
Mecanismos de Apoio à Modelagem de Conteúdos: Uma Contribuição ao Processo de Desenvolvimento de Módulos Educacionais

ELLEN FRANCINE BARBOSA

JOSÉ CARLOS MALDONADO

Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação – ICMC/USP

Av. do Trabalhador São-Carlense, 400, Centro – Cx. Postal 668

São Carlos (SP), Brasil – CEP 13560-970

{francine, jcmaldon}@icmc.usp.br

Resumo

Módulos educacionais correspondem a unidades de estudo, compostas por conteúdos teóricos integrados a atividades práticas e avaliações, cuja disponibilização aos aprendizes é apoiada por recursos tecnológicos e computacionais. Considerando o desenvolvimento de módulos educacionais, a modelagem dos conteúdos associados representa uma atividade essencial a ser conduzida. Este trabalho visa a investigar mecanismos de apoio à atividade de modelagem, estabelecendo subsídios para identificação e estruturação de conceitos e informações relevantes, possibilitando que os mesmos sejam disponibilizados de modo coerente e ordenado. Requisitos e perspectivas de modelagem, associados a um conjunto de modelos genéricos, são estabelecidos a fim de apoiar a construção e análise de modelos para representação de conteúdos. Uma abordagem integrada, reunindo os diversos aspectos de modelagem identificados, também é proposta. A aplicação prática dos mecanismos investigados é ilustrada no desenvolvimento de um módulo educacional para o domínio de Teste de Software.

Palavras-Chave: Módulos Educacionais; Modelagem de Conteúdos; Modelos Conceitual, Instrucional e Didático; Ensino e Treinamento.

1 Introdução

Temas relacionados ao ensino e treinamento têm sido discutidos e investigados pela comunidade científica, em diversas áreas de atuação. De modo geral, a definição de mecanismos adequados à elaboração e disponibilização de material didático, incluindo recursos para avaliação e acompanhamento do aprendiz e apoio à condução de atividades práticas, têm sido explorados a fim de fornecer subsídios ao estabelecimento de produtos educacionais efetivos quanto às metas de aprendizado especificadas. Módulos educacionais inserem-se nessa perspectiva, correspondendo a unidades de estudo, compostas por conteúdos teóricos integrados a atividades práticas e avaliações, cuja disponibilização aos aprendizes é apoiada por recursos tecnológicos e computacionais [2].

O desenvolvimento de tais módulos requer que uma série de fatores seja considerada. A modelagem dos conteúdos educacionais associados apresenta-se como uma das atividades relevantes a ser conduzida, sendo fundamental para a estruturação do conhecimento que se deseja ensinar. No entanto, apesar de sua importância, poucos são os modelos especificamente voltados à modelagem de conteúdos educacionais [7, 9, 13, 14]. Além disso, como não há um conjunto pré-estabelecido de requisitos associados à essa atividade, cada um dos modelos existentes aborda aspectos distintos, os quais podem ser adequados a um determinado cenário e inadequado para outros.

Tais limitações evidenciam fatores importantes a serem considerados com respeito à modelagem de conteúdos. O primeiro refere-se à necessidade de determinação de requisitos e perspectivas de modelagem, fundamentais à construção, comparação, avaliação e seleção de modelos para representação de conteúdos. O segundo diz respeito à necessidade de abordagens integradas, capazes de reunir e aplicar, de forma consistente, os diversos aspectos de modelagem observados.

Este trabalho tem como objetivo definir e discutir mecanismos de apoio à modelagem de conteúdos educacionais, estabelecendo subsídios para identificação e estruturação das partes relevantes do domínio de conhecimento a serem ensinadas. Requisitos e perspectivas de modelagem são

estabelecidos a fim de apoiar a construção e a análise de modelos para representação de conteúdos, e um conjunto de modelos genéricos – Conceitual, Instrucional e Didático – é caracterizado. Propõe-se, ainda, uma abordagem integrada de modelagem, denominada *ALM-CID*, procurando ressaltar os pontos fortes e minimizar as limitações identificadas nas abordagens de modelagem existentes. Os mecanismos investigados são aplicados na estruturação e organização do conhecimento sobre Teste de Software, apoiando a elaboração de um módulo educacional nesse domínio.

O artigo está organizado da seguinte forma: na Seção 2 é dada uma visão geral dos requisitos e perspectivas de modelagem identificados. Modelos genéricos para representação de conteúdos são caracterizados na Seção 3. A abordagem *ALM-CID* é discutida na Seção 4. A Seção 5 ilustra a aplicação dos mecanismos identificados na construção de um módulo educacional específico. Os principais resultados, contribuições e desdobramentos deste trabalho são sintetizados na Seção 6.

2 Modelagem de Conteúdos Educacionais: Requisitos e Perspectivas

A modelagem de conteúdos educacionais apóia o autor na identificação e definição de conceitos e informações associadas, possibilitando que os mesmos sejam disponibilizados de modo coerente e ordenado, com base em teorias e princípios instrucionais previamente estabelecidos [2, 7, 13]. A construção de modelos para a representação dos conteúdos requer que vários fatores sejam considerados, envolvendo desde a determinação de aspectos específicos do domínio de conhecimento, passando pela definição de atividades práticas e mecanismos para avaliação do aprendiz, até o estabelecimento de uma ordem pedagógica para a apresentação das informações modeladas.

