

Ambientes Educacionais Ubíquos: explorando a consciência de situação

Ana Marilza Pernas¹, Alencar Machado², João Ladislau Lopes², Adenauer Correa Yamin¹, Claudio F. R. Geyer², José Palazzo M. de Oliveira²

¹Programa de Pós-Graduação em Computação – Univ. Federal de Pelotas, Brasil

²Instituto de Informática – Univ. Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil

{marilza, adenauer}@inf.ufpel.edu.br,
{amachado, jlblopes, geyer, palazzo}@inf.ufrgs.br

Abstract. *In this work, we understand the ubiquitous learning environment as an information repository, accessed by different users in different locations, through heterogeneous devices; which characterize different access situations. In order to define the contextual aspects necessary to promote adaptation in these environments, which are partially addressed in related works, this article proposes a semantic model, able to identify the contextual elements presents in a ubiquitous learning situation and adapt to it. At the end, tests were developed to evaluate the execution model in a typical ubiquitous learning scenario, together with a real and operational educational environment.*

Resumo. *Neste trabalho, entende-se o ambiente educacional ubíquo como um repositório de informações, acessado por diferentes usuários em diferentes locais, a partir de dispositivos heterogêneos, caracterizando assim diferentes situações de acesso. Visando definir os aspectos contextuais necessários para promover a adaptação nestes ambientes, os quais são parcialmente tratados em pesquisas relacionadas, este artigo propõe um modelo semântico, capaz de identificar os elementos contextuais presentes em uma situação de aprendizagem ubíqua e adaptar-se a ela. Ao final, testes foram desenvolvidos visando avaliar a execução do modelo em um cenário típico de educação ubíqua, conjuntamente a um ambiente educacional real e em funcionamento.*

1. Introdução

Adaptação e consciência de situação andam juntas em diferentes domínios de aplicação, dentre os quais vem se destacando as aplicações ubíquas. Este trabalho, em particular, pesquisa um domínio de aplicação específico: os ambientes educacionais ubíquos.

De forma simples, a aprendizagem ubíqua (*u-learning*) é vista como uma continuidade da aprendizagem eletrônica (*e-learning*), onde o potencial apresentado pela computação ubíqua oferece novas possibilidades de acesso à aprendizagem [Bomsdorf, 2005]. Observa-se que pesquisas em *u-learning* vêm sendo desenvolvidas no campo tecnológico ou visando à implementação de ambientes educacionais para atender demandas de áreas específicas [Ogata e Yano, 2004]; [Yu et al., 2007]; [Wives et al., 2008], com pouca atenção ao modelo utilizado para consciência e de contexto e

adaptação. Modelos são necessários para a criação de abstrações da realidade, representando aspectos estáticos e dinâmicos de um domínio particular [Fettke, 2009].

Nesta perspectiva, este trabalho tem como objetivo central apresentar uma solução, baseada em um modelo conceitual, para o problema da adaptação de ações sensíveis às situações vivenciadas por alunos em ambientes educacionais ubíquos. Este problema engloba diversas questões de pesquisa, entre elas: (i) as formas de obtenção dos dados relativos ao contexto do aluno; (ii) a análise dos diferentes grupos e modelos de contexto que descrevem a situação; (iii) as formas de avaliação e relacionamento dos dados de contexto do aluno, de forma a permitir inferência de sua situação atual.

Este artigo apresenta o trabalho desenvolvido em [Pernas, 2012], o qual teve sua proposta e estágio inicial publicados em [Pernas et al., 2009]. O texto está organizado da seguinte forma: a seção 2 descreve a principal área de pesquisa deste trabalho, relacionada à consciência de contexto e situação; a seção 3 descreve o modelo desenvolvido para consciência de situação; a seção 4 apresenta a avaliação do modelo proposto em um ambiente educacional adaptativo baseado na Web; os trabalhos relacionados estão descritos na seção 5. Finalmente, as considerações finais são apresentadas na seção 6.

2. Consciência de Contexto e Situação

Considerando a interação entre humanos e computadores, Dey e Abowd [1999] definem **contexto** como qualquer informação que possa ser usada para caracterizar a situação de uma entidade. Neste caso, entende-se como “entidade” qualquer pessoa, lugar ou objeto considerado relevante na interação entre o usuário e a aplicação.

