Explorando Funcionalidades Sociais e Colaborativas em Ambientes Educacionais Ubíquos

Igor Emmanuel S. Mendonça¹, Rafael D. Araujo¹, Miller Miranda Mendes¹, Taffarel Brant-Ribeiro¹, Fabiano A. Dorça¹, Renan G. Cattelan¹

¹Faculdade de Computação – Universidade Federal de Uberlândia Caixa Postal 593 – Uberlândia, MG – CEP 38408-100

ubimedia@facom.ufu.br

Abstract. The great development of technological devices, coupled to the Internet infrastructure development, have stimulated many research projects in the field of ubiquitous computing. Studies on such thematic addressing the educational scope are recurrent in the literature, with particular demand for new and intelligent forms of organization for social and collaborative information and communication. This paper presents a software architecture model that supports collaborative activities for extending and enriching digital content through annotations and ranking (classification) in ubiquitous learning environments. The model uses hypermedia composition concepts and is able to generate requirements for recommendation and personalization of multimedia digital content.

Resumo. A grande evolução dos dispositivos tecnológicos, aliada ao desenvolvimento da infraestrutura da Internet, tem estimulado diversos projetos de pesquisa nas áreas de computação ubíqua. Pesquisas com tal temática e que abordam o âmbito educacional são recorrentes na literatura, com demandas específicas para novas formas inteligentes de organização da informação e comunicação social e colaborativa. Este trabalho apresenta um modelo de arquitetura de software que suporta atividades colaborativas de extensão e enriquecimento de conteúdo digital por meio de anotações e ranqueamento (classificação) em Ambientes Educacionais Ubíquos. O modelo utiliza conceitos de composição hipermídia e é capaz de gerar subsídios para atender requisitos de recomendação e personalização de conteúdo digital multimídia.

1. Introdução

Nos dias atuais, é notória a existência de aparatos tecnológicos nos mais variados lugares e situações. O uso de dispositivos computacionais para a realização de tarefas rotineiras do cotidiano das pessoas é hoje uma realidade. Os avanços tecnológicos, principalmente no que tange a capacidade funcional e a mobilidade, aliados à infraestrutura disponibilizada pela Internet, propiciam um cenário em que toda e qualquer informação pode ser acessada a qualquer hora e em qualquer lugar.

A era da informação é marcada pela transparência na interação entre homem e tecnologia, onde os dispositivos passam a ser invisíveis à percepção humana devido à enorme presença destes na vida das pessoas [Weiser 1993]. Este novo paradigma de interação entre as pessoas e os computadores é conhecido como *computação ubíqua* [Weiser 1991].

Os conceitos e abstrações da computação ubíqua podem ser utilizados em diversos cenários. No âmbito educacional, a incorporação dessa temática pode auxiliar educadores e alunos no processo de aprendizagem ao automatizar tarefas pedagógicas, criando com isso Ambientes Educacionais Ubíquos (AEUs) [Settle et al. 2011]. Dispositivos tecnológicos como lousas eletrônicas, câmeras de vídeo, sensores e microfones produzem artefatos de mídia que são capazes de simular e reproduzir posteriormente experiências vividas em sala de aula. Dessa forma, os alunos podem centrar a atenção na experiência da aula, confiantes de que os detalhes serão registrados e estarão disponíveis para acesso futuro.

Os AEUs têm forte ligação com um tema recorrente da computação ubíqua intitulado *captura e acesso* (C&A) [Truong and Hayes 2009]. Sistemas de C&A estão centrados nas tarefas de registro (captura) de uma experiência "ao vivo", por exemplo uma aula presencial, e na posterior consulta (acesso) ao conteúdo capturado, para que seja possível sua revisão em algum ponto do futuro [Truong and Hayes 2009]. Estes fins podem ser alcançados pela instrumentação, com dispositivos ubíquos, de ambientes predefinidos, como espaços de uso coletivo, salas de aula ou de reunião. Com isso, os AEUs, apoiados no paradigma de C&A, promovem a autoria automática de conteúdo digital multimídia de cunho educacional. Esse conteúdo pode ser apresentado aos usuários utilizando abordagens contextuais e considerando preferências pessoais para o acesso [Araújo et al. 2013], bem como os estilos de aprendizagem dos estudantes [Dorça et al. 2013, Samia and Abdelkrim 2012].

