

Autoria automática de objetos de aprendizagem a partir de captura multimídia e associação a estilos de aprendizagem

Rafael D. Araújo¹, Taffarel Brant-Ribeiro¹, Rafaela S. de Freitas¹,
Fabiano A. Dorça¹, Renan G. Cattelan¹

¹Faculdade de Computação – Universidade Federal de Uberlândia (UFU)
Uberlândia – MG – Brasil

rafael@doutorado.ufu.br, tbrantr@facom.ufu.br,

rafaela_santana@comp.ufu.br, {fabiano, renan}@facom.ufu.br

Abstract. *This paper proposes the use of multimedia capture in ubiquitous learning environments for automatically authoring learning objects. Using an instrumented classroom, the content of learning objects is obtained from multiple capture devices, with individual media flows being integrated and synchronized without human intervention. Associated metadata is generated using a semi-automated approach based on matching their fields to students' learning styles. The approach is being integrated to a real multimedia capture system and preliminary results from its experimentation suggest gains in student performance.*

Resumo. *Este trabalho apresenta uma proposta para utilização de captura multimídia em ambientes educacionais ubíquos como paradigma de autoria automática de objetos de aprendizagem. Usando uma sala de aula instrumentada, o conteúdo dos objetos de aprendizagem é obtido a partir de múltiplos dispositivos de captura, cujos fluxos de mídia individuais são integrados e sincronizados sem intervenção humana. Os metadados associados são gerados de forma semiautomática por meio de um mapeamento feito entre seus campos e os estilos de aprendizagem. A abordagem está sendo integrada a um sistema de captura multimídia real e resultados preliminares de sua experimentação indicam ganhos no desempenho dos alunos.*

1. Introdução

Objetos de aprendizagem (OA's) têm se tornado um importante recurso para potencializar a reestruturação das práticas pedagógicas tradicionais, incluindo o uso da comunicação, da informação e da interação em ambientes educacionais [Audino 2010]. Também estão sendo cada vez mais utilizados em plataformas de *e-learning*, como Moodle¹, BlackBoard² e Sakai³, de modo como a complementar o processo de ensino/aprendizagem.

Contudo, a autoria de OA's ainda permanece uma tarefa complexa, tanto em termos do *design* e da elaboração do conteúdo do OA em si, quanto em termos do preenchimento dos metadados associados. O primeiro envolve um processo interdisciplinar, englobando aspectos técnicos e pedagógicos [Dias et al. 2009]. O segundo demanda o

¹<http://www.moodle.org>

²<http://www.blackboard.com.br>

³<http://www.sakai.br>

emprego de especificações e padrões que permitam a posterior pesquisa, recuperação e reuso desses recursos.

Ao mesmo tempo, a utilização de dispositivos computacionais e tecnológicos é, hoje, uma tendência na vida das pessoas em diversas áreas [Lee and Chen 2009]. Tais dispositivos estão cada vez mais integrados nos ambientes educacionais, muitas vezes desempenhando papéis de novos recursos de ensino e aprendizagem. Isso faz com que o processo de ensino/aprendizagem se torne mais dinâmico dentro e fora da sala de aula [Graf and Kinshuk 2008]. Surge daí a abordagem conhecida como *ubiquitous learning* (*u-learning*) [Zhao et al. 2010], ou *aprendizagem ubíqua*, com o objetivo de proporcionar melhores experiências às pessoas envolvidas em atividades educacionais, auxiliando a superação de limitações relacionadas a tempo e local. Essa abordagem é aplicada em *Ambientes Educacionais Ubíquos* (AEU's), nos quais atividades educacionais são gravadas para que os alunos possam ter a oportunidade de acessá-las posteriormente em qualquer lugar e a qualquer momento, conseguindo melhorar suas experiências de aprendizagem e usufruir de tudo que tais tecnologias são capazes de proporcionar.