Consciência de contexto e de situação são termos frequentemente definidos juntos, pois o conhecimento do contexto válido em um determinado momento ou intervalo de tempo é necessário para identificar a situação de um sistema. O termo situação é definido por Weißenberg et al. [2006] como o conjunto de características contextuais invariáveis em um determinado intervalo de tempo. Muito próxima da definição utilizada neste trabalho é a de Meissen et al. [2004], que define situação como uma sequência de contextos com uma característica invariante em determinado tempo, representada por S em (1), onde $t_{início}$ é o tempo de início da situação; t_{fim} é o tempo de fim da situação; e cs é o conjunto de características invariantes em um dado intervalo de tempo.

$$S = (t_{início}, t_{fim}, cs) \quad (1)$$

Neste artigo define-se situação como a interpretação de um conjunto de elementos contextuais instanciados, relacionando cada um de forma a prover alguma informação válida em um intervalo de tempo específico. Um elemento contextual pode ser um dispositivo computacional, uma localização (de um prédio ou sala), um objetivo, uma intenção, isto é, um dado bruto. Para definir uma situação, elementos contextuais devem ser analisados de forma conjunta, formando relações semânticas que validam uma situação. Um exemplo de situação de aprendizagem ubíqua poderia ser a de um aluno, sentado em um trem, entre as 11h15 e 12h da manhã, usando seu *smartphone* para desenvolver uma tarefa da disciplina de cálculo. O aluno irá permanecer nesta mesma situação até a ocorrência de um novo evento significativo, que pode ser uma

desconexão de rede. Na próxima seção é descrito o modelo desenvolvido, com base em ontologias, para representação de situações educacionais ubíquas.

3. Modelo Ontológico de Situações Educacionais Ubíquas

Para que um sistema esteja apto a detectar a situação corrente, as seguintes informações devem ser descritas [O'Brien, 2009]:

- O **contexto** relevante para a situação detectada;
- Os **eventos** que poderão participar da situação detectada;
- Quando e sob quais condições o evento é consumido;
- As **condições semânticas** que devem ser satisfeitas de forma a detectar a situação;

No trabalho, foram adotadas estratégias específicas para definição destes 4 grupos de informação necessários. A identificação do contexto relevante, assim como os eventos e suas condições de consumo foi feita por meio da análise de cenários práticos de *e-learning* e *u-learning*. Em seguida, estes elementos contextuais e suas inter-relações foram modelados e representados computacionalmente por meio de uma rede de ontologias. Após representação ontológica do contexto e definição dos eventos a serem consumidos, as condições semânticas que formam cada situação foram representadas por meio de regras. As próximas subseções descrevem mais detalhadamente as estratégias adotadas.

3.1. Definição do contexto relevante

Para definição das situações de aprendizagem e do contexto relevante em cada uma delas, utilizou-se uma abordagem apoiada por *cenários de aplicação*, descrições (em texto, por exemplo) das atividades que um usuário pode desempenhar na realização de um objetivo particular. No trabalho, os cenários de aplicação foram explorados para descrição completa de uma atividade contextualizada do aluno, onde os valores esperados no início e no fim de uma atividade são claramente definidos.

Nos cenários de aplicação, buscou-se identificar os elementos contextuais que respondam às seis questões importantes para determinação do contexto relevante [Gutwin e Greenberg, 2002], que são: quem é o usuário (aluno); o que o usuário está fazendo (atividade); para quê (objetivo); onde (local); como (dispositivo); e quando (tempo). Responder a estas perguntas é uma tarefa complexa para o sistema computacional, que precisa ter informação contínua de um conjunto grande de elementos contextuais para definir a situação do aluno.