Dada a diversidade de características as quais podem ser consideradas, o estabelecimento de requisitos de modelagem que forneçam subsídios e parâmetros para a construção e análise desses modelos torna-se fundamental. Nesse contexto, um conjunto preliminar de requisitos especificamente voltados à atividade de modelagem de conteúdos educacionais foi proposto [2]: (1) taxonomia de conceitos, (2) composição de conceitos, (3) relacionamentos específicos, (4) decomposição hierárquica, (5) diferenciação entre categorias do conhecimento, (6) ordem pedagógica, (7) contextos de aprendizado, (8) história e (9) propagação de eventos.

Perspectivas de modelagem também foram identificadas e investigadas a fim de caracterizar os modelos para representação de conteúdos educacionais. Em geral, tais conteúdos podem ser caracterizados a partir da descrição de conceitos e informações relevantes sobre o domínio de conhecimento, somada a exemplos, explicações, exercícios, problemas, sugestões de estudo, avaliações, entre outros elementos complementares [2]. Com isso, três perspectivas correlatas de modelagem foram identificadas. A perspectiva conceitual trata da modelagem dos conceitos relevantes ao domínio de conhecimento e da forma com que os mesmos se inter-relacionam nesse domínio. A perspectiva instrucional aborda a modelagem de informações adicionais (fatos, princípios, procedimentos, etc.) e elementos complementares (exemplos, exercícios, avaliações, etc.) sobre o domínio. A perspectiva didática é responsável por associar os objetos anteriormente modelados, estabelecendo uma seqüência de apresentação entre eles. A Tabela 1 sintetiza a relação entre as perspectivas e os requisitos de modelagem propostos.

3 Modelos Genéricos para Representação de Conteúdos Educacionais

A partir das perspectivas e requisitos de modelagem estabelecidos, um conjunto de modelos genéricos para a representação de conteúdos educacionais foi caracterizado – Conceitual, Instrucional e Didático. Cada modelo aborda questões específicas do processo de desenvolvimento de módulos educacionais, devendo ser construído de maneira integrada e iterativa em relação aos demais. Ressalta-se que tais modelos podem ser aplicados diretamente na construção de representações sobre o conteúdo educacional ou, ainda, atuarem como parâmetros de comparação entre as abordagens de modelagem existentes. A seguir, uma visão geral dos modelos é apresentada.

Tabela 1: Perspectivas e Requisitos para Modelagem de Conteúdos Educacionais.

Perspectivas de Modelagem	Requisitos de Modelagem
Conceitual	Taxonomia de Conceitos
	Composição de Conceitos
	Relacionamentos Específicos
	Decomposição Hierárquica
Instrucional	Diferenciação entre Categorias do Conhecimento
Didática	Ordem Pedagógica
	Contextos de Aprendizado
	História
	Propagação de Eventos

3.1 Modelo Conceitual

O modelo conceitual consiste em uma descrição de alto-nível do domínio de conhecimento que se deseja ensinar. Sua construção envolve a definição dos conceitos relevantes para a compreensão do domínio e a especificação da forma pela qual os mesmos se relacionam. Os relacionamentos entre conceitos podem ser divididos em duas classes distintas: (1) relacionamentos estruturais (de classificação (*type-of*) e de composição (*part-of*)) representam uma categoria genérica de relacionamentos, independentes de domínio, podendo ser pré-definidos conforme o modelo conceitual utilizado; e (2) relacionamentos específicos do domínio, os quais têm seu significado associado a um particular domínio de conhecimento, carregando semântica própria. Em outras palavras, representam relações específicas, cuja interpretação é dependente do domínio sendo modelado.

Conceitos e seus relacionamentos devem ser organizados e representados de forma estruturada no modelo, visando a facilitar o entendimento do domínio. Várias estruturas podem ser utilizadas na organização das informações [17]: hierárquica, linear, rede (grafo). No contexto educacional, atenção especial é dada à estruturação hierárquica do conhecimento. Evidências nesse sentido podem ser observadas na definição dos princípios que fundamentam a Teoria da Aprendizagem Significativa [1], na construção de Mapas Conceituais [12], e em sua ampla aceitação e utilização nas abordagens para o desenvolvimento de aplicações educacionais existentes [7, 9, 13, 14]. Isso motivou a que o modelo conceitual proposto enfatizasse aspectos de estruturação hierárquica como mecanismos básicos para a representação do domínio de conhecimento.

3.2 Modelo Instrucional

Além de conceitos, várias informações adicionais e elementos complementares podem ser representados como parte do domínio de conhecimento. O modelo instrucional visa a definir tais informações e elementos, associando-os aos conceitos previamente identificados. Sua construção envolve duas etapas relacionadas – o refinamento do modelo conceitual e a definição de elementos instrucionais. Na primeira etapa, a partir dos conceitos representados no modelo conceitual, informações adicionais associadas ao domínio de conhecimento são identificadas e especificadas no modelo instrucional. Tais informações são referenciadas pelo termo *item de informação*.