Os AEU's estão diretamente ligados aos conceitos de *computação ubíqua* [Weiser 1991] – dispositivos computacionais estão cada vez mais integrados ao ambiente, com o intuito de auxiliar pessoas na realização de suas tarefas cotidianas, de modo transparente – e de *captura e acesso* (C&A) [Truong and Hayes 2009] – focada em ferramentas especializadas em registrar e armazenar, de maneira automática, tais tarefas, além de fornecer recursos para que os usuários consigam recuperar o conteúdo capturado. No domínio educacional, o conteúdo capturado está relacionado às aulas ministradas pelos professores. Sendo assim, todo o conteúdo gerado pode dar origem a OA's e a metadados passíveis de utilização posterior pelos alunos.

Neste artigo, é apresentada uma plataforma de C&A para autoria automática de OA's a partir de atividades presenciais de ensino em AEU's. Usando uma sala de aula instrumentada, o conteúdo dos OA's é obtido a partir de múltiplos dispositivos de captura, cujos fluxos de mídia individuais são integrados e sincronizados sem intervenção humana. Para o preenchimento dos metadados associados, é proposta uma abordagem semiautomática baseada na associação de seus campos com estilos de aprendizagem. Os documentos multimídia resultantes originam, assim, OA's passíveis de recuperação, apresentação, personalização, recomendação e reuso ao longo do tempo. É apresentada a integração da proposta a um ambiente real de captura multimídia, bem como resultados preliminares a partir de sua experimentação.

O restante do artigo está estruturado da seguinte forma: na Seção 2, é feito um levantamento da literatura especializada e são abordados os principais trabalhos relacionados; na Seção 3, é apresentada a plataforma de C&A para captura automática de conteúdo multimídia; na Seção 4, é descrita a abordagem para coleta semiautomática de metadados com base em estilos de aprendizagem; na Seção 5, são apresentados resultados preliminares obtidos a partir da experimentação da abordagem proposta; e, por fim, na Seção 6, são feitas as considerações finais e sugeridos trabalhos futuros.

2. Trabalhos relacionados

Os sistemas computacionais desenvolvidos para ambientes educacionais ganharam espaço e vêm se destacando cada vez mais [Zeng et al. 2010, AiHua 2010]. Diversos

trabalhos apresentam abordagens de captura multimídia em ambientes educacionais [Pimentel et al. 2007, Branham et al. 2010, Logan et al. 2012], porém não trabalham especificamente com OA's e o acesso ao conteúdo não fornece recursos de personalização.

O trabalho de [Ferreira et al. 2012b] faz uso de OA's em um modelo ubíquo para recomendação de conteúdo educacional. Esse modelo apresenta uma arquitetura descentralizada baseada em sistemas multiagentes para busca em repositórios de OA's. Contudo, a abordagem não considera a geração de OA's e também não os classifica quanto aos estilos de aprendizagem.

Em [ÖZyurt et al. 2013], criou-se um sistema de *e-learning* chamado UZWEB-MAT para ensinar probabilidade matemática aos alunos do ensino fundamental. É um sistema adaptativo individualizado baseado no estilo de aprendizagem dos alunos. Diferentemente da abordagem proposta, os OA's são criados segundo a abordagem construtivista, na qual o aluno é a parte ativa do processo de aprendizagem e não o professor.

O trabalho desenvolvido por [Lo et al. 2012] é um sistema Web adaptativo de aprendizagem focado nos aspectos cognitivos dos estudantes, e que recomenda conteúdo didático adaptado a cada estilo de aprendizagem. Seu foco, porém, é na apresentação do conteúdo e não na geração de OA's dinamicamente e já classificados de acordo com estilos de aprendizagem.

Na abordagem de [Klašnja-Milićević et al. 2011], é apresentado um sistema Web de tutoria para ensino de programação de computadores chamado Protus (*PRogramming TUtoring System*), que considera aspectos pedagógicos dos alunos e a necessidade de recomendar sequências de atividades de aprendizagem em uma ordem pedagogicamente eficaz. A ênfase do trabalho se concentra na estratégia de recomendação. Os OA's contêm obrigatoriamente tutoriais, exemplos e testes que são cadastrados previamente por uma ferramenta de autoria. Contudo, esse trabalho também não gera OA's a partir de atividades educacionais presenciais classificados de acordo com estilos de aprendizagem.