Tendo em vista as dimensões contextuais necessárias para resposta às seis questões colocadas acima nos cenários de aplicação desenvolvidos em [Pernas, 2012], optou-se por representar a situação de aprendizagem válida em um dado intervalo de tempo por meio da tupla \mathcal{S} , apresentada em (2),

$$\mathcal{S} = (P_d, D_d, T_d, L_d, T_i, T_f) \quad (2)$$

onde:

- P_d – elementos contextuais relativos ao perfil e comportamento do aluno, como perfil cognitivo de aprendizagem e estilo de navegação no ambiente;

- D_d – elementos contextuais relativos ao domínio de aplicação (educacional): atividade educacional realizada, desempenho e caminho do aprendizado;
- T_d – elementos contextuais relativos ao domínio tecnológico: por exemplo, detalhes do dispositivo usado (como tamanho de tela e *browser*) e a velocidade média de conexão com a Internet;
- L_d – elementos contextuais que descrevem a localização do aluno (local);
- T_i – tempo inicial;
- T_f – tempo final;

A partir dos elementos contidos na tupla S é possível definir a situação de aprendizagem do aluno enquanto utiliza o ambiente educacional. A subseção 3.2 apresenta a rede de ontologias desenvolvida para representar os elementos contextuais que formam a situação da tupla S . Após descrição da rede de ontologias, uma situação de aprendizagem genérica e um exemplo prático são apresentados.

3.2. Rede de ontologias de contexto para *u-learning*

Neste trabalho, os elementos contextuais que formam a tupla S (situação) descrita na seção anterior são representados formalmente por meio de um modelo semântico, desenvolvido computacionalmente através de uma rede de ontologias, algumas já existentes e fundamentadas em outros domínios, outras criadas no trabalho, relacionadas entre si por meio de metarrelacionamentos. Uma rede de ontologias difere de um conjunto de ontologias distintas interconectadas devido ao metarrelacionamento definido entre as ontologias envolvidas ser expresso explicitamente. Redes de ontologias tem sido grandemente aplicadas em detrimento ao desenvolvimento personalizado de ontologias a partir do zero [Suarez-Figueroa et al., 2009].

A rede de ontologias desenvolvida tem como propósito dar suporte a uma estratégia adaptativa baseada na detecção automática da situação do aluno, modelando os elementos contextuais de três domínios distintos: (i) domínio do aluno, o qual representa o modelo do aluno (ontologia *Aluno*) e a sua situação de aprendizagem (ontologia *Situação*); (ii) domínio educacional, que representa o modelo do domínio; e (iii) domínio tecnológico, que modela o contexto físico e tecnológico.

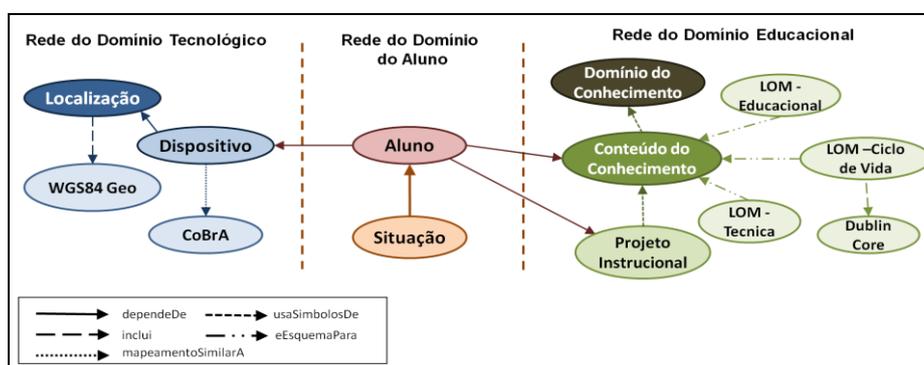


Figura 1. As redes de ontologias de contexto

Cada uma das redes de ontologias apresentada na Figura 1 possui sua estrutura interna bem definida, não interferindo nas demais exceto nos relacionamentos interdomínios. Da rede do Domínio Tecnológico, foram reusadas as ontologias

WGS84¹, padrão W3C para geolocalização, e a ontologia CoBrA². No reuso, seus conceitos foram mapeados e incluídos no desenvolvimento das ontologias Localização e Dispositivo, desenvolvidas no presente trabalho. No caso da rede Domínio Tecnológico, as ontologias LOM Educacional, Ciclo de Vida e Técnica foram reusadas para desenvolvimento da ontologia Conteúdo do Conhecimento, desenvolvida neste trabalho. Uma discussão detalhada do modelo semântico está disponível em [Pernas, et al., 2012] [Pernas, 2012].