Nesse contexto, atividades colaborativas e interações sociais configuram importantes incrementos funcionais para os AEUs [Banday 2012, Chiu et al. 2009]. Por meio desses sistemas, o conteúdo apresentado pode ser estendido, refinado e enriquecido, além de incentivar o compartilhamento de informações, a troca de experiências e o debate entre os usuários. Tais fatores tendem a complementar e facilitar o processo de aprendizagem dos alunos [Tseng et al. 2010].

Este artigo apresenta um modelo de arquitetura de software que suporta funcionalidades colaborativas e sociais em AEUs. A arquitetura proposta promove a extensão e o enriquecimento da informação por meio da definição de mecanismos para sua anotação e ranqueamento (classificação), fornecendo ainda subsídios para sistemas de recomendação e personalização de conteúdo. É apresentado um protótipo, na forma de um módulo fracamente acoplado, e sua integração a um AEU real.

As seções que se seguem estão estruturadas da seguinte maneira: na Seção 2 são discutidos trabalhos relacionados; na Seção 3, é detalhado o modelo colaborativo e social proposto, bem como os componentes e relacionamentos; na Seção 4, é apresentado o Classroom eXperience, o AEU no qual se realizou o estudo de caso e a integração do protótipo do modelo criado; e, por fim, na Seção 5, são feitas as considerações finais e sugeridos trabalhos futuros.

2. Trabalhos Relacionados

São encontrados na literatura diversos trabalhos relacionados à exploração do paradigma da computação ubíqua em ambientes educacionais [Chiou and Tseng 2012, Möller et al. 2013]. Yin *et al.* [Yin et al. 2009] apresentam o SONKULE, uma plataforma educacional ubíqua que permite interações entre os usuários do sistema para resolução de

problemas. O sistema conta com serviços de recomendação de usuários potencialmente aptos a resolução de problemas específicos, considerando informações de perfil, interesse, ações passadas no sistema e rede de amigos como parâmetros. Porém, diferentemente da proposta ora apresentada, o SONKULE explora o contexto colaborativo de aprendizagem apenas de forma individual (*peer-to-peer*) e não disponibiliza mecanismos para discussão comunitária e social.

A aprendizagem colaborativo tem seu foco voltado ao processo sociocognitivo da construção do conhecimento [Yin et al. 2009], desempenhando papel importante no contexto educacional. A partilha de informações e experiências dentro das comunidades acadêmicas tende a impulsionar e enriquecer os processos de aprendizagem dos atores envolvidos, uma vez que estimula discussões e aprimoramentos. Nos ambientes educacionais digitais, ferramentas que exploram os recursos da Web 2.0 são potenciais candidatas a disponibilizar aos usuários mecanismos de interação colaborativa [Wan 2010]. Ferramentas de propósito social são capazes de promover o construtivismo, o aprendizagem colaborativo e o gerenciamento de informações em ambientes educacionais virtuais [Chiu et al. 2009].

Coelho [Coelho 2012] destaca a relevância das mídias sociais em ambientes educacionais quanto à percepção da presença social dos usuários. Em seus experimentos controlados, ele demonstra que ambientes que apresentam recursos sociais despertam maior interesse de uso entre seus usuários. Medeiros & Gomes [Medeiros and Gomes 2012], em seus estudos investigativos das formas de monitoramento e rastreamento das interações e atividades em ambientes virtuais de aprendizagem, destacam que o sentimento de isolamento por parte dos alunos, devido à falta de contato com outros usuários, acarreta perda de motivação e desorientação quanto ao conteúdo disponibilizado. Tais estudos mostram o poder de atratividade que recursos sociais e colaborativos possuem dentro das plataformas virtuais de ensino e aprendizagem.