3. Autoria de objetos de aprendizagem em ambientes educacionais ubíquos

OA's são, tipicamente, desenvolvidos por professores sem familiaridade com a produção de mídias digitais e que, muitas vezes, desconhecem critérios de usabilidade [Silveira and Carneiro 2012]. Desse modo, torna-se necessária a oferta de ferramentas e abstrações que auxiliem no processo de autoria desses artefatos.

O *Classroom eXperience* (CX) é uma plataforma de *captura e acesso* (C&A) utilizada para capturar, armazenar, acessar e estender conteúdo multimídia em AEU's [Ferreira et al. 2012a, Araújo et al. 2013]. Tipicamente, esses ambientes são repletos de dispositivos computacionais integrados tais como lousas eletrônicas, microfones, câmeras e projetores multimídia, permitindo que os professores ministrem suas aulas sem alterações significativas em sua dinâmica convencional, ao mesmo tempo que auxiliam os alunos no posterior acesso ao conteúdo capturado para estudo.

O processo de captura do CX está estruturado em quatro fases, conforme a proposta de [Abowd et al. 1996]: (1) *pré-produção*, que consiste na preparação do conteúdo para captura; (2) *gravação "ao vivo"*, em que múltiplos fluxos de informação são capturados de dispositivos espalhados pelo ambiente; (3) *pós-produção*, em que os fluxos capturados na fase anterior são sincronizados e integrados; e (4) *acesso*, responsável por

disponibilizar aos usuários o conteúdo previamente capturado.

A fase de pré-produção se inicia no momento em que o professor deseja cadastrar uma nova aula para ser ministrada. Para isso, é necessário registrar algumas informações da aula em um formulário Web (Figura 1). Há 3 categorias para essas informações:

- Informações básicas: essa categoria contém dados essenciais obrigatórios sobre a aula, tais como título e palavras-chave, que são armazenados em banco de dados relacional contendo ligações para as outras informações;
- Arquivo de *slides*: essa categoria contém o conteúdo em si que será apresentado aos alunos, em formato de *slides*;
- Informações adicionais: são metainformações opcionais sobre a aula (duração, idioma, nível de dificuldade, etc.) e que são armazenadas em um arquivo IEEE-LOM padronizado conforme a norma 1484.12.1 [IEEE 2002].

Classroom eXperience

Rafael Dias Araújo

Início > PGC030 - Aprendizado de Máquinas > Nova Aula

Informe os dados da nova aula:

Título*:

Palavras-chave*:

Arquivo de Slides: Nenhum arquivo selecionado
(.pdf, .ppt, .zip)

Resumo:

Duração: min.

Língua:

Nível de dificuldade:

Importância:

Tipo de interatividade:

Nível de interatividade: Baixíssimo Baixo Médio Alto Altíssimo

Densidade semântica: Baixíssima Baixa Média Alta Altíssima

*Preencha os campos obrigatórios

© Copyright 2012-2013 UbiMedia - Todos os direitos reservados

Português Sobre

Figura 1. Cadastro de uma nova aula no CX.

A fase de captura “ao vivo” acontece quando o professor está ministrando a aula aos alunos (Figura 2 (a)). Para dar início, o professor acessa o CX via Web e seleciona a aula a ser ministrada. O software carrega então o conteúdo a ser apresentado aos alunos. Em seguida, um aplicativo específico se encarrega de inicializar os componentes responsáveis pela captura dos diferentes fluxos de informação, como o áudio do microfone, o vídeo da câmera e as anotações feitas na lousa eletrônica. Esse processo acontece de modo contínuo e da maneira menos intrusiva possível, sem interferir na dinâmica da aula.

