

# Um Modelo Multiagente para Recomendação de Conteúdo Educacional em um Ambiente Ubíquo

Luis Gustavo Araujo Ferreira<sup>1</sup>, João Carlos Gluz<sup>1</sup>, Jorge Luis Victória Barbosa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos)

Av. Unisinos, 950

São Leopoldo – RS – Brasil

luis.gustavo.af@gmail.com, {jgluz, jbarbosa}@unisinos.br

**Abstract.** *Currently, there are many educational materials available and students access this content anytime and anywhere. An environment that meets these expectations and assists the teacher to provide educational opportunities, will produce large benefits in student learning. This paper presents a model of educational content recommendation applied to a ubiquitous learning environment that aims to meet this need. The model suggests educational content considering the profile and context of the learner making a search integrated into a centralized repository of Learning Objects.*

**Resumo.** *Atualmente, existem muitos materiais educacionais disponíveis e os alunos podem acessar estes materiais a qualquer momento e em qualquer lugar. Um ambiente que atenda a estas expectativas e auxilie o professor a proporcionar oportunidades pedagógicas, traz grandes benefícios no aprendizado dos alunos. Este artigo apresenta um modelo de recomendação de conteúdo educacional aplicado em um ambiente de aprendizagem ubíquo que visa atender esta necessidade. O modelo sugere conteúdos educacionais considerando o perfil e o contexto do aprendiz efetuando uma busca integrada a um repositório centralizado de OAs.*

## 1. Introdução

Atualmente, percebe-se um aumento dos recursos tecnológicos disponíveis para apoiar o aluno no seu processo de aprendizagem. Estes recursos também auxiliam os professores na preparação das suas aulas, principalmente em cursos onde a modalidade é a distância. Neste caso, há uma maior necessidade de materiais educacionais para apoiar aluno e professor no desenvolvimento das aulas.

Um fator importante com relação a materiais educacionais é que eles precisam estar padronizados para facilitar sua localização, reusabilidade e adaptabilidade. Os Objetos de Aprendizagem (OA) se propõem a atender estas premissas em suas características. Um OA é definido por [WILEY 2000], como qualquer entidade, que possa ser usada, reusada ou referenciada durante a aprendizagem e que utilize tecnologia. O uso desta tecnologia aliado a ferramentas colaborativas permite que diversos materiais educacionais sejam compartilhados.

Uma vez que estes materiais estejam padronizados, eles podem ser armazenados em diversos repositórios de OA e compartilhados através de ferramentas de gerenciamento de objetos de aprendizagem, chamados de LMS(*Learning Management System*)

ou Ambientes Virtuais de Aprendizado. Existem algumas iniciativas como [MEC 2008], [MEC 2012], [UFRGS 2012] e [Merlot 2012] para construção e disponibilização de OAs.

Hoje em dia, existe uma quantidade bastante expressiva de OAs disponíveis. Por este fato, o trabalho do professor pode se tornar bastante demorado quando ele necessita buscar materiais adequados para seus alunos. Neste cenário, o uso de uma ferramenta de apoio pedagógico com suporte à recomendação de conteúdo pode tornar o trabalho do professor menos custoso. Esta ferramenta auxiliaria o professor sugerindo materiais diretamente para os alunos de forma dinâmica, sem o envolvimento constante do professor.

Este processo de recomendação de conteúdo educacional tem possibilidades de trazer maiores benefícios, principalmente aplicado em ambientes de aprendizagem ubíqua [LEWIS et al. 2010], [BARBOSA et al. 2011], [BARBOSA et al. 2012] e [MARQUES et al. 2010], onde os conteúdos educacionais podem ser acessados em qualquer momento e em qualquer lugar. O suporte a contexto fornecido por estes ambientes favorecem com que os sistemas sejam capazes de explorar oportunidades pedagógicas.

