

Novas tendências em educação de Engenharia de Software: um estudo de caso no domínio de Teste de Software

Marco Aurélio Graciotto Silva¹ Vanessa Araujo Borges¹
Ellen Francine Barbosa¹ José Carlos Maldonado¹

¹ Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação – Universidade de São Paulo (USP)

magsilva@icmc.usp.br, va.borges@icmc.usp.br,
francine@icmc.usp.br, jcmaldon@icmc.usp.br

Abstract. Information dissemination, allied with new technologies, has changed the educational scenario, strengthening concepts that led to the building of new cognitive environments and improved the teaching and learning process. In this context, new educational perspective should be explored in the following years: distance learning, digital television, collaboration, and open content development. What are we doing to build this future? Researches related to educational content modeling and engineering process have shown the benefits of the systematic production of educational modules. Evidences, gathered at Software Testing undergraduation courses, have shown improvement in learners' performance. The upcoming digital television foster the specialization and creation of new methods, enacting the investigation of education under a new perspective, in the building of interactive, flexible, and reusable content, and leveraging the quality of educational modules.

Keywords: education, software engineering, educational modules, quality, digital television.

Resumo. A disseminação de informação, aliada ao uso de novas tecnologias, tem alterado de forma significativa o cenário educacional. Assim, vivencia-se o fortalecimento de conceitos que favorecem a construção de novos ambientes cognitivos, capazes de contribuir para a melhoria da qualidade no processo de ensino e aprendizado. Dentro desse contexto, novas tendências e perspectivas de educação deverão ser exploradas nos próximos anos: educação à distância, televisão digital, colaboração e desenvolvimento de conteúdos abertos. O que estamos fazendo para construir este futuro? Pesquisas relacionadas à modelagem e ao processo de engenharia de conteúdos educacionais demonstram os benefícios da sistematização da produção de módulos educacionais. Aplicados em cursos de graduação, no domínio de Teste de Software, a qualidade dos módulos é evidenciada pelo melhor desempenho dos alunos. O advento da televisão digital instiga a especialização e criação de novos métodos, possibilitando explorar o ensino sob uma nova perspectiva, na construção de conteúdos interativos, flexíveis e reutilizáveis, e propiciando um novo incremento na qualidade dos módulos educacionais.

Palavras-chave: educação, engenharia de software, módulos educacionais, qualidade, televisão digital.

1. Introdução

A educação em Engenharia de Software, ao longo dos anos, tem incorporado novas abordagens e técnicas visando à melhoria na qualidade: integração entre disciplinas, jogos, projetos reais de software, entre outras. Na maioria dos casos, entretanto, essas experiências restringem-se ao ambiente universitário e na modalidade presencial. O universo de interessados que não possuem acesso aos centros de excelência em Engenharia de Software e, conseqüentemente, aos conhecimentos essenciais e de contínuo aperfeiçoamento na disciplina, encontra-se sem muitas alternativas.

Importantes iniciativas têm sido desenvolvidas para sanar essa deficiência. A disponibilização de material didático na Internet é uma prática comum e se observa a crescente adoção de sistemas de gerenciamento de aprendizado. Cursos de graduação e de pós-graduação *lato sensu* à distância estão sendo criados, tanto pela iniciativa pública quanto privada. Com a recente introdução do SBTVD (Sistema Brasileiro de Televisão Digital), vê-se uma nova oportunidade para alavancar a educação à distância no país, usufruindo-se da maior disseminação da televisão e das características de interatividade e mobilidade acrescidas pela digitalização.

Uma questão a ser resolvida é o desenvolvimento de conteúdos de qualidade para a televisão digital. O processo de produção deve contemplar questões de interatividade, comunicação, computação e pedagogia, que demandam equipes multidisciplinares. Os produtos gerados devem possuir atributos mínimos de qualidade e facilidade para adaptação aos diferentes tipos de aprendizes que o utilizarão.