Ao terminar o processo de gravação, os fluxos de mídia capturados são sincronizados e, então, geram-se os documentos que serão posteriormente apresentados aos alunos. Essa sincronização acontece por meio de arquivos no formato XML contendo *timestamps* das interações ocorridas entre o professor e o ambiente instrumentado. É na fase de pós-produção, em que, além da sincronização, o conteúdo capturado é transformado em diferentes formatos de apresentação, como HTML e NCL, utilizando-se folhas de estilo XSL. Por fim, todo o conteúdo gerado é compactado em um único arquivo para ser armazenado.

No CX, a fase de acesso é responsável por apresentar o conteúdo multimídia capturado aos alunos de maneira hierarquizada e com o objetivo de facilitar sua visualização (Figura 2 (b)). Uma importante característica dessa etapa é a capacidade de personalização e recomendação do conteúdo com base no contexto de acesso e nas preferências individuais dos alunos [Araújo et al. 2013].

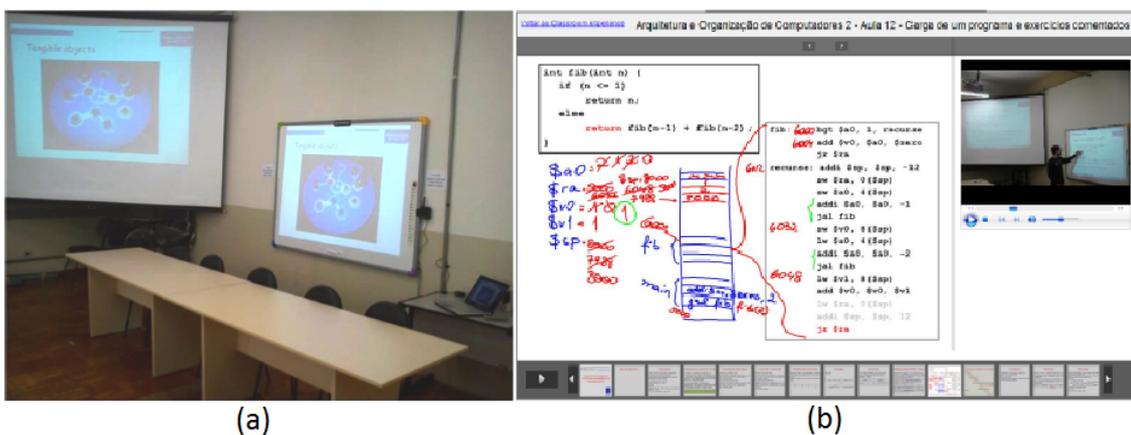


Figura 2. Captura e acesso no CX: (a) sala instrumentada; (b) documento capturado apresentado para visualização no formato HTML.

4. Geração de metadados a partir de associação a estilos de aprendizagem

Metadados podem ser definidos como informações estruturadas que descrevem, explicam, localizam ou facilitam a recuperação, o uso e o gerenciamento de um recurso de informação [Greenberg 2005]. Para que a pesquisa e recuperação de um OA seja eficaz, é necessário preencher a maior quantidade possível de seus campos de metadados com valores consistentes – um processo árduo e nem sempre intuitivo. São comuns abordagens baseadas no preenchimento de extensos formulários [dos Santos et al. 2012]. Muitas vezes, os autores dos OA's não sabem exatamente o que preencher e acabam informando valores inconsistentes ou simplesmente não os informando [Kabel et al. 2004]. Além disso, o preenchimento manual desses metadados demanda muito tempo e esforço dos autores, que já empregaram significativo esforço elaborando o OA em si, o que leva ao desinteresse.

Neste trabalho, utilizamos a proposta do LTSC/IEEE *Learning Object Metadata* (LOM) [IEEE 2002] como padrão de documento de metadados para descrição de OA's, visto que é um dos metadados mais utilizados [Gomes et al. 2005]. A ideia por trás do uso dessa especificação foi criar uma estrutura semântica que garantisse as proprieda-

des de identificação, reutilização, gerenciamento, interoperabilidade, compartilhamento, integração e recuperação dos OA's.