Uma situação comum na recomendação de conteúdo educacional em sistemas ubíquos é a sugestão de materiais a partir do seu repositório de OA local. Em alguns casos, os sistemas compartilham seus repositórios locais entre as aplicações com o qual o aprendiz possui relação. Este modelo é caracterizado por ser descentralizado, e com isso a sugestão se torna limitada aos materiais que o próprio aluno tem no seu repositório ou no máximo aos repositórios das suas relações. Um fator agravante neste cenário é quando o conteúdo que o aluno necessita envolve temas novos, pois ele ainda não possui materiais adequados para efetuar a recomendação.

Uma possível solução para esta limitação na sugestão de OAs é integrar um sistema ubíquo de aprendizagem a um repositório de OAs centralizado. Com isso, se obtém ganhos no que diz respeito à abrangência e disponibilidade de OAs para recomendação, e ainda, permitindo que a aplicação integrada a este repositório seja um portal de acesso para as relações do contexto atual do aprendiz.

Tendo esses objetivos em vista, este artigo propõem o UbiReCon, um modelo ubíquo para recomendação de conteúdo educacional em um ambiente heterogêneo. Este modelo sugere conteúdo educacional considerando o perfil e o contexto do aprendiz realizando uma busca integrada a um repositório de OA centralizado. O texto está estruturado da seguinte forma. A seção 2 apresenta trabalhos relacionados. A seção 3 apresenta o modelo proposto. A seção 4 aborda os aspectos relacionados a implementação do modelo. A seção 5 discute a avaliação do modelo em um cenário de teste. Na seção 6 encontram-se as considerações finais.

## **2. Trabalhos Relacionados**

O modelo apresentado neste artigo se fundamenta na utilização de agentes de software [WOOLDRIDGE 2002] e de ontologias [GRUBER 2003] para promover a recomendação de material educacional tendo como pilares desta sugestão o perfil e o contexto do aprendiz. Além disso, realiza a integração a um repositório centralizado de metadados de OA qualificando o processo de recomendação.

Foram encontrados estudos referentes à recomendação de conteúdo educacional. Em [Zaina 2012] foi proposto um modelo de recomendação de OA baseado na filtragem

por etapas, chamado e-LORS. Cada etapa avalia uma característica sendo o tema em questão, perfil ou tecnologia. O modelo desenvolvido utiliza o padrão LOM para definição dos metadados de OA e se baseia em Felder e Silverman [SOLOMAN and Felder 2012] para definição de perfil do usuário.

Nos estudos propostos por [Silva 2011] é apresentado o MobiLE, uma abordagem baseada em agentes para recomendação sensível ao contexto de OAs a fim de aperfeiçoar o processo de ensino na aprendizagem móvel. A proposta para recomendação apresentada no trabalho é baseada em um fator de recomendação influenciado pela área de interesse, local e horário preferido do aluno.

No trabalho desenvolvido em [Cazella 2011], foi apresentado um modelo de sistema de recomendação de OAs com base no desenvolvimento de competências em EAD. Estas competências precisam ser manualmente identificadas nos OA e os alunos precisam responder há um questionário quando se cadastram no sistema. Com base nestas informações o sistema busca relações entre as informações do perfil e das competências dos OAs. O trabalho utiliza o CESTA [UFRGS 2012] como repositório de OA.

O modelo de recomendação de conteúdo proposto em [Zaina 2012] não considera o contexto do aprendiz na filtragem dos OAs. Já no modelo definido por [Silva 2011], os estudos são preliminares no uso de ontologias para padronizar Perfil e Contexto, não suportando busca semântica. O trabalho [Cazella 2011] utiliza um repositório centralizado de OA, mas sua estrutura de recomendação não é preparada para ambientes ubíquos.