No âmbito do ICMC (Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação - Universidade de São Paulo), desenvolveu-se o Processo Padrão para o Desenvolvimento de Módulos Educacionais [Barbosa 2004, Barbosa e Maldonado 2006c], e uma abordagem para a modelagem dos conteúdos educacionais associados – a AIM-CID (Abordagem Integrada de Modelagem – Conceitual, Instrucional e Didática) [Barbosa 2004, Barbosa e Maldonado 2006b]. Módulos educacionais para Teste de Software [Barbosa e Maldonado 2006a] e ensino integrado de Fundamentos de Programação e Teste de Software [Barbosa et al. 2008a] foram gerados a partir dessas pesquisas e têm sido utilizados em disciplinas na área [Barbosa et al. 2008b]. A especialização do Processo Padrão e da AIM-CID para a geração de módulos educacionais para o SBTVD e o uso de mecanismos ricos de interação, explorando as idéias de computação social e de objetos abertos de aprendizado (OER – *Open Educational Resources*) [Albright 2005], são tópicos atualmente em pesquisa no grupo.

A partir da experiência em ensino e desenvolvimento de módulos educacionais no domínio de Teste de Software, este artigo discute a ligação entre os ambientes e sistemas educacionais, as novas tendências em educação à distância, televisão digital e conteúdos educacionais abertos, e a adequação dos mecanismos de apoio ao desenvolvimento de módulos educacionais propostos frente a esse novo cenário.

O restante deste artigo estrutura-se da seguinte forma. A Seção 2 discursa sobre as ferramentas utilizadas para o gerenciamento de aprendizado no ICMC, refletindo as dificuldades encontradas e a evolução de seu uso na instituição. A Seção 3 descreve a AIM-CID e o Processo Padrão para o Desenvolvimento de Módulos Educacionais. A aplicação dos mecanismos propostos é discutida considerando-se o domínio de Teste de Software. A Seção 4 destaca alguns pontos da AIM-CID e do Processo Padrão que precisam ser revistos de modo a adequá-los à idéia de módulos educacionais abertos, à

educação à distância e à televisão digital. A Seção 5 resume os resultados esperados no contexto das novas tendências e perspectivas de ensino.

2. Ambientes e sistemas educacionais

Ambientes e sistemas educacionais têm por objetivo apoiar o processo de ensino e aprendizado, fornecendo um conjunto de ferramentas de comunicação síncrona e assíncrona para auxiliar a condução de trabalhos colaborativos, a avaliação e acompanhamento dos aprendizes. No âmbito do ICMC, alguns ambientes e sistemas educacionais têm sido utilizados no ensino de Engenharia de Software, acompanhando a evolução desses sistemas e as necessidades de ensino: WebCT [Goldberg et al. 1996], CoTeia [Arruda Jr. et al. 2002], Moodle [Moodle 2006] e Tidia/Ae [Projeto TIDIA (FAPESP), 2007]:

- **WebCT.** Fornece um conjunto de ferramentas que facilitam a criação de cursos baseados na Web, criando um ambiente de ensino e treinamento. Integra as seguintes funcionalidades: conferência, bate-papo, correio eletrônico, acompanhamento do aprendiz, suporte a projetos colaborativos, auto-avaliação, questionários, distribuição e controle de notas, glossário, controle de acesso, calendário do curso, geração automática de índices e pesquisa, entre outras. Além de ferramentas educacionais, também fornece um conjunto de ferramentas administrativas para auxiliar no gerenciamento do curso.
- **CoTeia.** Ferramenta de edição colaborativa baseada na Web. Sob a perspectiva de ensino e aprendizado, ela fornece um espaço colaborativo no qual os aprendizes podem trabalhar em grupo, ajudando-se mutuamente na articulação do conhecimento para a realização das tarefas e projetos propostos.
- **Moodle.** Sistema destinado à gestão de ensino e de trabalho colaborativo, permitindo a criação de cursos on-line, páginas de disciplinas, grupos de trabalho e comunidades de aprendizagem, seguindo uma abordagem sócio-construtivista da educação. O sistema é adequado para atividades inteiramente à distância e ainda pode apoiar e complementar atividades do ensino presencial. As principais funcionalidades do ambiente são: gerenciamento do site, usuários e cursos; módulos de interação entre os usuários (tarefas, bate-papo, enquete, fórum, *quiz*, repositório de arquivos, grupos de trabalho e glossário).
- **Tidia/Ae.** Possui, como base, o Sakai [Sakai Project 2005]. O processo de gerência de aprendizagem do Tidia/Ae é realizado por um conjunto de ferramentas: gerenciadores de contexto (responsável pelo controle do ciclo de vida de um ambiente de aprendizado), usuários e ferramentas; *whiteboard* (captura de informações do professor durante a aula de forma síncrona, por meio de uma lousa eletrônica); comunicador instantâneo; laboratório remoto (ferramenta que engloba todo o ciclo de vida de um experimento, desde a criação até a efetiva realização pelo usuário); hipertexto; correio eletrônico; portfólio; e fórum de discussão.