Várias teorias e técnicas podem ser utilizadas para apoiar o refinamento do modelo conceitual. Por exemplo, considerando a teoria de Merrill [10], são especificados os seguintes itens de informação: (1) *fato* – partes de informação logicamente associadas (nomes, datas, eventos, etc.); (2) *conceito* – símbolos, eventos e objetos que compartilham características e são identificados pelo mesmo nome; (3) *procedimento* – conjunto ordenado de passos, executados a fim de resolver um problema ou atingir um objetivo; e (4) *princípio* – explicações e deduções sobre o porquê de determinados acontecimentos e das maneiras específicas com que os mesmos ocorrem.

A segunda etapa consiste em definir os elementos instrucionais a serem utilizados como complemento aos itens de informação, visando a melhor compreender e assimilar o domínio de conhe-

cimento. Três categorias de elementos instrucionais foram definidas [2]: (1) *elementos explanatórios* – correspondem a informações complementares utilizadas na explicação de um dado item de informação (exemplos, dicas, sugestões de estudo, referências); (2) *elementos exploratórios* – permitem que o aprendiz “navegue” pelo domínio, praticando os itens de informação relacionados (exercícios guiados, simulações, *hands-on* de ferramentas); e (3) *elementos de avaliação* – permitem que se avalie tanto o aprendiz como a efetividade do aprendizado ocorrido (avaliações diagnósticas, formativas ou somativas, na forma questões objetivas e/ou subjetivas).

3.3 Modelo Didático

Modelos didáticos são responsáveis pelo estabelecimento de relações de precedência (pré-requisitos) e relacionamentos didáticos (relações tais como *exemplifica*, *ilustra*, *motiva*, *exercita*, entre outras), definindo seqüências de apresentação entre os objetos caracterizados no modelo instrucional. Estruturas de acesso, tais como índices, roteiros e visitas guiadas, também podem ser utilizadas. Além disso, a especificação de aspectos comportamentais pode auxiliar o estabelecimento de contextos dinâmicos de aprendizado.

Observa-se que, a partir de um mesmo modelo instrucional, diferentes modelos didáticos podem ser derivados, estabelecendo-se maneiras distintas de utilização e disponibilização do mesmo conteúdo educacional. De fato, modelos didáticos permitem que o conteúdo seja adaptado e reutilizado em contextos distintos, com propósitos e objetivos de aprendizado variados.

4 Abordagem Integrada para Modelagem de Conteúdos Educacionais

Com base nos requisitos, perspectivas e modelos genéricos discutidos, algumas abordagens para modelagem de conteúdos educacionais foram analisadas. Tanto abordagens específicas ao projeto e desenvolvimento de aplicações hipermídia educacionais – Daphne [7], EHDM [13], MAPHE [14] e MDE [9] – como abordagens para construção de hiperdocumentos genéricos – HDM [4], RMM [6], OOHDM [15], EORM [8], Trellis [16] e HMBS [17] – foram consideradas. As avaliações e comparações conduzidas permitiram identificar pontos fortes e fracos da aplicação de cada uma das abordagens investigadas. Em geral, observou-se que, enquanto algumas abordagens mostram-se particularmente interessantes no tratamento de aspectos conceituais, outras incorporam elementos relevantes sob a perspectiva instrucional e outras, ainda, demonstram grande poder expressivo na representação de aspectos didáticos (e de navegação).

Além de reafirmar a importância do estabelecimento de requisitos e parâmetros de comparação associados à atividade de modelagem, as análises realizadas evidenciaram a necessidade de abordagens integradas, capazes de reunir, de forma consistente, os diversos aspectos e perspectivas de modelagem observados. Nesse contexto, foi estabelecida a abordagem *AIM-CID* (Abordagem Integrada de Modelagem – Conceitual, Instrucional e Didática), ilustrada na Figura 1.

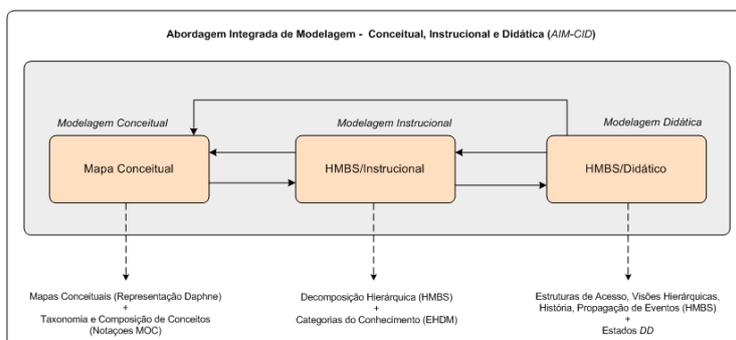


Figura 1: *AIM-CID*: Abordagem Integrada para Modelagem de Conteúdos Educacionais.