A tabela 1 apresenta os dados comparativos entre os trabalhos relacionados.

| Modelo              | Forma de Recomendação                                                                            | Considera Perfil | Padrão para Perfil | Sensível ao Contexto | Padrão Contexto | Repositório  | Uso de Ontologias | Busca Semântica | Sistema Ubíquo |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|--------------------|----------------------|-----------------|--------------|-------------------|-----------------|----------------|
| e-LORS [Zaina 2012] | Foco no tema a ser estudado                                                                      | Sim              | Felder e Silverman | Não                  | -               | Local        | Não               | Não             | Não            |
| MobiLE [Silva 2011] | Baseado nas informações de local e horário preferidos de estudo e área de interesse do estudante | Sim              | -                  | Sim                  | -               | Local        | Sim               | Não             | Sim            |
| [Cazella 2011]      | Recomendação baseado nas competências do aluno                                                   | Sim              | -                  | Não                  | -               | Centralizado | Não               | Não             | Não            |

**Table 1. Trabalhos relacionados**

### 3. UbiReCon

O UbiReCon foi concebido com base nas tecnologias de agentes de software e ontologias. Este modelo é derivado do OBAA MILOS [VICARI and BEZ 2010] [GLUZ and VICCARI 2011] [GLUZ and VICCARI 2010] e da Global [OLIVEIRA et al. 2009], integrando as funcionalidades destas infraestruturas para prestar o serviço de recomendação de conteúdo em um ambiente ubíquo.

A proposta OBAA define um padrão de metadados para OA estendendo o padrão IEEELOM [LOM 2002]. A MILOS é uma infraestrutura de agentes que suporta os processos de autoria, gerência, busca e disponibilização de OA compatível com o OBAA.

A MILOS está organizada em camadas. Camada de Ontologias, onde está definida a ontologia de metadados OBAA, ontologia de Perfis, ontologia de Contexto e as ontologias sobre domínios de ensino. Camada de Agentes, onde as funcionalidades são implementadas. Camada de Serviço, que fornece interface para Web, banco de dados SQL, plataformas de EAD, repositório de OAs e diretórios LDAP.

A Global é uma infraestrutura para educação ubíqua, descentralizada, baseada em sistemas multiagentes. Ela disponibiliza agentes de software que executam tarefas comuns ao processo de aprendizagem ubíqua. Ela é formada por dez componentes.

Dentre os componentes, destacam-se o agente de Contexto que é responsável pela gerência dos contextos na Global, mapeando a movimentação do usuário pelos contextos e alertando os demais agentes sobre essas alterações. Os agentes de Perfil do Usuário e Perfis são responsáveis, respectivamente, pela gerência do perfil do usuário do dispositivo em execução e dos perfis de outros usuários com os quais tem ou teve contato. O agente de Objetos de Aprendizagem armazena, disponibiliza e adquire os objetos de aprendizagem utilizados pelos usuários.

### 3.1. Ontologias

Seguindo as diretrizes do projeto MILOS, foram implementadas ontologias para definir o *perfil* e o *contexto* do aprendiz, respectivamente, figuras 1 e 2. No presente trabalho o *perfil* do aprendiz contém informações sobre os dados pessoais, relações, interesses e desempenhos. A definição da ontologia do *perfil* baseou-se no padrão PAPI (*Public and Private Information for Learners*) [IEEE 2000]. Este padrão foi escolhido por estar presente em estudos importantes na área da educação [OLIVEIRA et al. 2009] [Musa 2006] e por atender as necessidades deste trabalho.

O *perfil* é organizado em seis categorias: 1) Pessoais (*Personal Information*): contém informações do aprendiz; 2) Segurança (*Security*): contém as credenciais do aprendiz, como senha, chave pública e privada; 3) Relações (*Relation*): define uma lista com relações entre os usuários, sendo composto pelo ID do usuário da relação e tipo da relação, podendo ser associada a um contexto ou ser uma relação global; 4) Preferências (*Preferences*): descreve as preferências do aluno; 5) Desempenho (*Performance*): relaciona a história do aluno, listando seu desempenho e avaliações, indicando a área de interesse geral e específica, métrica de avaliação, podendo ser associada a um contexto ou ser um desempenho global; 6) Portfólio (*Portfolio*): armazena um conjunto de referências para os trabalhos feitos pelo aluno.