O WebCT foi o primeiro ambiente utilizado pelo ICMC, no início de 2000. Seu uso foi descontinuado em favor da CoTeia, uma ferramenta simples para usuários não familiarizados, que oferece mecanismos de edição de fácil uso e possui um bom suporte no instituto, com a rápida implementação de novas funcionalidades.

A CoTeia foi a ferramenta mais utilizada no instituto. O mecanismo ágil de edição de textos (*wiki*) e a possibilidade de edição e envio de material por parte dos alunos facilitava a manutenção do conteúdo das disciplinas. No entanto, seus mecanismos de controle de acesso eram limitados, permitindo a alteração indevida dos conteúdos.

Recentemente, alguns professores adotaram o Moodle para suas disciplinas. O Moodle é um ambiente completo, tal como WebCT, mas com a vantagem de ser um software livre. Ele não oferece a mesma facilidade de edição da CoTeia, mas possui um sistema de controle de acesso sofisticado, o que sana os problemas de segurança da CoTeia. Além disso, ele provê funcionalidades adicionais, como controle de submissão de trabalhos, cadastro de alunos e notas.

Por fim, este ano entrou em uso experimental o Tidia/Ae. Ele possui, como diferenciais, uma *wiki* e o suporte a ferramentas avançadas de colaboração e interação, como o quadro branco eletrônico (*whiteboard*), *tablet PCs*, comunicador instantâneo e laboratório remoto.

A Tabela 1 resume as características relevantes de cada ferramenta. Observa-se, por exemplo, que o Tidia/Ae, com seus ricos mecanismos de interação com os usuários, constitui uma plataforma adequada para a educação à distância. No entanto, todos os ambientes listados possuem uma deficiência: a geração dos conteúdos é uma tarefa a qual não são oferecidas ferramentas adequadas. De fato, apesar do suporte a objetos de aprendizado, a geração desses objetos é uma tarefa a ser realizada por outra ferramenta. Esse conceito de objeto fechado, sem possibilidade de evolução ou uso personalizado dentro do ambiente, não é adequado para os novos propósitos de educação. A AIM-CID, que define mecanismos para modelagem de conteúdos de um módulo educacional aberto, aborda tais aspectos. A seção a seguir apresenta uma visão geral a respeito da abordagem e do processo desenvolvidos, bem como os trabalhos em andamento para adequá-los às novas tendências e demandas de ensino.

Tabela 1. Comparação dos sistemas de gerenciamento de aprendizado.

	WebCT	CoTeia	Moodle	Tidia/AE
Software livre		X	X	X
Wiki		X		X
Facilidade de uso		X	X	X
Facilidade de manutenção			X	X
Controle de acesso	X		X	X
Interação rica				X
Suporte a padrões abertos	X		X	X
Suporte a objetos de aprendizado	X		X	X

3. Mecanismos de apoio ao desenvolvimento de módulos educacionais

Com o avanço da tecnologia de informação e comunicação, vários aspectos relacionados à criação de conteúdo educacional digital estão sendo investigados a fim de tornar mais efetivo o processo educacional nas modalidades presencial, híbrida e a distância. Sob essa perspectiva, a modelagem de conteúdos educacionais de qualidade representa um aspecto essencial para a estruturação do conhecimento, apoiando a identificação e definição de conceitos e possibilitando que eles sejam disponibilizados de forma coerente e ordenada.

No ICMC, uma das linhas de pesquisa explorada refere-se à modelagem de conteúdos educacionais e ao processo de engenharia dos mesmos. Um dos resultados obtidos foi a AIM-CID (Abordagem Integrada de Modelagem - Conceitual, Instrucional e Didática) e o Processo Padrão para o Desenvolvimento de Módulos Educacionais [Barbosa 2004].