O preenchimento semiautomático dos metadados dos OA's acontece por meio de um mapeamento feito entre os campos do LOM e os estilos de aprendizagem apresentados no modelo proposto por [Felder and Silverman 1988]. Considera-se, assim, que cada estudante possui uma tendência a um dos extremos em cada uma das suas quatro dimensões: percepção, entrada, processamento e organização. Mais especificamente, os campos do LOM aqui preenchidos estão de acordo com um subconjunto dos campos de metadados selecionado a partir do trabalho de [Resende 2013], o qual propôs um mapeamento dos campos de metadados com relação às características dos estilos de aprendizagem de [Felder and Silverman 1988]. São eles:

- *Title* (título), *description* (descrição) e *keyword* (palavra-chave): esses campos definem o assunto (tema) do objeto de aprendizagem;
- *Structure* (estrutura): esse campo possui as opções de preenchimento “rede” e “linear”. A primeira opção indica que o OA está relacionado com o estilo de aprendizagem global, pois dá uma visão geral do assunto, e a segunda opção indica que o OA está relacionado com o estilo de aprendizagem sequencial, pois apresenta o assunto em etapas contínuas;
- *Format* (formato): o preenchimento desse campo pode ser feito com os valores “áudio”, “imagem”, “texto”, “texto/html” ou “vídeo”. Esses valores foram selecionados de acordo com os tipos MIME definidos na RFC2046 [Freed and Borenstein 1996] pelo órgão *Internet Assigned Numbers Authority* (IANA). Essas opções são mapeadas para o estilo sensitivo (a percepção do conteúdo é feita por meio dos sentidos), verbal (se há uso de palavras ou sons), visual (se há o uso de figuras, sinais ou imagens) ou reflexivo (se o documento é expositivo);
- *Interactivity type* (Tipo de interatividade): as opções para preenchimento são “ativo”, “expositivo” ou “misto”. Essas opções levam à classificação do OA como sensitivo (dimensão percepção) e reflexivo (dimensão processamento) se a opção escolhida for “expositivo”, ativo (dimensão percepção) caso a opção escolhida for “ativo” ou, ainda, ativo (dimensão percepção) e reflexivo (dimensão processamento) se a opção escolhida for “misto”;
- *Learning resource type* (Tipo de recurso de aprendizagem): esse campo possui as opções de preenchimento “exercício”, “simulação”, “questionário”, “diagrama”, “figura”, “gráfico”, “narrativa”, “enunciado do problema”, “autoavaliação” ou “aula (palestra)”. O objeto de aprendizagem é classificado como sensitivo e visual se a opção escolhida for “diagrama”, “figura” ou “gráfico”. No caso da opção “gráfico” o OA também é classificado como reflexivo. Caso a opção escolhida seja “narrativa” ou “aula (palestra)”, então o OA é classificado como sensitivo e verbal. Se a opção for “autoavaliação”, então o OA é classificado como intuitivo e, por fim, a classificação é ativo caso a opção escolhida seja “exercício”, “simulação”, “questionário” ou “enunciado do problema”.
- *Difficulty* (Dificuldade): as opções de preenchimento são “simples”, “fácil”, “difícil” ou “complexo”. Caso seja um dos dois primeiros valores, então o OA é classificado como sensitivo. Caso contrário, é classificado como intuitivo.

Além dos campos apresentados, este trabalho inclui outros campos, como *interactivity level* (nível de interatividade) e *semantic density* (densidade semântica), *language* (idioma), *duration* (duração) e, ainda, inclui outros valores para o campo *learning resource type*.

A plataforma de captura fornece mecanismos para a geração automática de metadados baseado em perguntas respondidas pelo professor. Como pode ser visto na parte inferior da Figura 1, os campos *interactivity level* e *semantic density* possuem as seguintes opções de resposta: “baixíssimo”, “baixo”, “médio”, “alto” ou “altíssimo”. O campo *language* é preenchido, atualmente, com o “português” como idioma padrão, e o campo *duration* é aberto e representa a duração de uma aula em minutos. Por fim, os valores “tabela”, “teste” e “experimento” foram acrescentados como opções de resposta para o campo *learning resource type*.