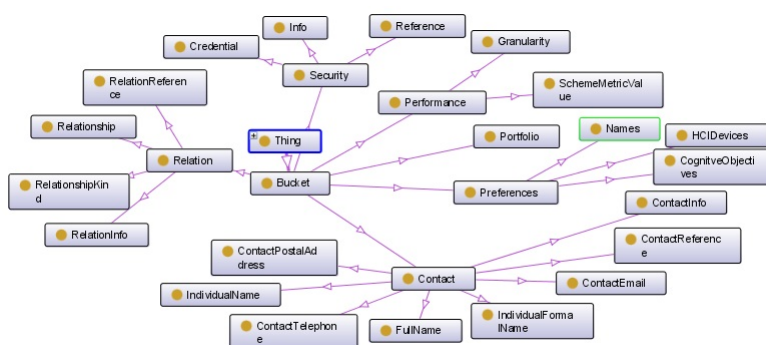


Figure 1. Ontologia Perfil

O *contexto* de um aprendiz se caracteriza por guardar as informações do seu posicionamento, dispositivo que o aprendiz está utilizando e sua data e hora atual. A ontologia de contextos é dividida em três categorias: 1) Posicionamento: contém informações

de posicionamento GPS (*Global Positioning System*); 2) Temporal: data e hora atual; 3) Tecnologia: dispositivo no qual o aprendiz está acessando a aplicação.

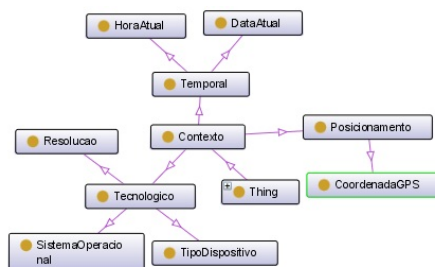


Figure 2. Ontologia Contexto

### 3.2. Agentes de Software

A infraestrutura desenvolvida para o UbiReCon consiste na implementação do agente de Apoio Pedagógico e do agente Recomendador de Conteúdo. Na figura 3 pode ser observado as correlações entre os agentes e as relações com as infraestruturas da MILOS e da Global.