A AIM-CID estabelece que os conteúdos educacionais sejam especificados em três modelos: conceitual, instrucional e didático. O Modelo Conceitual consiste em uma descrição de alto-nível do domínio de conhecimento que se deseja ensinar, representados com um mapa conceitual [Novak 1981]. Sua construção envolve a definição dos conceitos relevantes para a compreensão do domínio e a especificação da forma pela qual os mesmos se relacionam. O Modelo Instrucional define itens de informação (conceitos, fatos, procedimentos e princípios) e elementos instrucionais (exemplos, informações complementares, exercícios e avaliações), associando-os aos conceitos já identificados. O Modelo Didático associa os objetos anteriormente modelados, estabelecendo uma seqüência de apresentação entre eles. Ambos os modelos, instrucional e didático, empregam o modelo HMBS [Turine 1998], uma extensão da técnica de *statecharts* [Harel 1987], para especificar a estrutura semântica de hiperdocumentos.

O Processo Padrão para o Desenvolvimento de Módulos Educacionais foi estabelecido com base na norma ISO/IEC 12207 [ISSO/IEC 1995], a qual foi adaptada ao contexto de produção de módulos educacionais por meio da inclusão de práticas específicas de projeto instrucional, modelagem de conteúdos educacionais (com a incorporação da AIM-CID) e de desenvolvimento cooperativo e distribuído. Adicionalmente, foi proposto um modelo de maturidade de processos para a elaboração de módulos educacionais (CMMI-Educacional), visando a apoiar a especialização do processo padrão em diferentes níveis de maturidade.

Os mecanismos propostos no trabalho de Barbosa [Barbosa 2004] foram aplicados no domínio de Teste de Software, culminando nos módulos “Teste de Software: Teoria e Prática” (Figura 1), ITonCode (sobre técnicas de teste e inspeção) [Barbosa et al. 2008b], “Fundamentos de Programação e Teste de Software” [Barbosa et al. 2008a] e “Teste de Mutação” [Barbosa e Maldonado 2006a]. Estudos sobre os módulos gerados evidenciaram a efetividade de sua aplicação, observando-se um melhor desempenho dos alunos quanto à satisfação de requisitos de teste de aplicações-exemplos se comparado com métodos de ensino utilizados anteriormente na mesma disciplina [Barbosa et al. 2008b].

Ainda no contexto de Teste de Software, desenvolveu-se a ProgTest [Corte 2006, Barbosa et al. 2008a], uma ferramenta para submissão e avaliação de trabalhos práticos com base em atividades de teste. A ferramenta encontra-se integrada ao módulo “Fundamentos de Programação e Teste de Software”.

De modo geral, os aspectos observados no desenvolvimento e utilização dos módulos educacionais evidenciaram a viabilidade da aplicação dos mecanismos, tanto no que se refere à modelagem de conteúdos como no contexto de padronização de processos para módulos educacionais. Os mecanismos estabelecidos propiciaram a reestruturação de materiais didáticos na área de Teste de Software, a fim de proporcionar o domínio e a disseminação de conhecimentos técnico-científicos na área.