5. Experimentos

Com o intuito de investigar o uso da plataforma CX, foram analisadas 5 turmas que cursaram 3 disciplinas distintas em cursos de graduação em Sistemas de Informação e Ciência da Computação e de pós-graduação em Ciência da Computação, totalizando 114 alunos e 3 professores envolvidos na pesquisa. Avaliou-se o desempenho de alunos ao utilizarem o CX de modo parcial, ou seja, apenas durante a segunda metade do semestre letivo. No primeiro bimestre, as disciplinas foram ministradas sem apoio do sistema. Com o intuito de comparar o desempenho de alunos em níveis aproximadamente similares e evitar o enviesamento dos dados, avaliou-se separadamente as turmas de graduação das de pós-graduação. Foram analisadas as notas dos alunos para averiguar se a utilização do CX trouxe de fato aumento de desempenho entre as turmas sob análise. A esses dados, foi aplicado o teste de Shapiro-Wilk (SW) e todas as amostras apresentaram resíduos com distribuição normal. Por se tratarem de turmas que tiveram os mesmos elementos observados duas vezes, realizou-se o cálculo da diferença entre as notas obtidas nos 1º e 2º bimestres e aplicou-se o teste *t* de Student às diferenças resultantes, almejando verificar se houve diferença significativa entre o desempenho dos alunos nas circunstâncias de ausência e presença do CX. Os resultados dos experimentos são apresentados na Tabela 1.

Todas as turmas de graduação observadas apresentaram aumentos significativos em seus desempenhos. Na pós-graduação, enquanto os alunos que frequentaram a disciplina B obtiveram aumentos expressivos nas notas, a turma A não demonstrou diferença entre os bimestres. Com exceção da turma de graduação que cursou a disciplina A (na qual tanto a média quanto o desvio padrão elevaram-se), todas as demais amostras apresentaram aumento em suas médias e decréscimo nos desvios padrões. Esses resultados fortalecem a premissa de que o uso do sistema no decorrer do 2º bimestre gerou uma elevação e maior nivelamento das notas obtidas pelos alunos.

6. Conclusão

Este trabalho apresentou uma proposta para utilização de captura multimídia em ambientes educacionais ubíquos como paradigma de autoria automática de objetos de aprendizagem. Os OA's são compostos pelo conteúdo em si e seus metadados – informações extras que definem o próprio conteúdo. O Classroom eXperience foi utilizado como estudo de caso para a geração dos objetos de aprendizagem. Enquanto as atividades de captura multimídia geraram o conteúdo do objeto de aprendizagem, seus metadados foram gerados

Tabela 1. Desempenho de turmas de graduação e pós-graduação quanto ao uso parcial do *Classroom eXperience* durante os bimestres do semestre letivo.

Disciplina ¹	<i>n</i>	Bimestre	CX	$\bar{x} \pm s$	$\bar{d} \pm s_d$	<i>W(P)</i>	
Graduação	A	21	1º	Ausente	25,64 ± 7,27 <i>b</i>	8,74 ± 10,08	0,941(0,223)
			2º	Presente	34,38 ± 7,79 <i>a</i>		
	B	28	1º	Ausente	35,93 ± 6,68 <i>b</i>	5,00 ± 7,57	0,949(0,189)
			2º	Presente	40,93 ± 5,17 <i>a</i>		
	C	31	1º	Ausente	37,03 ± 11,14 <i>b</i>	5,48 ± 9,77	0,980(0,822)
			2º	Presente	42,51 ± 7,04 <i>a</i>		
Pós-graduação	A	17	1º	Ausente	30,15 ± 11,82 <i>a</i>	4,11 ± 8,26	0,919(0,141)
			2º	Presente	34,26 ± 9,27 <i>a</i>		
	B	17	1º	Ausente	45,00 ± 3,16 <i>b</i>	2,65 ± 2,55	0,963(0,690)
			2º	Presente	47,65 ± 2,57 <i>a</i>		

¹Médias bimestrais seguidas por letras distintas em cada disciplina/turma diferem-se entre si pelo teste *t* de Student uniamostrual a 0,05 de significância; *n*: Tamanho da amostra; CX: *Classroom eXperience*; $\bar{x} \pm s$: Média e desvio padrão; $\bar{d} \pm s_d$: Diferença média e desvio padrão da diferença; *W*: Estatística do teste de SW; (*P*): Probabilidades maiores que 0,05 indicam resíduos com distribuição normal para o teste de SW.

de forma semiautomática por meio de um mapeamento feito entre os campos do LOM e estilos de aprendizagem. Resultados preliminares a partir da experimentação com a abordagem indicaram ganhos no desempenho dos alunos.