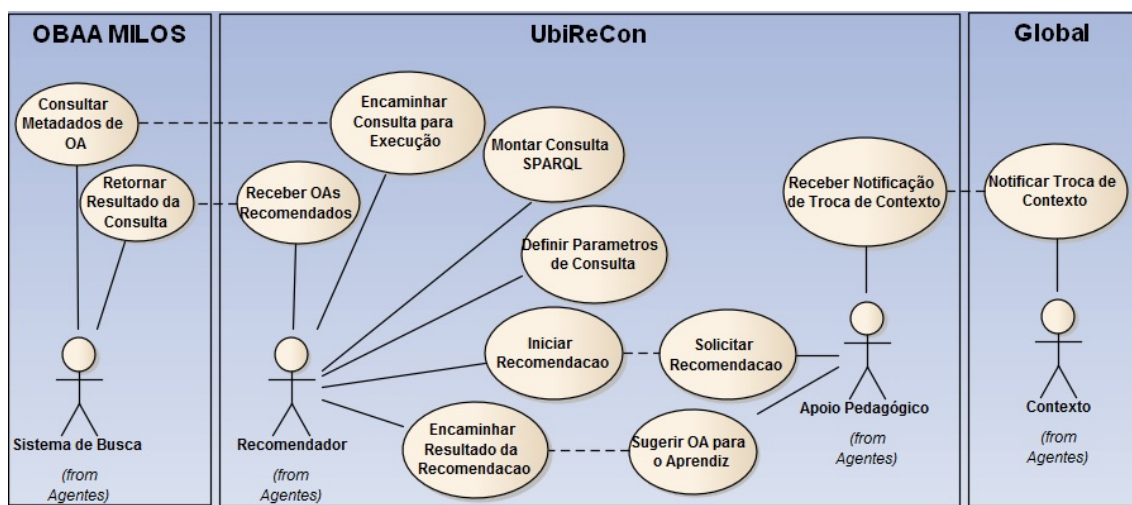


Figure 3. Requisitos dos agentes Recomendador e de Apoio Pedagógico

O agente de Apoio Pedagógico é o agente responsável por iniciar o processo de recomendação de conteúdo enviando as informações necessárias para o agente Recomendador de Conteúdo.

Inicialmente, o agente de Apoio Pedagógico informa o agente de Contexto da Global que deseja ser notificado assim que ocorrer uma mudança de contexto. Quando de fato ocorre uma mudança de contexto, o agente de Contexto notifica o agente de Apoio Pedagógico. As informações do contexto atual e do perfil do usuário são coletadas e enviadas para o agente Recomendador de Conteúdo.

O agente Recomendador de Conteúdo é o agente responsável por fazer a recomendação de OAs. Seu objetivo é montar uma consulta baseada em um conjunto

de regras baseadas na metodologia RIF (*Rule Interchange Format*) [W3C 2005]. Estas regras são previamente cadastradas, mas pode o professor efetuar a inclusão de novas regras que ele julgue conveniente. As regras são implementadas criando uma relação entre o *perfil* e *contexto* do aprendiz com os metadados do OBAA. As informações utilizadas nestas relações são baseadas nas ontologias de *perfil*, *contexto* e dos metadados do OBAA. O formato da consulta gerada pelo agente Recomendador de Conteúdo é em SPARQL [W3C 2008]. Com este formato é possível enviar a consulta para o agente de Sistema de Busca do OBAA MILOS. Este agente irá executar a consulta dos metadados de OAs e retornar o resultado para o agente Recomendador.

Após o processo de recomendação ser executado, o agente Recomendador de Conteúdo envia ao agente de Apoio Pedagógico a lista com os metadados encontrados. Com esta informação o agente exibe uma mensagem para o usuário sugerindo os três primeiros OAs encontrados.

#### 4. Protótipo para Prova de Conceito

A validação inicial do modelo UbiReCon foi feita através da implementação de um protótipo utilizando a linguagem de programação JAVA com o auxílio da ferramenta Eclipse [Eclipse 2012]. A implementação consistiu basicamente em três partes: (1) implementação dos agentes de software, (2) definição e implementação das ontologias de Perfil e Contexto e (3) implementação da camada de acesso a estas ontologias.

Os agentes de software foram implementados em Java utilizando o *framework* JADE [JADE 2012] (*Java Agent DEvelopment Framework*). Este *framework* ajuda no desenvolvimento de agentes, pois implementa a abstração dos métodos necessário para o correto funcionamento. Além disso, possui os requisitos técnicos necessários para o protocolo de comunicação FIPA [FIPA 2002], padrão seguido pela MILOS para comunicação entre os agentes.

Para implementação das ontologias foi utilizada a ferramenta Protégé [Protege 2012]. Com esta ferramenta é possível criar as ontologias no padrão OWL (*Ontology Web Language*) [W3C 2012] uma linguagem baseada em Lógica Descritiva e Ontologias.

O acesso dos agentes de software as ontologias foi realizado a partir da utilização do *framework* OWL API [OWLAPI 2012]. Este *framework* permite o acesso e a manipulação das ontologias.

#### 5. Metodologia de Avaliação

Para avaliação do modelo, foi adotada a estratégia de validação por cenários. Esta abordagem vem sendo utilizada pela comunidade científica para avaliação de ambientes cientes de contexto (conforme abordagem de [Dey 2001]) e ambientes ubíquos (conforme [Satyanarayanan 2001]). O cenário de teste criado correspondente ao decorrer de uma aula utilizando o UbiReCon. Neste cenário são considerados períodos relevantes para o modelo onde ocorrem as trocas de contexto dos alunos. Na tabela 2 são apresentados os passos do decorrer da aula.