Como se pode observar na Figura 1, a ontologia de Situação situa-se internamente a rede do domínio do Aluno, pois é a situação do aluno que se deseja determinar. Além disso, neste trabalho apenas eventos gerados por meio da ação de alunos foram analisados. A ontologia de situação foi desenvolvida com base no reuso de alguns conceitos existentes nas ontologias de Baumgartner et al. [2010] e de Matheus et al. [2005], pois se mostraram mais flexíveis e conterem conceitos bem fundamentados. A Figura 2 apresenta os conceitos e relacionamentos da ontologia de situação desenvolvida neste trabalho. Esta ontologia é ligada às demais redes, como mostra a Figura 2, em um relacionamento de dependência com relação à ontologia do aluno.

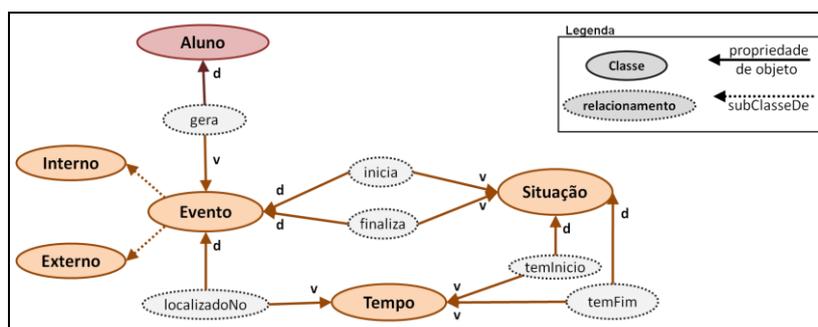


Figura 2. A ontologia de situação

Na ontologia de situação da Figura 2, o *Aluno* é responsável pela geração de um *Evento*. Este *Evento* pode ser classificado como *Externo* ou *Interno*. Toda *Situação* é iniciada e finalizada por um *Evento*, seja ele *Interno* ou *Externo*, o qual possui sempre uma localização no tempo (relacionamento *localizadoNo*). Em geral, a mesma ação do aluno que gera o evento de início de situação irá também finalizar a execução da situação anterior. Toda *Situação* está também localizada no tempo, possuindo tempo de início (*temInicio*) e tempo de fim (*temFim*).

As relações existentes na rede de ontologias são representadas na forma de triplas $\langle s, p, o \rangle$, onde o sujeito *s* e o objeto *o* representam instâncias da rede de ontologias, podendo pertencer às ontologias de mesmo domínio ou de domínios distintos. A Listagem 1 apresenta uma situação de aprendizagem genérica, com objetivo de explicitar algumas das triplas que podem ser representadas na rede de ontologias.

Esta representação de predicados de contexto na forma de triplas é possível de ser obtida por meio da linguagem OWL-DL (*Web Ontology Language – Description Logics*)³, que

¹ <http://www.w3.org/2003/01/geo/>

² Context Broker Architecture - <http://cobra.umbc.edu/ontologies-2003-11.html>

³ <http://www.w3.org/TR/owl-guide/>

possui construtores de classes relativamente ricos, permitindo alta expressividade para criação de classes e relacionamentos. Além disso, a OWL-DL possui extensa documentação e, no momento de início deste trabalho, estava plenamente funcional. Entretanto, o formalismo que define a linguagem OWL não permite a realização de raciocínio sobre as instâncias definidas na base de conhecimento, as quais constituem, neste trabalho, dos predicados de contexto necessários para avaliação da situação do aluno. Assim, utilizou-se uma extensão da OWL voltada à representação de regras, denominada SWRL (*Semantic Web Rule Language*)⁴, a qual permite maior expressividade na descrição de propriedades.