Embora existam várias abordagens para geração de OA's e seus metadados, percebeu-se que os trabalhos encontrados na literatura especializada não contam com o apoio de AEU's, nem tão pouco propõem a utilização de estilos de aprendizagem para identificar seus metadados. Dessa forma, a abordagem ora proposta contribui tanto para a autoria automática dos OA's quanto para o preenchimento de seus metadados visando uma posterior recomendação e personalização desse conteúdo educacional com base em estilos de aprendizagem.

Como trabalho futuro, está em andamento a próxima fase da pesquisa, que almeja incluir aspectos de estilos de aprendizagem em uma arquitetura de personalização e recomendação de conteúdo. Tal abordagem permitirá uma experiência mais individual e personalizada aos alunos.

Agradecimentos

Os autores agradecem as agências brasileiras de pesquisa CNPq, CAPES e FAPEMIG pelo apoio concedido a este trabalho.

Referências

Abowd, G. D., Atkeson, C. G., Feinstein, A., Hmelo, C., Kooper, R., Long, S., Sawhney, N., and Tani, M. (1996). Teaching and Learning as Multimedia Authoring: The

- Classroom 2000 Project. In *Proc. of the 4th ACM Intern. Conference on Multimedia (MULTIMEDIA'96)*, p. 187–198. ACM.
- AiHua, Z. (2010). Study of Ubiquitous Learning Environment Based on Ubiquitous Computing. In *Proc. of the 3rd IEEE Intern. Conference on Ubi-Media Computing (U-Media'10)*, p. 136–138.
- Araújo, R. D., Brant-Ribeiro, T., Cattelan, R. G., Amo, S. A. d., and Ferreira, H. N. M. (2013). Personalization of Interactive Digital Media in Ubiquitous Educational Environments. In *Proc. of the IEEE Intern. Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC'13)*, p. 3955–3960.
- Audino, Daniel Fagundes e Nascimento, R. d. S. (2010). Objetos de aprendizagem - diálogos entre conceitos e uma nova proposição aplicada à educação. *Revista Contemporânea de Educação*, 5(10):128–148.
- Branham, S., Golovchinsky, G., Carter, S., and Biehl, J. T. (2010). Let's Go from the Whiteboard: Supporting Transitions in Work through Whiteboard Capture and Reuse. In *Proc. of the 28th ACM Intern. Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'10)*, p. 75–84. ACM.
- Dias, C. L., Kemczinski, A. L., Sá S. V.; Ferlin, J., and Hounsell, M. S. (2009). Padrões abertos: aplicabilidade em Objetos de Aprendizagem (OAs). In *Anais do XX Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2009)*.
- dos Santos, N., de Avellar C. Cordeiro, R., Nunes, R. M. B., Rapkiewicz, C. E., and Wives, L. K. (2012). Metadados para Objetos de Aprendizagem: prova de conceito do modelo UMBRELO. In *Anais do XXIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2012)*, Rio de Janeiro.
- Felder, R. M. and Silverman, L. K. (1988). Learning and Teaching Styles in Engineering Education. *Journal of Engineering Education*, 78(7):674–681.
- Ferreira, H., Araújo, R., de Amo, S., and Cattelan, R. (2012a). Classroom Experience: A Platform for Multimedia Capture and Access in Instrumented Educational Environments. In *Proc. of the 2012 Brazilian Symposium on Collaborative Systems (SBSC'12)*, p. 59–64.
- Ferreira, L. G. A., Gluz, J. a. C., and Barbosa, J. L. V. (2012b). Um Modelo Multiagente para Recomendação de Conteúdo Educacional em um Ambiente Ubíquo. In *Anais do 23o Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2012)*, p. 161–168.
- Freed, N. and Borenstein, N. S. (1996). Multipurpose internet mail extensions (mime) part two: Media types.
- Gomes, S. R., Gadelha, B. F., Mendonça, A. P., and Amoretti, M. S. M. (2005). Objetos de Aprendizagem Funcionais e as Limitações dos Metadados Atuais. In *Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2005)*, p. 201–210.
- Graf, S. and Kinshuk (2008). Adaptivity and Personalization in Ubiquitous Learning Systems. In *Proc. of the 4th Symposium of the Workgroup Human-Computer Interaction and Usability Engineering of the Austrian Computer Society on HCI and Usability for Education and Work (USAB'08)*, p. 331–338.