Na etapa de Modelagem Conceitual, optou-se pela utilização de Mapas Conceituais [12], com representações e significados semelhantes aos estabelecidos pelo modelo/metodologia Daphne [7], incluídas algumas notações adicionais herdadas do Modelo Orientado a Conceitos, do MAPHE [14] – taxonomia e composição de conceitos. Dentre os fatores que motivaram a escolha da técnica, destacam-se: (1) sua adequação na representação de conceitos e na estruturação hierárquica; (2) facilidade de uso, sendo bastante intuitiva mesmo para usuários não familiarizados; (3) fundamentação em princípios educacionais, tais como a Teoria da Aprendizagem Significativa [1], e grande aceitação por especialistas e profissionais da área de Educação; e (4) adoção da técnica pela maioria das abordagens que envolvem algum tipo de modelagem de conteúdos educacionais.

Na Modelagem Instrucional, optou-se pelo uso simplificado do modelo HMBS¹ [17], considerando nesse nível somente os mecanismos de decomposição hierárquica fornecidos pelo mesmo. De fato, tais mecanismos são utilizados para complementar, no nível instrucional, a idéia de estruturação hierárquica já explorada no nível conceitual. Além disso, uma extensão sugerida ao HMBS para garantir sua adequação aos aspectos considerados na perspectiva instrucional refere-se à representação de diferentes categorias de conhecimento – itens de informação (fato, conceito, princípio e procedimento) e elementos instrucionais (explanatórios, exploratórios e de avaliação).

O modelo HMBS, desvinculado da representação de transições, eventos e mecanismos de história, e estendido para a representação de diferentes categorias de conhecimento, foi denominado *HMBS/Instrucional*. Observa-se, ainda, que a idéia de diferenciação entre categorias do conhecimento foi herdada do método EHDM [13] sem, entretanto, estar vinculada necessariamente à utilização das categorias estabelecidas pelo modelo de Michener [11], no qual o EHDM está baseado. De fato, a flexibilidade na escolha das categorias de conhecimento a serem representadas no *HMBS/Instrucional* visa a garantir a independência do modelo em relação a teorias e princípios educacionais, os quais devem ser definidos pelo próprio instrutor/mediador.

Na Modelagem Didática também optou-se pela utilização do HMBS, visto que o mesmo permite que aspectos relevantes sob a perspectiva didática, tais como mecanismos de história, propagação de eventos e definição de contextos de aprendizado, sejam tratados. A validação do conteúdo educacional também pode ser explorada pela análise de propriedades do *statechart* subjacente. Ainda, o comportamento associado à navegação do usuário pelo hiperdocumento é passível de modelagem a partir da utilização do HMBS [9].

Uma extensão sugerida ao HMBS no nível didático refere-se à idéia de “especificação aberta” dos aspectos de navegação, por meio da qual é possível representar as seqüências de apresentação entre conceitos e informações pertinentes de maneira flexível e personalizada. Dependendo de fatores como duração do curso, objetivos de aprendizado e público-alvo, maneiras distintas de apresentação e navegação pelo mesmo conteúdo são exigidas. Uma especificação aberta permite que todas as possíveis seqüências de apresentação do conteúdo sejam representadas no mesmo modelo didático e, a partir deste, diversas implementações do mesmo conteúdo possam ser geradas em função de fatores pedagógicos.

A especificação aberta apóia, em nível de modelagem e projeto, o estabelecimento de contextos de aprendizado diferenciados. Além disso, quando fisicamente implementada no módulo educacional (“implementação aberta”), possibilita que a navegação seja definida pelo próprio usuário, em tempo de execução. O usuário tem total liberdade para decidir, dinamicamente, quais tópicos devem ser abordados e em que ordem os mesmos devem ser apresentados.

Para permitir a representação de especificações abertas no modelo HMBS, foi proposta a noção de estados *DD* (*Dynamically Defined* – Definido Dinamicamente)². O HMBS, estendido com a representação de estados *DD*, foi denominado *HMBS/Didático*. Cabe ressaltar que as extensões

¹O HMBS consiste em um modelo para a especificação da estrutura e da semântica navegacional de hiperdocumentos, utilizando a técnica *Statecharts* [5] como modelo de especificação formal subjacente.

²Estados *DD*, suas propriedades e as extensões estabelecidas a fim de incorporá-los ao HMBS são discutidas em [2].

definidas no modelo *HMBS/Instrucional* foram mantidas e a estruturação hierárquica explorada nos níveis conceitual e instrucional também foi preservada. Procura-se, com isso, garantir a uniformidade da abordagem *AIM-CTD* na construção dos diferentes modelos associados.

Caso exista uma ferramenta de apoio à edição, interpretação e execução de modelos didáticos segundo o *HMBS/Didático*, especificações executáveis podem ser derivadas e utilizadas para a geração automática de conteúdos educacionais, personalizados segundo interesses pedagógicos, perfil do usuário, características do módulo, entre outros aspectos. Ferramentas de simulação também podem ser utilizadas na apresentação dos conteúdos desenvolvidos ou, ainda, na validação das especificações geradas e dos próprios conteúdos associados.

