

**Diva de Souza e Silva**

## **Modelagem de Composição de Objetos de Aprendizagem**

### **Tese de Doutorado**

Tese apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Doutor pelo Programa de Pós-Graduação em Informática da PUC-Rio.

Orientadores: Prof. Rubens Nascimento Melo  
Prof<sup>a</sup> Maria Helena Lima Baptista Braz  
Prof. Sean Wolfgang Matsui Siqueira

PUC-Rio, Janeiro de 2006

**Diva de Souza e Silva**

## **Modelagem de Composição de Objetos de Aprendizagem**

Tese apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Doutor pelo Programa de Pós-Graduação em Informática da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

**Prof. Rubens Nascimento Melo**

Orientador  
PUC-Rio

**Prof<sup>a</sup>. Maria Helena Lima Baptista Braz**

Co-Orientador  
IST/UTL

**Prof. Sean Wolfgang Matsui Siqueira**

Co-Orientador  
UFG

**Profa. Gilda Helena Bernardino de Campos**

CCEAD/PUC-Rio

**Prof. Emmanuel Piseces Lopes Passos**

PUC-Rio

**Prof<sup>a</sup>. Simone Barcellar Leal Ferreira**

IBMEC

**Prof. Álvaro César Pereira Barbosa**

UFES

**Prof. José Eugênio Leal**

Coordenador Setorial do Centro Técnico Científico – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 11 de Janeiro de 2006

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, da autora e do orientador.

### **Diva de Souza e Silva**

Graduou-se em Bacharel em Ciências Estatísticas na Escola Nacional de Ciências Estatísticas (ENCE). Especializou-se em Análise, Projeto e Gerência de Sistemas no curso de Pós-Graduação Lato-Sensu da Faculdade Cândido Mendes em 1984. Obteve o título de Mestre em Informática pelo Programa de Pós-Graduação em Informática da PUC-Rio em 1999. Tornou-se professora da disciplina Construção de Algoritmo e Estrutura de Dados (CAED) em cursos de extensão da PUC-Rio. Foi professora da Disciplina Computação na (ENCE) no período 1999-2004. Além disso, participou de projetos de pesquisa nas áreas de Banco de Dados e *e-Learning*. Desde 1983, é Analista Sênior do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE.

#### Ficha Catalográfica

Silva, Diva de Souza e

Modelagem de composição de objetos de aprendizagem / Diva de Souza e Silva; Orientadores: Rubens Nascimento Melo, Maria Helena Lima Baptista Braz, Sean Wolfgang Matsui Siqueira. – Rio de Janeiro: PUC, Departamento de Informática, 2006.

117 f.; 30 cm

Tese (doutorado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Informática

Inclui bibliografia

1. Informática – Teses. 2. Objetos de aprendizagem. 3. Atividades de Aprendizagem. 4. Modelo de dados. 5. Composição de Objetos de Aprendizagem. 6. Seqüenciamento. 8. e-Learning. 9. Linguagem de especificação. I. Melo, Rubens Nascimento. II. Braz, Maria Helena Lima Baptista. III. Siqueira, Sean Wolfgang Matsui. IV. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Informática. V. Título.

CDD: 004

## **Agradecimentos**

A DEUS, que me concedeu esta oportunidade ímpar de fazer este curso, estando comigo em todos os momentos, dando-me a paz e a tranquilidade necessárias para superar os momentos difíceis.

Ao Roberto, meu amor, meu amigo e companheiro, que de uma forma muito especial esteve ao meu lado incentivando, dando força, nunca me deixando desanimar, mesmo nas horas mais difíceis, como na véspera de entregar a tese.

A meus pais, Almerinda e Bergite, pelo incentivo, pelas orações, pelo apoio e carinho dedicados em todos os momentos na minha caminhada do mestrado ao doutorado, por me ensinarem a não desperdiçar as oportunidades da vida e pela honra de tê-los como pais.

A meus irmãos, Diná e Souza, pelo apoio e carinho durante todos esses anos, que me ajudaram a enfrentar situações difíceis.

Ao meu orientador, Rubens Nascimento Melo, pelos ensinamentos transmitidos durante suas aulas e reuniões para acompanhamento da tese e pelos papos durante o cafezinho, onde nos transmitia grandes lições para a vida.

Ao Sean Wolfgang Matsui Siqueira, meu co-orientador, pelo grande carinho, atenção e determinação durante todo o processo de desenvolvimento deste trabalho. Pelas horas que passávamos discutindo o assunto da tese para que cada capítulo ficasse melhor.

A Maria Helena Lima Baptista Braz, minha co-orientadora, pela força, pelo carinho e atenção dispensados a mim. Mesmo com diferença às vezes de quatro horas de fuso horário, não se mostrava cansada em conversar sobre a tese para que as dúvidas fossem sanadas.

À minha irmã, amiga e companheira Geórgia Gomes Rodrigues. Juntas lutamos para terminar este doutorado com Coeficiente de Rendimento igual a 10. Gê, conseguimos!!!!

À minha irmã Simone Leal, pela companhia durante todos esses anos, do mestrado ao doutorado. Quantas horas passamos no TecBD pesquisando, estudando, muitas vezes durante finais de semana, mas foram momentos também de muita alegria, confidências e confraternização.