- Greenberg, J. (2005). Understanding Metadata and Metadata Schemes. *Cataloging Classification Quarterly*, 40(3):17–36.
- IEEE, L. T. S. C. (2002). Draft Standard for Learning Technology - Learning Object Metadata. Technical report, IEEE Standards Department, New York.
- Kabel, S., de Hoog, R., Wielinga, B., and Anjewierden, A. (2004). Indexing Learning Objects: Vocabularies and Empirical Investigation of Consistency. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 13(4):405–425.
- Klašnja-Milićević, A., Vesin, B., Ivanović, M., and Budimac, Z. (2011). E-Learning personalization based on hybrid recommendation strategy and learning style identification. *Computers & Education*, 56(3):885–899.
- Lee, M. R. and Chen, T. T. (2009). Trends in Ubiquitous Multimedia Computing. *Intern. Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering*, 4(2):115–124.
- Lo, J.-J., Chan, Y.-C., and Yeh, S.-W. (2012). Designing an adaptive web-based learning system based on students' cognitive styles identified online. *Computers & Education*, 58(1):209–222.
- Logan, G., Greer, J., and McCalla, G. (2012). Thin and Light Video Editing Extensions for Education with Opencast Matterhorn. In *Proc. of the IEEE Intern. Symposium on Multimedia (ISM'12)*, p. 467–470.
- ÖZyurt, O., ÖZyurt, H., and Baki, A. (2013). Design and development of an innovative individualized adaptive and intelligent e-learning system for teaching-learning of probability unit: Details of UZWEBMAT. *Expert Systems with Appl.*, 40(8):2914–2940.
- Pimentel, M., Cattelan, R., and Baldochi, L. (2007). Prototyping Applications to Document Human Experiences. *Journal IEEE Pervasive Computing*, 6(2):93–100.
- Resende, D. T. G. R. (2013). Personalização em sistemas de Ensino à Distância com base no mapeamento de Estilos de Aprendizagem em Objetos de Aprendizagem. Trabalho de Conclusão de Curso - Bacharelado em Sistemas de Informação, Faculdade de Computação, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG.
- Silveira, M. S. and Carneiro, M. L. F. (2012). Desconstruindo Objetos de Aprendizagem: reflexões sobre sua qualidade de uso. In *Anais do XXIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2012)*.
- Truong, K. N. and Hayes, G. R. (2009). Ubiquitous Computing for Capture and Access. *Foundations and Trends in Human-Computer Interaction*, 2(2):95–171.
- Weiser, M. (1991). The Computer for the 21st Century. *Scient. American*, 265(3):66–75.
- Zeng, L., Zuo, M., and Lu, X. (2010). Research into Application of Interactive Whiteboard to Interactive Educational Mode. In *Proc. of the Intern. Conference on Computational Intelligence and Software Engineering (CiSE'10)*, p. 1–4.
- Zhao, X., Wan, X., and Okamoto, T. (2010). Adaptive Content Delivery in Ubiquitous Learning Environment. In *Proc. of the 6th IEEE Intern. Conference on Wireless, Mobile and Ubiquitous Technologies in Education (WMUTE'10)*, p. 19–26.