Santos et al. [Santos et al. 2012] discorrem sobre a experiência da utilização da rede social TecCiência entre alunos das escolas de Ensino Fundamental do município de Candeias/BA. A plataforma TecCiência consiste de um ambiente colaborativo que disponibiliza recursos de criação de conteúdo multimídia e permite aos usuários criarem espaços virtuais interativos, as comunidades. Por meio das comunidades, os estudantes são incentivados a construir colaborativamente o conhecimento pela resolução de problemas. No entanto, o sistema não contempla em si recursos que possibilitem a classificação/aceitação dos conteúdos criados pelos usuários (professores e alunos) da plataforma.

Rabello *et al.* [Rabello et al. 2012] apresentam o CoolEdu, um modelo para colaboração em ambientes educacionais ubíquos descentralizados direcionado pelo conceito de "par mais capaz" [Vygotsky 1978]. O CoolEdu implementa um sistema multiagente que disponibiliza serviços heterogêneos, entre os quais: serviços de objeto de aprendizagem, serviço de contexto de ambiente, serviço de comunicação e serviços de conectividade. Tais serviços são realizados por três agentes principais da plataforma: o agente coletor, o agente de interface e o agente social. Juntos, os agentes são capazes de realizar atividades de suporte, armazenagem e classificação de informação de interação par a par e recomendação pedagógica de conteúdo. Porém, o CoolEdu não contempla recursos que incentivem o debate coletivo e a classificação dos objetos de aprendizagem.

Fan et al. [Fan et al. 2010] desenvolveram uma plataforma Web, com estrutura Cliente-Servidor, que disponibiliza ferramentas de criação de anotações em imagens. O sistema permite aos usuários criarem anotações de texto, ou multimídia, em áreas específicas das imagens, o que facilita a discussão e análise de figuras e gráficos. As anotações são apresentadas utilizando o conceito de hierarquia em árvores, facilitando a criação e discussão de tópicos relacionados à temática proposta. A contribuição apresentada pelo modelo proposto neste trabalho, em relação ao trabalho supracitado, é a incorporação do ranqueamento das anotações e comentários, aferidas pelos próprios usuários da plataforma. Com isso, espera-se que seja denotada a aceitação social das anotações pela comunidade participante do contexto da aplicação.

3. Módulo Social e Colaborativo

A arquitetura do módulo colaborativo proposto é embasada no conceito de *composição hipermídia* [Khan and Tao 2001], no qual diferentes tipos de mídia podem ser associados, formando novos tipos de artefatos hipermídia com características próprias. Esses artefatos herdam as características de associação de seus formadores, o que permite a recursividade de formação das composições. Tais características são de grande relevância para os requisitos de recomendação de conteúdo por associação de artefatos.

No modelo proposto são definidos três tipos distintos de mídia, tratados por componentes do módulo: o artefato, o comentário e o classificador. O artefato é o objeto principal da modelagem e faz referência ao conteúdo digital que será estendido com as informações oriundas dos outros componentes do modelo. O comentário faz referência a informações textuais que são associadas a um artefato ou a outro comentário. Já o classificador é a mídia responsável por agregar aceitação dos outros componentes do módulo junto à população de usuários.

Dessa forma, é possível observar que os componentes do módulo apresentam diferentes níveis de dinamismo, de acordo com os tipos de informação a que fazem referência. O artefato é o componente que apresenta maior dinamismo, uma vez que suas informações podem estar representadas em diferentes formatos, como textos, imagens e/ou vídeos. Já os comentários possuem dinamismo mais restrito, pois representam apenas informações textuais. Os classificadores, por fim, são os componentes de menor dinamismo, pois representam indicadores estáticos e pré-definidos.

Além dos componentes do módulo, são definidas também regras de associação entre eles:

- Artefato pode ser associado a outros artefatos;
- Comentário pode ser associado a um artefato ou a um comentário;
- Classificador pode ser associado a um artefato ou a um comentário.

A Figura 1 ilustra o relacionamento entre os componentes do módulo colaborativo e a plataforma que encapsula seus serviços. É possível perceber que o artefato é o único componente que se comunica diretamente com a plataforma hospedeira, enquanto que os outros mantém relações apenas com os componentes do modelo.