Listagem1: Situação de Aprendizagem

```
SituacaoDeAprendizagem = {
    estiloEntendimento (OAluno.Aluno_A, OAluno.Estilo_05),
    estiloCaptacao (OAluno.Aluno_A, OAluno.Estilo_06),
    estiloNaveg (OAluno.Aluno_A, OAluno.EstiloNavegacao_01)
    faz (OAluno.Aluno_A, OProjetoInstrucional.Atividade_X),
    bomDesempenho (OAluno.Aluno_A, OProjetoInstrucional.Atividade_X),
    usa (OAluno.Aluno_A, ODispositivo.Dispositivo_W),
    temConexao (ODispositivo.Dispositivo_W, ODispositivo.Conexao_Y),
    localizadoEm (ODispositivo.Dispositivo_W, OLocalizacao.Local_Z) }

```

Tendo em vista algumas das triplas da situação de aprendizagem da Listagem 1, a representação em SWRL de uma situação: *um aluno “x” com estilo cognitivo visual e sequencial, desenvolvendo exercício, usando seu smartphone* é apresentada em (3).

$$\begin{aligned}
 & Aluno (?x) \wedge estiloCap (?x, visual) \wedge estiloEnt (?x, sequencial) \wedge faz (?x, ?y) \\
 & \wedge Exercicio (?y) \wedge bomDesempenho (?x, ?y) \wedge usa (?x, ?z) \wedge SmartPhone (?z) \quad (3) \\
 & \Rightarrow temSituacao (?x, S_01)
 \end{aligned}$$

A próxima seção mostra a implementação e validação do modelo conceitual proposto em um ambiente real. Nesta implementação, a detecção de situações foi utilizada para guiar a adaptação da apresentação de objetos de aprendizagem aos alunos.

4. Avaliação do Modelo Semântico Desenvolvido

Com objetivo de avaliar o modelo conceitual proposto, foi desenvolvido um módulo de software, denominado CONIC (*Context Ontology Network for Situation detection*), o qual foi testado na forma de uma extensão ao ambiente educacional AdaptWeb[®], como mostra a Figura 3. O AdaptWeb[®] consiste de um sistema hipermídia adaptativo de educação a distância baseado na Web, que tem como objetivo adaptar conteúdo, apresentação e navegação de acordo com o modelo do usuário [Palazzo et al., 2003]. Atualmente, é empregado como ambiente oficial de suporte ao ensino na Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), podendo ser obtido no repositório Sourceforge⁵.

Para funcionamento do CONIC é necessário, primeiramente, a obtenção dos dados relacionados ao domínio educacional. Para isto, em “A”, a cada inclusão/alteração de disciplina o submódulo Gerência do Domínio Educacional irá acessar o arquivo

⁴ <http://www.w3.org/Submission/SWRL/>

⁵ <http://adaptweb.sourceforge.net/>

XML referente a esta e buscar os dados necessários para instanciação na rede de ontologias (em “B”). Esta informação persiste na ontologia, pois será válida para vários alunos independentemente de seus contextos tecnológicos e pessoais. A seguir é apresentado um exemplo de contexto persistente, referente a uma disciplina utilizada nos testes, assim como elementos contextuais relativos a informações de perfil do estudante.