Primeiramente, o professor acessa a aplicação onde são cadastradas as regras baseadas no perfil e no contexto do aprendiz. Para o perfil, o professor informa a turma em

| Sequencia | Horário       | Ator                       | Ações                                                                                                                                                                 |
|-----------|---------------|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1         | 18:30 - 19:00 | Professor                  | Acessa aplicação e cadastra novas regras de sugestão de conteúdo para o alunos que fazem parte da turma de Programação.                                               |
| 2         | 19:00 - 19:30 | Alunos                     | Alunos chegam na aula (trocam para o contexto Universidade).                                                                                                          |
| 3         |               | Agente de Apoio Pedagógico | É notificado sobre a troca de contexto e dispara processo de recomendação.                                                                                            |
| 4         |               | Agente de Apoio Pedagógico | Baseado na regra cadastra, sugere Apresentações e Artigos sobre o conteúdo.                                                                                           |
| 5         |               | Alunos                     | Recebem uma recomendação de conteúdo referente a materia nova que professor irá lecionar.                                                                             |
| 6         | 19:30 - 22:00 | Professor                  | Leciona a aula                                                                                                                                                        |
| 7         | 22:00 - 22:15 | Alunos                     | Começam a ir embora. (Nova troca de contexto)                                                                                                                         |
| 8         |               | Agente de Apoio Pedagógico | É notificado sobre a troca de contexto e dispara novamente processo de recomendação, mas desta vez considerando o contexto que o aluno não está mais na universidade. |
| 9         |               | Agente de Apoio Pedagógico | Baseado na regra cadastra sugere Audios e Videos relacionados ao tema, e listas de exercícios para apoiar o alunos nos seus estudos.                                  |

Table 2. Cenário de Testes

questão, no caso a de Programação, utilizando para isso a classe *relation*. Com relação ao contexto é informado a universidade, sendo um contexto do tipo posição geográfica. Os metadados que o professor deseja buscar no OBAA são aqueles que possuem as características referentes a artigos e a apresentações do tema a ser estudado para que os alunos possam utilizar na própria aula. Em seguida, os alunos começam a chegar à sala de aula e o processo de recomendação é disparado. Com base nas regras cadastradas, o sistema irá montar uma consulta semântica para os metadados do OBAA com apresentado abaixo:

((*Educational.IntendedEndUserRoleIs* = "learner" ) and (*Educational.ContextIs* = "higher education", "other" ) and (*Segmentation.SegmentMediaTypeIs* != "audio", "video" ) and (*LearningResourceTypeIs* = "paper", "slide") and (( *General.Title* = "JAVA") or (*General.Description* = "JAVA") or (*General.Keyword* = "JAVA" ))).

A consulta é executada pelo Agente Recomendador e o resultado obtido é enviado para o Agente de Apoio Pedagógico que por sua vez notifica o aluno.

Após professor lecionar a aula, os alunos começam a ir embora e novamente o processo de recomendação é iniciado. Neste momento, os parâmetros de consulta são gerados baseados na outra regra cadastrada, que faz referência ao contexto Casa. Para esta situação os OAs que o professor deseja sugerir para os alunos são exercícios de apoio, áudios e vídeos referentes ao assunto estudado em aula. É gerada uma consulta conforme apresentado abaixo:

((*Educational.IntendedEndUserRoleIs* = "learner" ) and (*Educational.ContextIs*

= "higher education", "other" ) and (Segmentation.SegmentMediaTypes = "audio", "video", "document" ) and (LearningResourceTypes = "exercise", "simulation", "other") and (( General.Title = "JAVA") or (General.Description = "JAVA") or (General.Keyword = "JAVA" ))

Após a execução, novamente o Agente de Apoio Pedagógico notifica os alunos com base no retorno da consulta realizada.