5 Um Módulo Educacional no Domínio de Teste de Software

Os aspectos de modelagem discutidos neste trabalho estão inseridos em um contexto de pesquisa mais abrangente, investigado em [2], no qual a modelagem de conteúdos constitui uma das atividades relevantes a ser considerada no estabelecimento de um processo padrão para elaboração de módulos educacionais. Resumidamente, além dos aspectos de modelagem, práticas de projeto instrucional, fatores gerenciais e aspectos organizacionais associados à construção de tais módulos foram sistematizados e agregados na forma de um processo padrão de desenvolvimento. Atividades de especialização e instanciação do processo proposto também foram conduzidas.

A aplicação prática do processo padrão instanciado foi conduzida para o domínio de Teste de Software, resultando na elaboração de um módulo educacional específico – *Teste de Software: Teoria e Prática*. Conceitos, fatos, princípios, procedimentos, exemplos, informações complementares e exercícios pertinentes a esse domínio foram modelados e implementados na forma de um conjunto de transparências, ao qual foram integradas páginas HTML, documentos-texto, ferramentas específicas de teste e ferramentas educacionais (Figura 2). Nesta seção, apenas aspectos pertinentes à modelagem dos conteúdos educacionais nesse domínio é discutida. A descrição completa da aplicação do processo está disponível em [2].

A modelagem foi conduzida segundo a abordagem *AIM-CTD*, resultando na construção dos modelos conceituais, instrucionais e didáticos pertinentes. Para ilustrar tais modelos foi selecionado um tópico específico do domínio – o critério Análise de Mutantes [3]. A Figura 3 ilustra o modelo conceitual construído. Existe uma relação de *taxonomia* entre os conceitos Mutante, Mutante Morto, Mutante Equivalente e Mutante *Error-Revealing*. Os conceitos Conjunto Essencial de Operadores de Mutação e Operador de Mutação estão associados por meio de uma relação de *composição*. A associação entre Mutante Equivalente e Equivalência de Programas caracteriza um *relacionamento específico*. Conceitos externos também foram representados: Equivalência de Programas, Erros Típicos e Critério de Teste.

A Figura 4 ilustra o modelo instrucional. A página/transparência referente ao estado AnáliseMutantes deve conter, além de sua definição (*AM:conceito:texto*), fatos (*AM:fato:texto*) e princípios (*ProgramadorCompetente:princípio:texto* e *Acoplamento:princípio:texto*) associados. Elementos instrucionais também foram modelados: os conceitos representados pelos estados *Mut:conceito:texto*, *MutanteMorto:conceito:texto*, *MutanteEquivalente:conceito:texto* e *Mutante Error-Revealing:conceito:texto* foram associados, cada um deles, a exemplos pertinentes representados pelos estados *Mutante:exemplo:figura*, *MutanteMorto:exemplo:figura*, *MutanteEquivalente:exemplo:figura* e *MutanteError-Revealing:exemplo:figura*, respectivamente.

O modelo didático (Figura 5) consiste em uma especificação aberta dos aspectos de navegação, na qual estão representadas todas as possíveis seqüências de apresentação entre os objetos modelados. Considere, por exemplo, o estado *DetalhesAnáliseMutantes*. Todos os