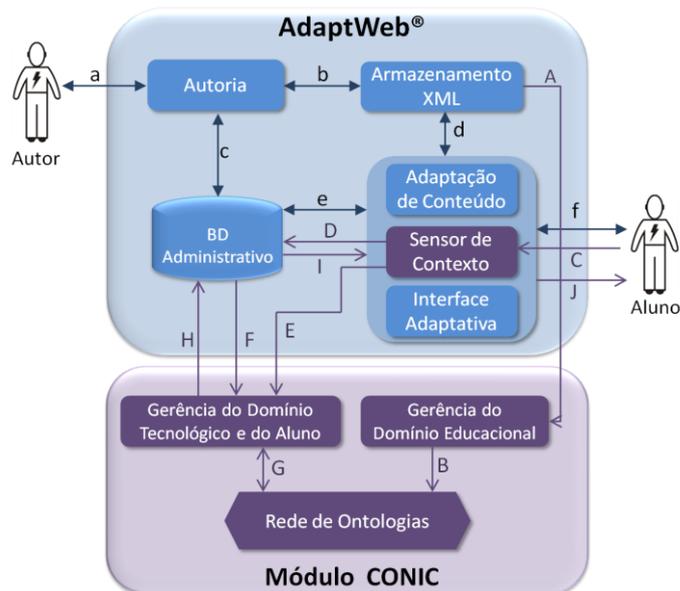


Figura 3. Arquitetura do módulo CONIC agregado ao ambiente AdaptWeb®

```
Contexto Persistente do Domínio Educacional = {
  éParteDe (OConteudoConhecimento.AmbientesELearning, OConteudoConhecimento.EducacaoADistancia),
  temPalavraChave (OConteudoConhecimento.AmbientesELearning, ODomínioConhecimento.pedagogia),
  suporta (OProjetoInstrucional.Teste01, OConteudoConhecimento.AmbientesELearning),
```

```
Contexto Persistente do Aluno X (Domínio do Aluno) = {
  temEstiloCaptacao (OAluno.X, OAluno.Visual),
  temEstiloProcessamento (OAluno.X, OAluno.Ativo),
  temObjetivo (OAluno.X, OContentKnowledge.CienciaDaComputacao),
  temConhecimento (OAluno.X, OConteudoConhecimento.AmbientesELearning) }
```

Na sequência, em “C”, a cada acesso do aluno, dados referentes ao dispositivo computacional usado e sua localização são sensorados e armazenados no *BD Administrativo*, em “D”, pelo módulo *Sensor de Contexto*. Além destes dados, o módulo *Sensor de Contexto* analisa a interação do usuário, registrando eventos importantes resultantes da ação do usuário com o sistema educacional. A cada evento ocorrido, o módulo *Sensor de Contexto* armazena essa ocorrência, juntamente com o tempo de ocorrência, no *Banco de Dados Administrativo* (em “D”) e é responsável por chamar o procedimento responsável pela análise de situação (“E”) no módulo CONIC.

Neste momento, os dados de contexto referentes ao aluno devem ser analisados. A seta em “F” representa a busca dos dados de contexto do aluno para processamento da situação. Na *Rede de Ontologias*, regras em SWRL (como a regra apresentada em (4)) são executadas. Existem atualmente 19 regras, as quais foram suficientes para as aplicações desenvolvidas e para os testes nos cenários definidos. Elas são criadas e armazenadas em um banco de regras na rede de ontologias. A regra detecta a situação do aluno no momento, que será armazenada no banco de dados em “H”. A cada evento

ocorrido, este procedimento se repete. Na ocorrência de nova situação, o tempo final da situação anterior é armazenado no BD e a nova situação, com tempo inicial válido, passa a ser a situação válida para adaptação. Após detecção e armazenamento da situação no *BD Administrativo*, o módulo de *Interface Adaptativa* existente na plataforma educacional é informado (em “I”), devendo este módulo se responsabilizar pelo processo de filtragem dos objetos de aprendizagem a serem apresentados aos usuários, em “J”.

Nos testes, alunos acessam o AdaptWeb® e o módulo CONIC coleta suas ações e o contexto correspondente. A Tabela 1 mostra os resultados de um dos testes realizado, armazenado no *Banco de Dados Administrativo* do ambiente. Os resultados na Tabela 1 foram resumidos para aproveitamento de espaço. A cada acesso, é armazenado: o tópico acessado; a atividade relacionada ao tópico; a situação detectada; a regra de filtro de objetos de aprendizagem correspondente a esta situação; e o tempo de duração da situação. Além destes dados, a cada evento detectado, o histórico de acesso é também armazenado, visando análise posterior das ações, situações e filtrações recomendadas.

Tabela 1: Resultados dos testes realizados

<i>Id_Aluno</i>	<i>Int.</i>	<i>Tópico acesso / evento</i>	<i>Atividade</i>	<i>Situação</i>	<i>Regra de filtro</i>	<i>Tempo</i>
97	01	1 / início navegação no conceito 1	estudo	S_02	\neg (F1,F4,F9)	6s
	02	1 / acessa <i>menu</i> exercício - conceito 1	exercício	S_11	\neg (F1,F4,F6, F7, F9)	2m43s
	03	1 / acessa <i>menu</i> material comp.	estudo	S_02	\neg (F1,F4,F9)	24s
	04	1 / retorno ao <i>menu</i> conceito	estudo	S_02	\neg (F1,F4,F9)	11m23s
	05	1.1 / <i>menu</i> conceito, tópico 1.1	estudo	S_02	\neg (F1,F4,F9)	18m13s
	06	2 / conceito 2 do <i>menu</i> conceito	estudo	S_02	\neg (F1,F4,F9)	3s
	07	1.2 / <i>menu</i> conceito, tópico 1.2	estudo	S_02	\neg (F1,F4,F9)	2s
	08	1 / retorno conceito 1	estudo	S_02	\neg (F1,F4,F9)	3s
	09	2 / retorno conceito 2	estudo	S_02	\neg (F1,F4,F9)	5s
	10	1.2 / <i>menu</i> conceito, tópico 1.2	estudo	S_02	\neg (F1,F4,F9)	5s

