LTC.
- Vygotsky, L. S. (1980). *Mind in Society*. Cambridge, MS: Harvard University Press.
- Weiser, M., (1991). "The computer for the 21st century: vision and challenges". *Scientific America* , 94-104.
- Yang, S. J. (2005). "Context Aware Ubiquitous Learning Environments for Peer-to-Peer." *Educational Technology & Society* , 9 (2006), pp. 188-201.
- Yin, C. O. (2010). "Supporting the Acquisition of Japanese Polite Expressions in Context-Aware Ubiquitous Learning". *International Journal of Mobile Learning and Organisation* , 4 (2), 214-234.
- Zhang, G., Q., J., & Lin, M. (2005). "A Framework of Social Interaction Support for Ubiquitous Learning". In *19th international Conference on Advanced Information Networking and Applications*, 2, pp. 25-30.