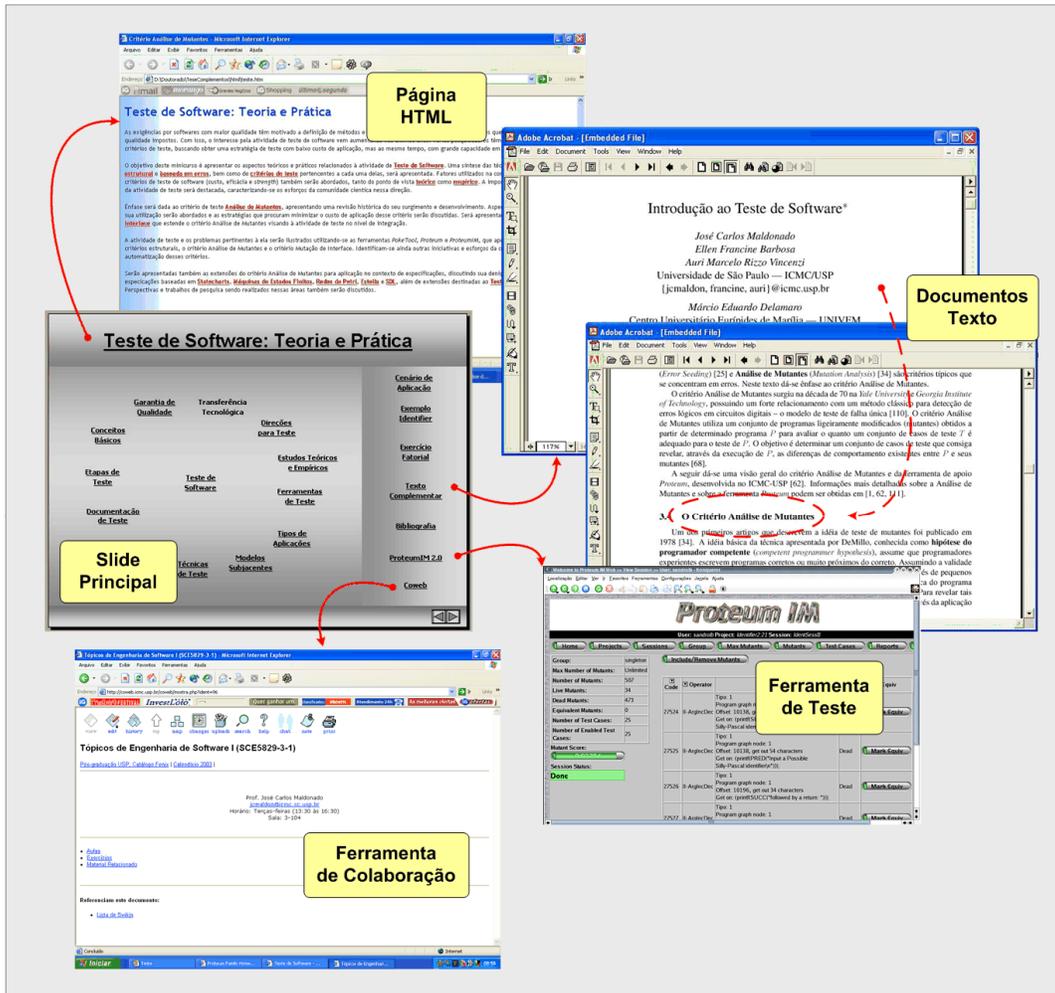


Figura 1. Módulo educacional "Teste de Software: Teoria e Prática".

Ressalta-se, entretanto, a necessidade de sua aplicação e avaliação em projetos mais abrangentes e com características diferenciadas. Assim, pesquisas estão sendo conduzidos nessa perspectiva. Um dos trabalhos em andamento propõe o desenvolvimento de uma ferramenta Web para apoiar a modelagem e a geração automática de conteúdos educacionais segundo a AIM-CID [Borges 2008]. A ferramenta tratará aspectos de simulação, validação e apresentação dos conteúdos modelados de modo a permitir que suas especificações sejam utilizadas na geração automática de conteúdos personalizados. Além disso, ela gerará conteúdo segundo padrões de metadados, garantindo a interoperabilidade, reúso e compartilhamento do conteúdo educacional gerado.

Em outra frente, investiga-se um processo padrão para módulos educacionais para a televisão digital [Silva 2008], incorporando o estado da arte da tecnologia do processo de software livre e objetos de aprendizado, bem como elementos da engenharia de conteúdo televisivo.

Espera-se, com a adoção de um modelo colaborativo de desenvolvimento e o uso de ferramentas de autoria, o controle do processo e de suas atividades, propiciando

conteúdos educacionais interativos e de qualidade para televisão digital na educação, seja ela presencial, híbrida ou à distância.

4. Perspectivas para módulos educacionais abertos para a televisão digital

Conforme ressaltado anteriormente, o Processo Padrão para o Desenvolvimento de Módulos Educacionais foi instanciado para cursos presenciais no ensino de Teste de Software. Uma das propostas de trabalhos em andamento é a sua utilização para outras modalidades e tipos de módulos educacionais (como, por exemplo, cursos à distância) e sua aplicação no contexto de desenvolvimento colaborativo e distribuído.