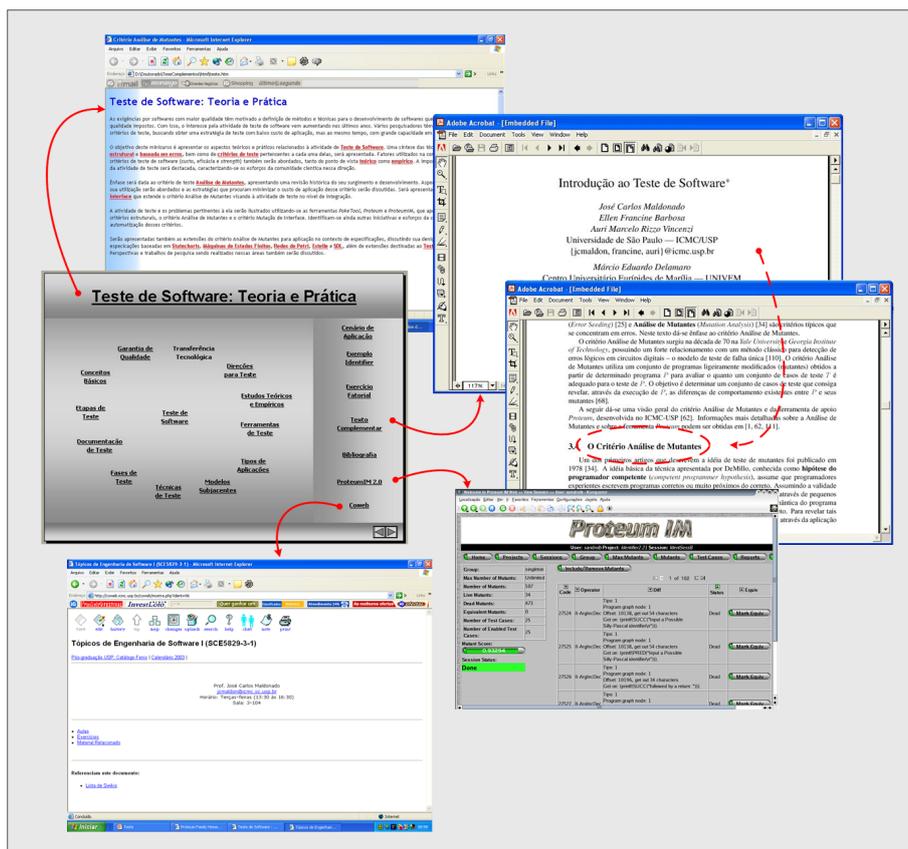


Figura 2: Transparência Principal do Módulo *Teste de Software: Teoria e Prática*.

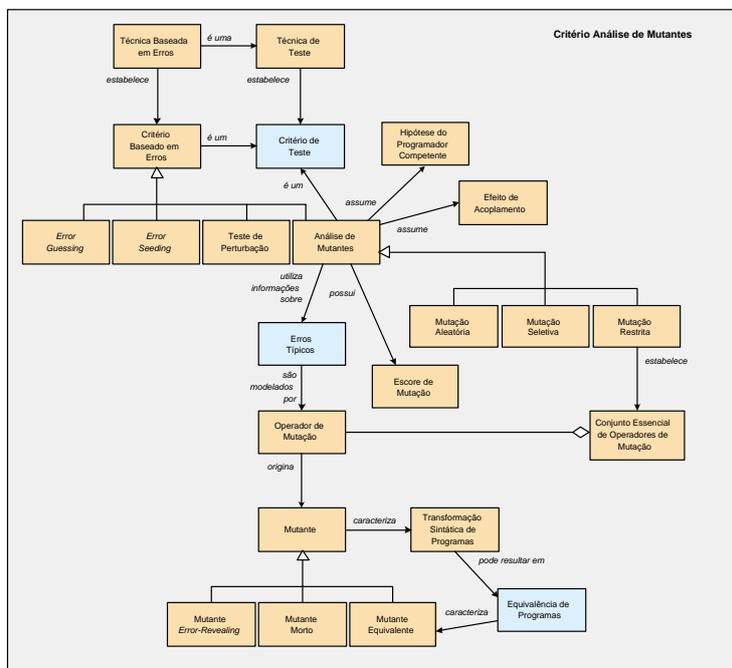


Figura 3: Análise de Mutantes: Modelo (Mapa) Conceitual.

subestados de DetalhesAnáliseMutantes – OperadorMutação, EscoreMutação, Aplicação, GeralMutante e GeralAbordagens – estão conectados entre si por meio de transições implícitas, as quais estabelecem a navegação entre eles. Desse modo, a par-

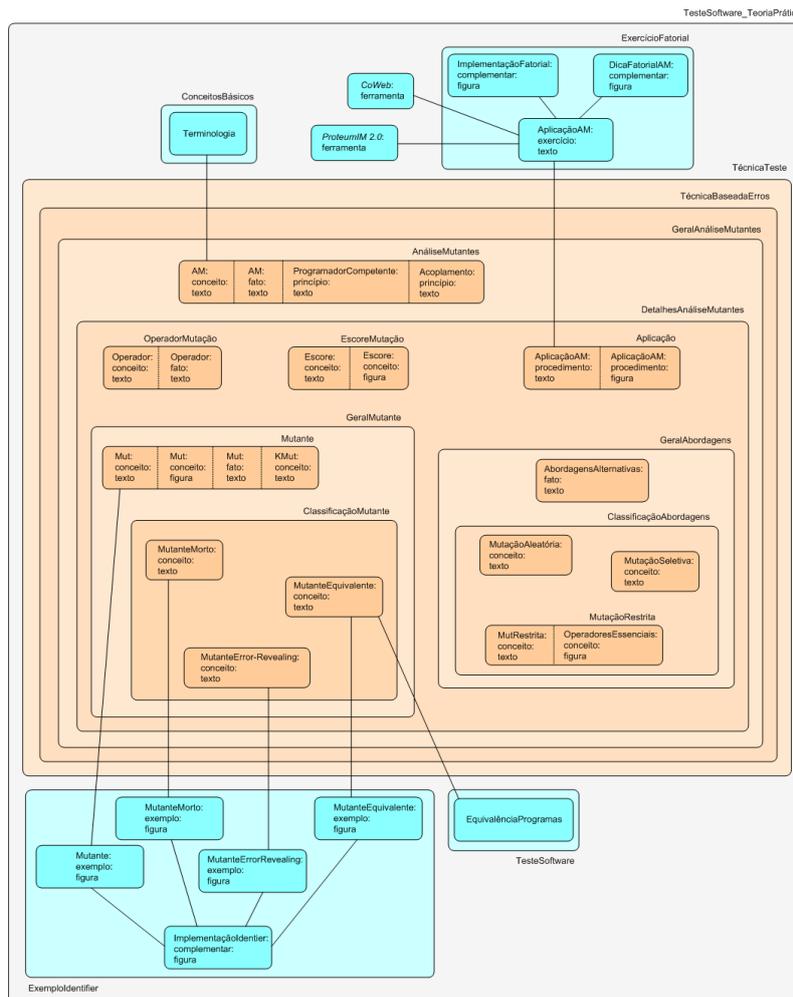


Figura 4: Análise de Mutantes: Modelo Instrucional (*HMBS/Instrucional*).