As fontes de informação para produção dos componentes do módulo são chamadas entidades, que podem assumir dois valores distintos: sistema hospedeiro (SH) e usuário (U). A fonte produtora dos artefatos é SH, uma vez que a informação a ser

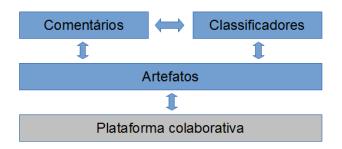


Figura 1. Representação dos elementos do módulo colaborativo.

estendida no modelo é uma entidade do sistema que utiliza a modelagem. A entidade U é a fonte de informação para a construção dos comentários e dos classificadores. O fato dos comentários e classificadores serem criados por usuários que partilham de interesses comuns, compete ao modelo o caráter social [Xie et al. 2009]. Como as informações produzidas estendem a conteúdo já existente no modelo, o mesmo é dito colaborativo.

Outros modelos que implementem requisitos de recomendação e personalização de conteúdo podem utilizar as relações entre os componentes aqui propostas como fonte de busca para as suas próprias entidades. Além do relacionamento natural entre os artefatos, as relações entre os componentes são parâmetros que podem auxiliar na tomada de decisão dos recomendadores.

3.1. Implementação do Módulo Colaborativo

Baseado no modelo proposto, foi implementado um protótipo de sistema colaborativo para a criação de anotações e inferência de classificação de conteúdo digital multimídia. O protótipo foi construído com base nos recursos da Web 2.0 [Murugesan 2007]. O protótipo permite que os usuários criem anotações textuais (componente comentário do modelo proposto) a respeito do conteúdo digital referenciado (artefato) e associem um dado grau de relevância aos mesmos, utilizando a abordagem de ranqueamento por estrelas (componente classificador), comumente utilizada em redes sociais. Os comentários criados também são passíveis de classificação, no intuito de monitorar sua aceitação frente à comunidade de usuários.

O protótipo está divido em duas partes que se comunicam entre si: os *elementos* de interface, responsáveis por realizar as requisições de serviços advindas dos usuários e exibir os elementos gráficos do módulo; e os *serviços Web*, responsáveis por buscar e armazenar as informações do sistema. A implementação dos diferentes tipos de componentes do modelo foi realizada com a construção de uma base de dados relacional com três tabelas que armazenam as informações de cada componente. As relações existentes entre as tabelas seguem as mesmas relações de descrição do modelo. As informações são armazenadas em banco de dados Postgres.

Os elementos de interface com o usuário foram desenvolvidos utilizando-se folhas de estilo CSS3 (*Cascading Style Sheets*) e *JavaScript*, tecnologias de interpretação padronizada pelos principais navegadores Web. Nas folhas de estilo, foram configurados os espaços reservados para o componente de inclusão de comentários, o componente de inferência de relevância e as métricas de exibição desses elementos, como estilo das fontes, imagens e formatações. O código *JavaScript* contém funções responsáveis por requisitar

tarefas aos serviços Web do módulo colaborativo, tratar o retorno das requisições, referenciar os elementos das folhas de estilo e, com o auxílio do modelo *Document Object Model* (DOM), exibir as informações nas páginas Web do sistema hospedeiro. As requisições são realizadas utilizando a tecnologia Ajax (*Asynchronous Javascript and XML*) e o *framework* ¡Query 1.11, que auxilia a exibição das informações.

No lado do servidor, foram desenvolvidos serviços Web responsáveis por acessar a base de dados do módulo colaborativo e realizar tarefas de registro e busca de informações. Dessa forma, os serviços Web são capazes de registrar comentários e vinculá-los aos artefatos ou a outros comentários, buscar os comentários vinculados aos artefatos e registrar classificação dos artefatos (em uma escala de até cinco estrelas) e dos comentários (relevante ou não relevante). O projeto servidor do módulo foi desenvolvido utilizando tecnologia Java com o *framework* VRaptor Scaffold¹, para disponibilização dos métodos como serviços Web. Os serviços Web produzem objetos no formato JSON (*JavaScript Object Notation*)². Dessa forma, os serviços são capazes de se comunicar facilmente com interpretadores *JavaScript*. Os serviços executam em um servidor Web Tomcat 6.0.