Com base nesta simulação é possível observar que o UbiReCon efetua consultas diferentes baseadas no contexto e no perfil aprendiz, acessando o repositório centralizado do OBAA.

## 6. Conclusão

O modelo apresentado fornece uma ferramenta de apoio pedagógico para o aluno, enviando sugestões de conteúdos educacionais relevantes para ele. No ponto de vista do professor, o ganho com esta ferramenta é que ele não precisará ficar buscando e indicando material constantemente para seus alunos. Este processo irá ocorrer automaticamente a partir do cadastramento adequado da regra de recomendação de conteúdo.

Com base nos trabalhos relacionados apresentados na seção 2, pode-se concluir que este modelo agrega benefícios para os ambientes ubíquos de ensino e aprendizagem. O UbiReCon reúne as principais características destes trabalhos. O fator diferencial é que o modelo apresentado agrega funcionalidades de integração a um repositório de alta escalabilidade, busca semântica aos metadados de OAs e a flexibilidade na definição das regras de recomendação.

As principais conclusões foram: (1) a computação móvel amplia as oportunidades introduzidas pela informática na educação; (2) a modelagem utilizando agentes de software propicia definições claras de papéis e responsabilidades entre os agentes; (3) a utilização de busca semântica baseado em regras padronizadas, possibilita a adequação das regras conforme as necessidades de aprendizagem dos alunos; (4) o uso de regras baseadas no *perfil* e *contexto* do aprendiz favorece a criação de oportunidades educacionais; (5) o uso de um repositório centralizado agrega qualidade na recomendação de conteúdo para o aprendiz; (6) os testes comprovam a viabilidade da proposta.

Como trabalho futuro, serão realizados testes do modelo em um cenário real, envolvendo uma turma de graduação da Unisinos. Também serão implementadas funcionalidades para recomendação de conteúdo para o contexto do aprendiz.

## 7. Agradecimentos

Os autores agradecem ao MCT/FINEP/MC/FUNTTTEL, CAPES e ao CNPq por financiarem esta pesquisa.

## References

BARBOSA, J. L., BARBOSA, D. N., and WAGNER, A. (2012). Learning in ubiquitous computing environments. *International journal of information and communication technology education*, v. 8, p. 64-77.

- BARBOSA, J. L., HAHN, R., BARBOSA, D. N., and SACCOL, A. I. C. Z. (2011). A ubiquitous learning model focused on learner integration. *International Journal of Learning Technology (Print)*, v. 6, p. 62-83.
- Cazella, S. C. (2011). Recomendando objetos de aprendizagem baseado em competencias em ead. *RENOTE - V.9 N 2, dezembro, 2011 - CINTED-UFRGS*.
- Dey, A. K. (2001). Understanding and using context. *Personal and Ubiquitous Computing, Volume 5, Number 1 / February*.
- Eclipse (2012). Eclipse. Disponível em: <http://www.eclipse.org/>. Acesso em: jun. 2012.
- FIPA (2002). Fipa acl message structure specification (sc00061g). Disponível em: <http://www.fipa.org/specs/fipa00061/>.
- GLUZ, J. and VICCARI, R. (2010). Milos: Infraestrutura de agentes para suporte a objetos de aprendizagem obaa. *Anais do XXI SBIE. Joao Pessoa*.
- GLUZ, J. and VICCARI, R. (2011). Uma ontologia owl para metadados ieee-lom, dublicore e obaa. *Anais do XXII SBIE. Aracaju*.
- GRUBER, T. (2003). What is an ontology. Disponível em: <http://www-ksl.stanford.edu/kst/what-is-an-ontology.html>.
- IEEE (2000). Draft standard for learning technology. public and private information (papi) for learners (papi learner).
- JADE (2012). Jade (java agent development framework). Disponível em: <http://jade.tilab.com/>. Acesso em: jun. 2012.
- LEWIS, M., NINO, C., ROSA, J. H., BARBOSA, J. L., and BARBOSA, D. N. (2010). A management model of learning objects in a ubiquitous learning environment. *In Proceedings of the IEEE International Workshop on Pervasive Learning (PerEL 2010)*, (pp. 256-261). Mannheim, Germany.
- LOM (2002). Ieee/ltsc - draft standards for learning object metadata. *Learning Technology Standards Committee*. Disponível em: [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). Acesso em: mai. 2012.
- MARQUES, J., ROSA, J. H., BARBOSA, J. L., BARBOSA, D. N., and PALAZZO, L. A. M. (2010). Content distribution in trail-aware environments. *Journal of the Brazilian Computer Society (Impresso)*, v. 16, p. 163-176.
- MEC (2008). Rived - rede interativa virtual de educacao. Disponível em: <http://www.rived.mec.gov.br/>. Acessado em Julho de 2012.
- MEC (2012). Banco internacional de objetos educacionais. Disponível em: <http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/>. Acessado em Julho de 2012.
- Merlot (2012). Merlot - multimedia educational resources for learning and ponline teaching. Disponível em: <http://www.merlot.org/merlot/index.htm>. Acessado em Julho de 2012.
- Musa, D. L. (2006). Compartilhamento de modelos de alunos via ontologia e web services. *Tese de Doutorado, UFRGS*.