tir de OperadorMutaçao, por exemplo, pode-se atingir os estados EscoreMutaçao, Aplicação, GeralMutante e GeralAbordagens.

Considerando a seqüência (GeralMutante, DetalhesAnáliseMutantes, GeralAnáliseMutantes, TécnicaBaseadaErros, TécnicaTeste, TesteSoftware_TeoriaPratica) como sendo a hierarquia de estados-pai-DD de Mutante, tem-se, por exemplo, que a partir de Mutante podem ser atingidos todos os estados OR_{DD} de DetalhesAnáliseMutantes: OperadorMutaçao, EscoreMutaçao, Aplicação, GeralMutante e GeralAbordagens. Para definir o conjunto completo de estados que podem ser atingidos a partir do estado Mutante, a mesma análise deve ser realizada para todos os estados da hierarquia de estados-pai-DD de GeralMutante. Observa-se que os estados AbordagensAlternativas e ClassificaçãoAbordagens não podem ser alcançados a partir de Mutante, visto que o estado GeralAbordagens não pertence à hierarquia de estados-pai-DD de GeralMutante.

O módulo desenvolvido foi disponibilizado na forma de palestra, proferida durante o *II Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software (SBQS 2003)*, e na forma de minicursos, ministrados respectivamente no *XVII Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software (SBES 2003)* e na *V Escola de Informática Norte (ERI – Norte)*. Em sua última disponibilização, uma avaliação informal referente às características técnicas e pedagógicas foi conduzida, possibilitando a identificação de problemas e melhorias associadas [2].

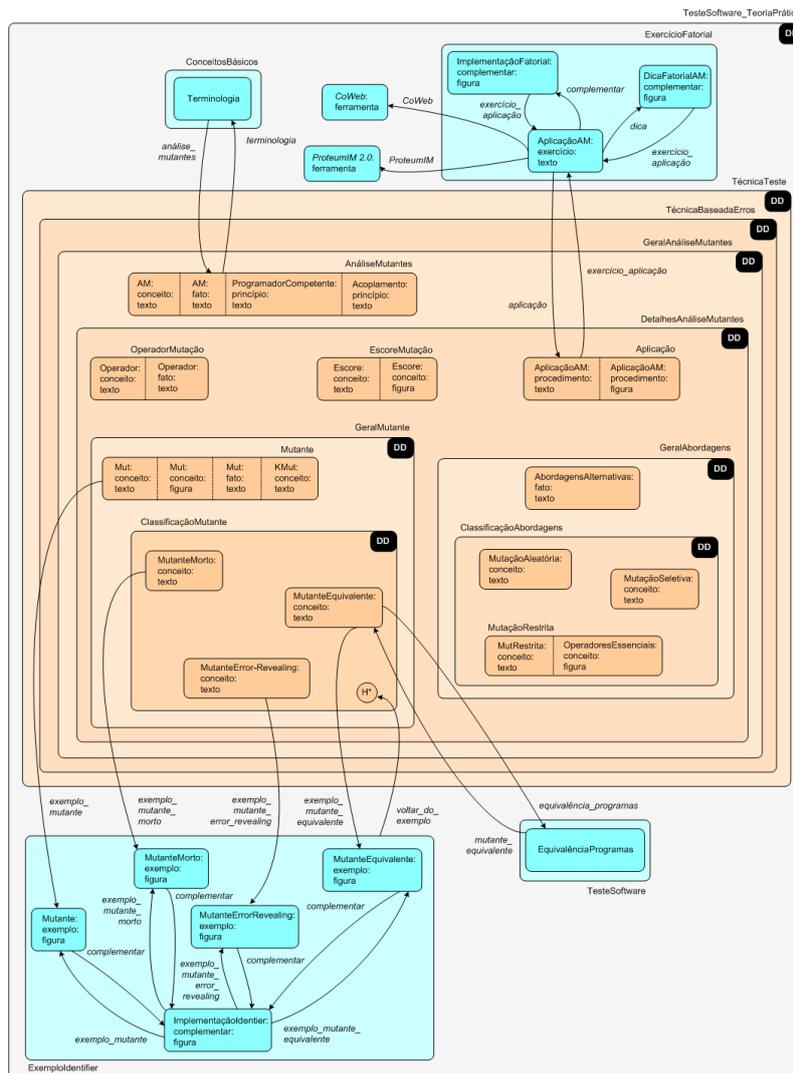


Figura 5: Análise de Mutantes: Modelo Didático (*HMBS/Didático*) – Especificação Aberta.