5. Trabalhos Relacionados

Nesta seção estão elencados os trabalhos mais fortemente relacionados ao CONIC. Em [Pernas, 2012] está disponível uma relação mais abrangente dos trabalhos relacionados à pesquisa desenvolvida. Um dos principais exemplos de trabalho correlato relacionado a ambientes ubíquos de educação é o projeto CLUE (*Collaborative-Learning support-system with an Ubiquitous Environment*) [Ogata e Yano, 2004], o qual busca gerenciar a aprendizagem colaborativa guiada por computador. O diferencial deste ambiente está no fato de analisar o histórico de acessos do aprendiz e de outros usuários, auxiliando no processo de aprendizagem. O trabalho também contempla uma aplicação-teste, relativa ao aprendizado de línguas, uma vez que esta é bastante dependente da situação atual (contexto) em que o aluno está inserido.

Outra infraestrutura para aprendizagem ubíqua é apresentada em [Tetchueng et al., 2007] onde é proposto um ambiente para prover aprendizado colaborativo com base em três sistemas: um sistema *peer-to-peer* para acesso ao conteúdo e adaptação; um sistema personalizado de gerência de anotações; e um sistema multimídia em tempo real para discussão de grupos. Exemplo relacionado à modelagem de situações e cenários é apresentado em [Yang, 2006], onde os autores propõem a modelagem de cenários adaptativos e sensíveis ao contexto baseados em: uma teoria didática; um modelo do

domínio; um modelo do aluno; e um modelo de contexto. Acredita-se que esta abordagem é uma das mais próximas da proposta desenvolvida, entretanto, não leva em consideração a situação particular do aluno.

6. Considerações Finais

O trabalho apresentado neste artigo tem foco no modelo desenvolvido para detecção das situações vivenciada por estudantes enquanto realizam atividades ligadas à aprendizagem ubíqua. O modelo conceitual foi definido na forma de uma rede de ontologias, relacionadas por meio de metarelacionamentos, os quais permitem a representação mais flexível e modular do contexto. Além disso, foi desenvolvido um mecanismo de inferência de situação, baseado em regras, que explora a rede de ontologias desenvolvida. O modelo foi avaliado na forma de um módulo, denominado CONIC, integrado ao ambiente educacional AdaptWeb[®]. Os testes realizados reforçaram que uma consciência das diferentes situações vivenciadas pelos alunos constitui uma ferramenta importante para a realização de adaptações mais consistentes nos ambientes educacionais ubíquos.

No momento, o módulo foi avaliado somente em cenários educacionais desenvolvidos no AdaptWeb[®]. Como trabalhos futuros espera-se analisar a viabilidade de uso em outros AVAs, como Moodle. Além disso, novas experimentações do modelo serão feitas junto aos usuários, em novos cenários de aplicação. Outro trabalho futuro diz respeito ao desenvolvimento de uma interface para criação de novas regras, não somente de situação, mas da atividade desempenhada no ambiente educacional ubíquo.

Agradecimentos. Este trabalho foi parcialmente financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, Brasil, e pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, Brasil.