4. Estudo de Caso: Integração do Modelo ao Classroom eXperience

O Classroom eXperience (CX) [Ferreira et al. 2012, Araújo et al. 2013] é um sistema de captura multimídia desenvolvido para registrar, armazenar e disponibilizar conteúdo multimídia de aulas capturadas em um ambiente instrumentado. Integrando e sincronizando fluxos de mídia advindos de dispositivos ubíquos, tais como lousa eletrônica, microfones, câmeras de vídeo e projetores, o CX gera automaticamente documentos hipermídia que podem ser apresentados de diversas maneiras. A Figura 2 apresenta a sala de aula instrumentada utilizada pelo CX, bem como um exemplo de documento capturado.

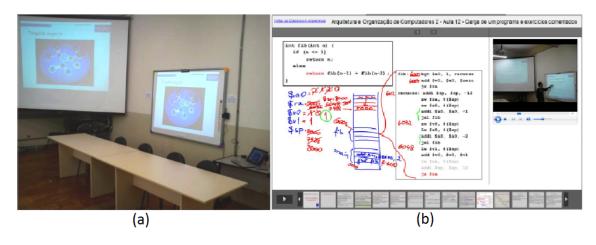


Figura 2. Captura e acesso no CX: (a) sala instrumentada; (b) documento capturado apresentado para visualização no formato HTML.

Por se tratar de uma aplicação de C&A, o CX implementa o modelo proposto por Truong & Hayes [Truong and Hayes 2009], composto de quatro fases distintas: (1) *pré-produção*, que consiste na preparação do conteúdo para captura; (2) *gravação* "ao vivo",

¹http://www.vraptor.org

²http://json.org

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.

O CX apresenta as informações capturadas por meio de um *frontend* Web, ao qual foi integrado o protótipo do modelo colaborativo proposto, como um módulo fracamente acoplado, promovendo propriedades de extensibilidade e reuso. Dessa forma, a disponibilidade do módulo colaborativo em nada influência o funcionamento da plataforma.

A integração entre o CX e o módulo colaborativo foi realizada em três etapas. Primeiro foram incluídos ao projeto do CX as folhas de estilos e o arquivo *JavaScript* do módulo. Na segunda etapa, foi realizada uma configuração extra no CX, para que este fosse capaz de disponibilizar os parâmetros necessários para a realização das tarefas do módulo colaborativo. E, por fim, foi incluído um *script* de inicialização dos componentes colaborativos ao código HTML das páginas do *frontend* Web do CX.

As funcionalidades do módulo são disponibilizadas na interface de apresentação juntamente com o conteúdo capturado. A informação digital que representa o artefato do modelo proposto, nesse caso, são os *slides* das aulas capturadas. Dessa forma, o módulo colaborativo permite aos usuários do CX, a criação de comentários a respeito dos *slides* e o ranqueamento de ambos.

A Figura 3 apresenta uma instância do serviço de inferência de ranqueamento de conteúdo do módulo colaborativo no CX. É apresentada ainda a relação entre os componentes da arquitetura do módulo e a sequência de processos necessários para que a tarefa seja concluída. O processo é iniciado com a requisição do usuário para classificação de um artefato (no caso, um *slide*). A página realiza a chamada da função registraRank () contida no arquivo *JavaScript* do módulo (jSocial.js), passando assim as informações do artefato alvo como parâmetro. O arquivo *JavaScript* do módulo, por meio de requisição Ajax, aciona o serviço Web de inclusão/alteração da informação de ranqueamento de artefatos na base da aplicação. O serviço Web, ao receber a requisição, realiza as operações necessárias ao armazenamento da classificação do artefato e retorna as informações do objeto ranqueador com as informações do artefato para o arquivo *JavaScript*, no formato JSON. Por fim, o arquivo *JavaScript* do módulo interpreta o retorno da requisição, acessa as folhas de estilos do módulo e constrói o componente ranqueador com as informações do ranqueamento do artefato no *frontend* do CX.