6 Conclusão

Neste trabalho foram investigados e estabelecidos mecanismos de apoio à construção de módulos educacionais, dando-se ênfase à uma atividade específica de seu processo de desenvolvimento – a modelagem de conteúdos educacionais. Destacam-se como contribuições: (1) a proposição de um conjunto de requisitos e perspectivas de modelagem; (2) a proposição de um conjunto de modelos genéricos – Conceitual, Instrucional e Didático; e (3) a proposição de uma abordagem integrada – *ALM-CID*. De modo geral, os aspectos observados a partir da elaboração do módulo *Teste de Software: Teoria e Prática* evidenciam a viabilidade de aplicação dos mecanismos propostos como apoio à modelagem de conteúdos educacionais. Observa-se, entretanto, a necessidade de aplicação e avaliação de tais mecanismos em projetos mais abrangentes e com características diferenciadas.

Como trabalhos futuros ressalta-se o estabelecimento de mecanismos e ferramentas de apoio à construção de modelos instrucionais e didáticos segundo o *HMBS/Instrucional* e o *HMBS/Didático*. Em especial, mecanismos automatizados apoiando a interpretação e a execução de modelos didáticos devem ser definidos e investigados como suporte à geração automática de conteúdos educacionais. Pretende-se, ainda, explorar o desenvolvimento de objetos de aprendizado (*learning objects*) sob a perspectiva de módulos educacionais, investigando a aplicação dos mecanismos identificados na definição, estruturação, armazenamento e recuperação dos componentes internos de tais

objetos. Além disso, a adequação de modelos conceituais como apoio à construção de ontologias de domínio também deve ser investigada. Por fim, embora os mecanismos investigados tenham sido explorados no contexto de Teste de Software, estes deverão ser utilizados a fim de apoiar o processo de ensino e treinamento em outros domínios, sobretudo aqueles pertinentes à Engenharia de Software e outras sub-áreas de Ciência da Computação.

Referências Bibliográficas

- [1] Ausubel, D. P., Novak, J. D., and Hanesian, H. (1978). *Educational Psychology: a Cognitive View*. Hold, Rinehart & Winston, New York, 2nd edition.
- [2] Barbosa, E. F. (2004). *Uma Contribuição ao Processo de Desenvolvimento e Modelagem de Módulos Educacionais*. PhD thesis, ICMC-USP, São Carlos, SP.
- [3] DeMillo, R. A., Lipton, R. J., and Sayward, F. G. (1978). Hints on test data selection: Help for the practicing programmer. *IEEE Computer*, 11(4):34–43.
- [4] Garzotto, F., Schwabe, D., and Paolini, P. (1993). HDM – a model based approach to hypertext application design. *ACM Transactions on Information Systems*, 11(1):1–26.
- [5] Harel, D. (1987). Statecharts: A visual formalism for complex systems. *Science of Computer Programming*, 8:231–274.
- [6] Isakowitz, T., Stohr, E., and Balasubramanian, P. (1995). RMM: A methodology for structured hypermedia design. *Communications of the ACM*, pages 34–44.
- [7] Kawasaki, E. I. and Fernandes, C. T. (1996). Modelo para projeto de cursos hipermissão. In *SBIE 96*, pages 227–240, Belo Horizonte, MG.
- [8] Lange, D. B. (1994). An object-oriented design method for hypermedia information systems. In *International Conference on System Sciences*, pages 366–375, New York, NY.
- [9] Leiva, W. D. (2003). *Um Modelo de Hipertexto para Apoio ao Ensino Mediado pela Web*. PhD thesis, ICMC-USP, São Carlos, SP.
- [10] Merrill, M. D. (1983). Component display theory. In *Instructional Design Theories and Models: An Overview of their Current States*, Hillsdale, NJ. Lawrence Erlbaum.
- [11] Michener, E. R. (1978). Understanding understanding mathematics. *Cognitive Science*, 2(4).
- [12] Novak, J. D. (1990). Concept mapping: A useful tool for science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 27:937–949.
- [13] Pansanato, L. T. E. and Nunes, M. G. V. (1999). Autoria de aplicações hipermissão para ensino. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 1(5):103–124.
- [14] Pimentel, M. G. (1998). Modelo orientado a conceitos (MOC). In *SBIE 98*, Fortaleza, CE.
- [15] Schwabe, D. and Rossi, G. (1995). The object-oriented hypermedia design model. *Communications of the ACM*, 38(8):45–46.
- [16] Stotts, P. D. and Furuta, R. (1989). Petri Net based hypertext: Document structure with browsing semantics. *ACM Transactions on Information Systems*, 7(1):03–29.
- [17] Turine, M. A. S. (1998). *HMBS: Um Modelo Baseado em Statecharts para a Especificação Formal de Hiperdocumentos*. PhD thesis, IFSC-USP, São Carlos, SP.