- OLIVEIRA, J., RABELLO, S., and BARBOSA, J. L. V. (2009). Um modelo multi-agente descentralizado para ambientes de educacao ubiqua. *Anais do XX SBIE. Florianopolis*.
- OWLAPI (2012). The owl api. Disponivel em: <http://owlapi.sourceforge.net/>. Acesso em: jun. 2012.
- Protege (2012). Protege owl. Disponivel em: <http://protege.stanford.edu/>.
- Satyanarayanan, M. (2001). Pervasive computing: vision and challenges. *Personal Communications, IEEE*, v. 8, n. 4, p. 10-17.
- Silva, L. C. N. (2011). Mobile: Um ambiente multiagente de aprendizagem movel para apoiar a recomendacao sensivel ao contexto de objetos de aprendizagem. *XXII SBIE e XVII WIE*.
- SOLOMAN, B. A. and Felder, R. M. (2012). Index of learning styles questionnaire. Disponivel em: <http://www.engr.ncsu.edu/learningstyles/ilsweb.html>. Acesso em: jun/2012.
- UFRGS (2012). Cesta - coletanea de entidades de suporte ao uso de tecnologia na aprendizagem. Disponivel em: <http://cesta2.cinted.ufrgs.br/xmlui/>. Acessado em Julho de 2012.
- VICARI, R. and BEZ, M. (2010). Proposta brasileira de metadados para objetos de aprendizagem baseados em agentes (obaa). *RENOTE : revista novas tecnologias na educacao [recurso eletronico]. Porto Alegre, RS*.
- W3C (2005). W3c - rule interchange format(rif). Disponivel em: <http://www.w3.org/2005/rules>. Acessado em Julho de 2012.
- W3C (2008). W3c - query language for rdf (sparql). Disponivel em: <http://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query>. Acessado em Julho de 2012.
- W3C (2012). W3c - ontology web logic (owl). Disponivel em: <http://www.w3.org/TR/owl2-overview/>.
- WILEY, D. A. (2000). Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor, and a taxonomy. In D. A. Wiley (Ed.), *The Instructional Use of Learning Objects*. Disponvel em: <http://reusability.org/read/chapters/wiley.doc>.
- WOOLDRIDGE, M. (2002). An introduction to multiagent systems. *John Wiley and Sons, Ltd., England, p. 15-103*.
- Zaina, L. (2012). e-lors: Uma abordagem para recomendacao de objetos de aprendizagem. *Revista Brasileira de Informatica na Educacao, Volume 20, Numero 1*.