Referências

- Baumgartner, N., Gottesheim, W., Mitsch, S., Retschitzegger, W. and Schwinger, W. (2010). BeAware! Situation awareness, the ontology-driven way. In *Data & Knowledge Engineering*, vol.69, 1181-1193.
- Bomsdorf, B. (2005). Adaptation of Learning Spaces: Supporting Ubiquitous Learning in Higher Distance Education. *Mobile Computing and Ambient Intelligence: The Challenge of Multimedia*, Dagstuhl Seminar Proceedings.
- De Bra, P. (2008). “Adaptive hypermedia”. In: J.M. Pawlowski, H.H. Adelsberger, D. Sampson and Kinshuk (eds.), *Handbook on Information Technologies for Education and Training* (2nd edition), Heidelberg: Springer, 29–46.
- Dey, A. K., Abowd, G. D. (1999). Towards a Better Understanding of Context and Context-Awareness. *Technical Report GIT-GVU-99-22*. College of Computing. Georgia Institute of Technology. Atlanta.
- Fettke, P. (2009). How Conceptual Modeling is Used. *Communications of the Association for Information Systems*: Vol. 25.

- Gutwin, C., Greenberg, S. (2002). A Descriptive Framework of Workspace Awareness for Real-Time Groupware. *Computer Supported Cooperative Work*, Special Issue on Awareness in CSCW, v. 11(3-4), Kluwer Academic Press, p. 411-446.
- Matheus, C., Kokar, M., Baclawski, K., Letkowski, J., Call, C., Hinman, M., Salerno, J. and Boulware, D. (2005). SAWA: An Assistant for Higher-Level Fusion and Situation Awareness. In Proc. of SPIE *Multisensor, Multisource Information Fusion: Architectures, Algorithms, and Applications*, 75-85.
- Meißen, U., Pfennigschmidt, S., Voisard, A. and Wahnfried, T. (2004). Context and Situation-Awareness in Information Logistics. In LNCS, *Current Trends in Database Technology - EDBT 2004*. Heraklion, Crete, Greece.
- Ogata, H., Yano, Y. (2004). Knowledge Awareness Map for Computer-Supported Ubiquitous Language-Learning. In 2nd *IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education (Wmte'04)*, p. 19-26.
- Palazzo M. de Oliveira, J., Silva, L., Freitas, V. de, Marçal, V. P., Gasparini, I. and Amaral, M. A. (2003). AdaptWeb: an Adaptive Web-based Courseware. In III Anual *ARIADNE Conference*, Leuven.
- Pernas, A. M., Gasparini, I., Palazzo Moreira de Oliveira, J., Pimenta, M. S. (2009). Um ambiente EAD adaptativo considerando o contexto do usuário. 1^o *Simpósio em Computação Ubíqua e Pervasiva (SBCUP)*, XXIX Congresso da Sociedade Brasileira de Computação (CSBC), Bento Gonçalves, Brasil.
- Pernas, A. M., Díaz, A., Motz R. and Palazzo, M. de Oliveira, J. (2012). Enriching adaptation in e-learning systems through a situation-aware ontology network. In *Interactive Technology and Smart Education (ITSE)*, Emerald Journal, v.9, 1 – 10.
- Pernas, A.M. (2012). Sensibilidade à Situação em Sistemas Educacionais na Web, 164 p., Tese (Doutorado em Ciência da Computação) - Instituto de Informática, UFRGS, Porto Alegre.
- Suarez-Figueroa, M., Gómez-Pérez, A., Poveda, M., Ramos, J.A., Euzenat, J., Le Duc, C. (2009). Neon deliverable d5.4.2. Revision and extension of the NeOn methodology for building contextualized ontology networks. *Technical Report*, NeOn Project.
- Tetchueng, J.L., Garlatti, S. and Laube, S. (2007). A Didactic-based Model of Scenarios for Designing an Adaptive and Context-Aware Learning System. In: *IEEE/WIC/ACM Int. Conf. on Web Intelligence*, IEEE Computer Society, 723-726.
- Yu, Z., Nakamura, Y., Jang, S., Kajita, S. and Mase, K. (2007). Ontology-Based Semantic Recommendation for Context-Aware E-Learning. *Ubiquitous Intelligence and Computing*, Lecture Notes in Computer Science, v. 4611, 898–907.
- Weißberg, N., Gartmann, R. and Voisard, A. (2006). An Ontology-Based Approach to Personalized Situation-Aware Mobile Service Supply. In *Journal of GeoInformatics*, 55-90.
- Wives, L. K., Defude, B., Oliveira, J. P. M., Lima, J. V., Peter, Y. (2008). Providing Information in an Augmented Campus. *IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)*, 2008, Santander, Cantabria, Spain, p.1-5.