Assim, as informações produzidas pelos usuários por meio do módulo colaborativo, além de enriquecerem o conteúdo digital, fomentarem a aprendizagem coletiva e produzirem uma rede social, geram subsídios para requisitos de recomendação e personalização refinados a partir do próprio conteúdo gerado pela população de usuários (alunos e instrutores) da plataforma.

5. Conclusões

O presente trabalho propôs um modelo colaborativo e social para extensão e classificação de conteúdo multimídia a ser aplicado a ambientes educacionais ubíquos. Conceitos de associação e composição hipermídia foram explorados, promovendo a extensão e o enriquecimento da informação produzida, por meio da definição de mecanismos para sua

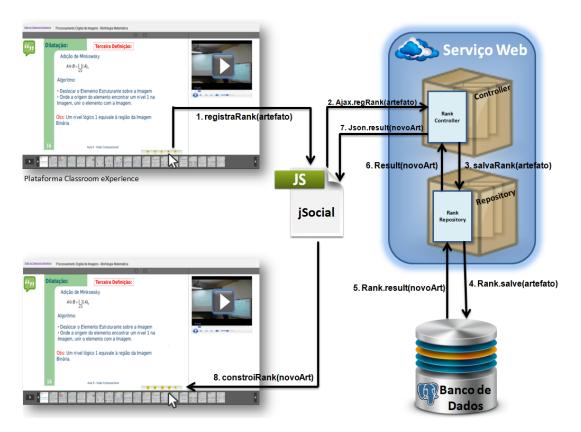


Figura 3. Modelo de requisição de ranqueamento de conteúdo (slides de aula) no CX.

anotação e ranqueamento. Os elementos da arquitetura são capazes de prover informações para serviços de recomendação e personalização da informação no contexto da aplicação que, unidos à infraestrutura dos ambientes ubíquos de C&A, visam proporcionar aos usuários a reconstituição da experiência vivida em sala de aula, complementando-a com a possibilidade de interações colaborativas e sociais.

A importância da aprendizagem social como forma do construtivismo coletivo é colocada em pauta. As tecnologias que hoje são disponibilizadas propiciam a maximização da aprendizagem colaborativa e a ruptura de conceitos pedagógicos antigos. Tais ferramentas mudam o paradigma tradicional de ensino, no qual o professor é a única entidade a prover conteúdo educacional, emergindo para um cenário no qual os estudantes têm papel ativo e influente nos processos cognitivos dos membros da comunidade a qual estão inseridos [Banday 2012]. Na realidade, hoje nos é apresentado um cenário tecnológico que permite o amplo acesso a informação a qualquer hora e em qualquer lugar, o que propicia aos estudantes incentivos à promoção do conhecimento e responsabilidade quanto a seu próprio processo de aprendizagem.

Durante a realização deste estudo, foram identificadas diversas oportunidades para continuidade da temática abordada, na forma de trabalhos futuros: realização de experimentos para validar a eficácia e usabilidade do protótipo desenvolvido; concepção de modelos de recomendação e personalização de conteúdo que utilizem o modelo proposto como parâmetro de informação; aplicação de análise de redes sociais ao modelo colaborativo associado, para obtenção de características de perfis e acesso, como padrões de uso;

aperfeiçoamento do modelo com a inclusão de estilos de aprendizagem como métrica de associação de componentes multimídia; e a aplicação dos conceitos propostos em outros domínios de uso além do educacional, como, por exemplo, no apoio a reuniões.