A televisão digital mostra-se como um meio próspero para educação à distância e oferece um contexto de colaboração entre seus usuários, tornando-a um veículo adequado para módulos educacionais e o uso do Processo Padrão.

A geração de um módulo educacional adequado à veiculação para a televisão digital é possível com a transformação do Modelo Didático (proposto como parte da AIM-CID) em um programa escrito uma linguagem declarativa, a NCL (*Nested Context Language*), compatível para execução na plataforma Ginga-NCL da SBTVD. Em linhas gerais, os estados do *statechart* subjacente ao Modelo Didático correspondem a contextos do Ginga-NCL e as ligações a ligações e âncoras. Vídeos podem ser modelados como itens de informação no Modelo Instrucional (também proposto como parte da AIM-CID) e inseridos como nós de mídia no documento NCL. No entanto, recursos de interação, possíveis com a televisão digital, não podem ser gerados de modo tão direto, devendo ser investigados mais detalhadamente.

Outro interesse de pesquisa é a construção de módulos educacionais abertos e a análise da AIM-CID e do Processo Padrão sob os auspícios do processo de software livre [Reis 2003]. Esse anseio casa-se com a expectativa de maior interatividade da televisão digital e a possibilidade de evolução do módulo educacional. Do ponto de vista da AIM-CID, novos conceitos podem ser sugeridos e, a partir deles, novos itens de informação podem ser definidos; usuários poderiam criar elementos instrucionais e disponibilizá-los publicamente. Assim, o programa deixaria de ser um conteúdo fechado (quanto à modificação de seu conteúdo, e não apenas quanto a questões de navegação, conforme atualmente abordado na AIM-CID) e poderia evoluir, de acordo com as necessidades de cada comunidade.

É importante ressaltar que tal evolução não pode transcorrer de modo desordenado. O estabelecimento de arquiteturas-padrão para as aplicações e a identificação das variabilidades permitiriam o estabelecimento de linhas de produtos. A cada comunidade estabelecer-se-ia um produto diferente, criado a partir de uma única linha. A capacidade de multiprogramação da televisão digital permitiria o envio de vários produtos (programas de televisão diferentes) ou de suas variações em cada segmento de um canal de televisão, permitindo a uma mesma região geográfica o acesso a diferentes produtos associados a um mesmo módulo educacional.

Os ambientes educacionais podem ser integrados a esse cenário, permitindo a organização dos programas de televisão, por meio de um guia de programação eletrônico gerado automaticamente pela agenda de um curso, a alteração dos conteúdos apresentados de acordo o material inserido no sistema e a geração

automática de programas conforme o rendimento dos alunos, citando apenas alguns dos exemplos possíveis.

5. Conclusão

Entre as linhas que têm sido objeto de pesquisa no contexto de ensino, destaca-se o desenvolvimento de módulos educacionais. No ICMC, mecanismos de apoio ao processo de desenvolvimento e modelagem de módulos educacionais têm sido investigados e definidos, propiciando a reestruturação de materiais didáticos na área de Engenharia de Software, mais especificamente dentro da temática de Teste de Software.

Em continuidade aos trabalhos realizados, pretende-se agora investigar e definir mecanismos de apoio ao processo de desenvolvimento aberto, cooperativo e distribuído de módulos educacionais. A idéia é que os conteúdos construídos sejam flexíveis, customizáveis e reutilizáveis, como forma de estabelecer mecanismos apropriados para contribuir na melhoria do processo de ensino, tornando-os compatíveis com as novas demandas impostas pelas transformações educacionais em curso. Ainda, o advento da SBTVD permite a exploração de novos recursos no ensino. A especialização dos mecanismos propostos para televisão digital e sua instanciação para a produção de módulos educacionais, com as considerações sobre conteúdos abertos, integração com ambientes educacionais e evolução controlada apresentadas neste artigo, deverão propiciar o ensino em uma nova perspectiva, especialmente quanto à modalidade de educação à distância.

Por fim, ressalta-se que tais aspectos deverão ser explorados não somente no contexto de Teste de Software, mas também em outras subáreas de Engenharia de Software e outras áreas de Computação e, ainda, considerando-se disciplinas de ensino básico e fundamental como, por exemplo, Matemática, Física e Biologia, entre outras.

6. Referências

ALBRIGHT, P. Open educational resources final forum report. Technical report, UNESCO. Internet Discussion Forum: Open Educational Resources - Open Content for Higher Education. 2005.

ARRUDA JR., C. R. E., IZEKI, C. A., e PIMENTEL, M. G. C. CoTeia: uma ferramenta colaborativa de edição baseada na web. In Workshop de Ferramentas e Aplicações do VIII SBMIDIA, p. 371--374, Fortaleza, Brasil. 2002.

BARBOSA, Ellen Francine. **Uma contribuição ao processo de desenvolvimento e modelagem de módulos educacionais**. Tese de Doutorado - Universidade de São Paulo, Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, São Carlos - SP, Brasil. Orientador: José Carlos Maldonado. 2004.

BARBOSA, E. F. e MALDONADO, J. C. Establishing a mutation testing educational module based on IMA-CID. In Second Workshop on Mutation Analysis, Raleigh, NC, USA. 2006a.

BARBOSA, E. F. e MALDONADO, J. C. An integrated content modeling approach for educational modules. In IFIP International Conference on Education for the 21st

Century - 19th IFIP World Computer Congress (WCC 2006), p. 17-26, Santiago, Chile. 2006b.

BARBOSA, E. F. e MALDONADO, J. C. Towards the establishment of a standard process for developing educational modules. In 36th Annual Frontiers in Education Conference (FIE 2006), San Diego, CA. CD-ROM. 2006c.

BARBOSA, E. F., SILVA, M. A. G., CORTE, C. K. D., e MALDONADO, J. C. Integrated teaching of programming foundations and software testing. In 38th Annual Frontiers in Education Conference (FIE 2008), Saratoga Springs, NY. 2008a.

BARBOSA, E. F., SOUZA, S., e MALDONADO, J. C. An experience on applying learning mechanisms for teaching inspection and software testing. In 21st IEEE-CS Conference on Software Engineering Education and Training, p. 189-196, Charleston, South Carolina. 2008b.

BORGES, Vanessa Araujo. **Uma contribuição ao desenvolvimento de ferramentas de apoio à modelagem e geração de conteúdos educacionais.** Monografia de Qualificação de Mestrado. Orientadora: Ellen Francine Barbosa. 2008.

CORTE, Camila Kozlowski Della. **Ensino integrado de fundamentos de programação e de teste de software.** Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP. Orientador: José Carlos Maldonado. 2006.

GOLDBERG, M. W., SALARI, S., e SWOBODA, P. World Wide Web - Course Tool: An environment for building WWW - based courses. *Computer Networks and ISDN Systems*, 28(7-11):1219 - 1231. 1996.

HAREL, D. Statecharts: A visual formalism for complex systems. *Science of Computer Programming*, 8:231--274. 1987.

ISO/IEC. **ISO/IEC 12207 - standard for information technology - software life cycle processes.** Standard. 1995.

MOODLE, D. G. **Moodle - A free, open source course management system for online learning.** Disponível em: <http://moodle.org/> [08/04/2007]. 2006.

NOVAK, Joseph D. **Uma Teoria de Educação.** Editora Pioneira, São Paulo, 1981.

PROJETO TIDIA (FAPESP). **Programa de Tecnologia da Informação para o desenvolvimento da Internet Avançada.** Disponível em: <http://tidia-ae.incubadora.fapesp.br/portal> [08/11/2007]. 2007.

REIS, Christian Robottom. **Caracterização de um modelo de processo para projetos de software livre.** Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Carlos, São Paulo. Orientadora: Renata Pontin de Mattos Fortes. 2003.

SAKAI PROJECT. **Sakai.** Programa de computador. 2005.

SILVA, Marco Aurélio Graciotto. **Uma contribuição ao processo de desenvolvimento de módulos educacionais abertos para televisão digital.** Projeto de Doutorado. Orientador: José Carlos Maldonado. 2008.

TURINE, Marcelo Augusto Santos. **HMBS: Um modelo baseado em statecharts para a especificação formal de hiperdocumentos.** Tese de Doutorado, IFSC-USP, São Carlos, SP. 1998.