Agradecimentos

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

Referências

- Araújo, R., Brant-Ribeiro, T., Cattelan, R., De Amo, S., and Ferreira, H. (2013). Personalization of interactive digital media in ubiquitous educational environments. In *Proc. of the 2013 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC '13)*, p. 3955–3960.
- Banday, M. (2012). e-learning, web 2.0 and beyond. In *Proc. of the 2012 Second International Conference on Digital Information Processing and Communications (ICDIPC)*, p. 114–119.
- Chiou, C.-K. and Tseng, J. C. (2012). Design of a personalized navigation support system for context-aware ubiquitous learning environment. In *Proc. of the 2012 RecSys Workshop on Personalizing the Local Mobile Experience (LocalPeMA '12)*, p. 1–6.
- Chiu, H.-Y., Wen, S.-Z., and Sheng, C.-C. (2009). Apply web 2.0 tools to constructive collaboration learning: A case study in mis course. In *Proc. of the 2009 International Joint Conference on INC, IMS and IDC (NCM '09)*, p. 1638–1643.
- Coelho, W. G. (2012). Uso dos recursos de mídias sociais na educação a distância: impactos na percepção da presença social. *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, 23(10).
- Dorça, F. A., Lima, L. V., Fernandes, M. A., and Lopes, C. R. (2013). Comparing strategies for modeling students learning styles through reinforcement learning in adaptive and intelligent educational systems: An experimental analysis. *Expert Syst. Appl.*, 40(6):2092–2101.
- Fan, P.-L., Wang, H.-W., Wu, W.-H., ju Lu, S., Ke, M.-C., and Wu, H.-J. (2010). An online collaborative learning platform with annotation on figures. In *Proc. of the 2010 IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT '10)*, p. 119–121.
- Ferreira, H., Araújo, R., de Amo, S., and Cattelan, R. (2012). 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.
- Khan, J. and Tao, Q. (2001). Prefetch scheduling for composite hypermedia. In *Proc.* of the 2001 IEEE International Conference on Communications (ICC '01), vol. 3, p. 768–773.
- Medeiros, F. P. A. and Gomes, A. S. (2012). Monitoramento da experiência do usuário em ambientes colaborativos virtuais de aprendizagem: Um mapeamento sistemático. *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, 23(10).

- Möller, D. P. F., Haas, R., and Vakilzadian, H. (2013). Ubiquitous learning: Teaching modeling and simulation with technology. In *Proc. of the 2013 Grand Challenges on Modeling and Simulation Conference (GCMS '13)*, p. 24:1–24:8.
- Murugesan, S. (2007). Understanding Web 2.0. IT Professional, 9(4):34–41.
- Rabello, S., Barbosa, J. L. V., Oliveira, J., Wagner, A., and Barbosa, D. N. F., B. P. B. S. (2012). Um modelo para colaboração em ambientes descentralizados de educação ubíqua. *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, 23(10).
- Samia, D. and Abdelkrim, A. (2012). An adaptive educationnal hypermedia system integrating learning styles: Model and experiment. In *Proc. of the 2012 International Conference on Education and e-Learning Innovations (ICEELI '12)*, p. 1–6.
- Santos, D. A., Schwarzelmüller, A. F., and Lima, A. (2012). Projeto educandow: experimentando uso de rede social como apoio ao ensino fundamental. *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, 23(5).
- Settle, A., Dettori, L., and Davidson, M. J. (2011). Does lecture capture make a difference for students in traditional classrooms. In *Proc. of the 16th Annual Joint Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education (ITiCSE '11)*, p. 78–82.
- Truong, K. N. and Hayes, G. R. (2009). Ubiquitous computing for capture and access. *Found. Trends Hum.-Comput. Interact.*, 2(2):95–171.
- Tseng, J., Wu, C.-H., and Hwang, G.-J. (2010). A collaborative ubiquitous learning approach for conducting personal computer-assembling activities. In *Proc. of the 2010 IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT '10)*, p. 726–727.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.
- Wan, L. (2010). Application of web 2.0 technologies in e-learning context. In *Proc. of the 2010 International Conference on Networking and Digital Society (ICNDS '10)*, vol. 1, p. 437–440.
- Weiser, M. (1991). The Computer for the 21st Century. Scient. American, 265(3):66–75.
- Weiser, M. (1993). Some computer science issues in ubiquitous computing. *Commun. ACM*, 36(7):75–84.
- Xie, B., Kumar, A., Ramaswamy, P., Yang, L., and Agrawal, S. (2009). Social behavior association and influence in social networks. In *Symposia and Workshops on Ubiquitous, Autonomic and Trusted Computing (UIC-ATC '09)*, p. 434–439.
- Yin, C., Tabata, Y., and Ogata, H. (2009). A Collaborative Learning Service for SNS in Ubiquitous Computing Environment. In *Proc. of the 2009 International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing (WiCom '09)*, p. 1–4.