Aos amigos do TecBD, que de uma forma carinhosa chamamos de Tecbedianos, Julita, Luiz Antonio Pereira, Carolina Aguilar, Fábio Porto, Vinícius, Paulinho, Sérgio Cortes, Cássia Baruque, Lúcia Baruque, Sandra Dias, Fábio Coutinho, Fausto Veras,

Álvaro Pereira Barbosa, Fernanda Lima, Amanda Vieira Lopes, que de maneira especial estiveram presentes nos momentos alegres e difíceis durante o doutorado.

Ao Carlos Eduardo Portela, que carinhosamente o chamamos de Portelinha pela grande ajuda na impressão final da tese. Valeu amigão!!!

Às amigas Aildes Soares Pereira, Ana Ribeiro de Almeida, Regina Celi, Dina Fernandes, Lúcia Ignez e Solange, que através da amizade tornaram a jornada mais prazerosa.

A todos os professores, pela dedicação e profissionalismo, procurando, cada um a seu modo, formar um Ser Humano melhor.

Aos incontáveis amigos, colegas e funcionários da PUC-Rio, que sem saber ajudaram direta ou indiretamente na realização deste trabalho.

À PUC-Rio pelos auxílios concedidos, pela infra-estrutura e ambiente de ensino, pesquisa e extensão, que tornaram esta jornada mais fácil e prazerosa.

Aos amigos do Departamento de População e Indicadores Sociais (IBGE/DEPIS), Sheila Gil, Maria Dolores, José Carmelo, Nádja, Luiz Antonio, Tadeu, Ricardo, Joãozinho Belchior, Vera Lúcia, Isabel Mendes, Isabel Parayba e Celso Simões, pela força em todos os momentos desta jornada para concluir o curso de doutorado.

Ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), que me permitiu realizar este sonho de adolescente de chegar ao doutorado e concluí-lo.

## Resumo

Silva, Diva. **Modelagem de Composição de Objetos de Aprendizagem**. PUC-Rio, 2006. 117p. Tese de Doutorado – Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

O desenvolvimento de conteúdos instrucionais utilizando as novas tecnologias de informação é um processo caro, demorado e complexo, que aponta para o estabelecimento de novas metodologias. É neste contexto que surge o conceito de Objeto de Aprendizagem (LO), cujo enfoque está em promover a reutilização do conteúdo. Entretanto, ao considerar o reuso de conteúdo, também se observa uma necessidade de seqüência - lo para formar conteúdos mais elaborados ou mais complexos. Nesta tese adota-se uma estratégia de representar LOs cada vez menores, representando separadamente conteúdo e prática, aqui denominados Objetos Componentes (OCs). Para a estruturação do conteúdo, adaptou-se uma proposta já existente e definiu-se um esquema conceitual adequado à representação de atividades (ou práticas) de aprendizagem. Com vista à composição dos OCs, foi igualmente definido um esquema conceitual envolvendo conteúdos e práticas. Assim, com base em um algoritmo de seqüenciamento de OCs, um professor pode compreender melhor a forma de implementar um objeto complexo, como uma aula ou um curso, reduzindo erros e eventuais omissões na implementação da solução. Este seqüenciamento deve seguir uma metodologia e deve ser especificado de modo não ambíguo. É neste contexto que também é apresentada uma linguagem para especificação de seqüências de objetos de aprendizagem, com uma sintaxe adequada à descrição das possíveis formas de seqüenciamento de LOs. Finalmente, descreve-se um estudo de caso ilustrando a utilização dos esquemas conceituais desenvolvidos, do algoritmo proposto e da linguagem de especificação de seqüências OCs.

## Palavras-chave

Objetos de Aprendizagem, Atividades de Aprendizagem, Modelo de Dados, Composição de Objetos de Aprendizagem, Seqüenciamento, *e-Learning*, Linguagem de Especificação.

## Abstract

Silva, Diva. **Modeling Learning Objects Composition**. PUC-Rio, 2006. 117p. PhD. Thesis – Computer Science Department, Pontifical Catholic University of Rio de Janeiro, Brazil

The development of instructional content using new Information Technologies is an expensive, time-consuming and complex process that leads to the development of new methodologies. It was in this context that the concept of Learning Objects (LOs) was proposed as an approach that promotes content reuse. However, if content is expressed as small LOs, it is also necessary to sequence them in order to build more elaborated and complex content. In this thesis we adopt a strategy to represent smaller LOs, modeling not only content but also practice, called Component Objects (COs) herein. In order to structure content we adapted an existing proposal and defined a conceptual schema to structure learning practices (or activities). We also defined a conceptual schema for composing these COs. Then, based on these conceptual schemas it was possible to propose an algorithm for sequencing COs, which supports a teacher/professor to better control the implementation of a complex content such as a class or a course, thus reducing errors and eventual omissions in its implementation. The sequencing process must follow a methodology and must be specified in a non-ambiguous way. It is in this context that we also present a specification language for sequences of LOs, with a syntax that is adequate to the description of the possible ways of sequencing LOs. Finally, we describe a case study that shows the conceptual schemas that were proposed and the use of the sequencing algorithm and the specification language.

## Keywords

Learning Objects, Learning Activities, Data Model, Learning Objects Composition, Sequencing, *e-Learning*, Specification Language.

## Sumário

|   |    |
|---|----|
| Lista de Figuras  | 11 |
| Lista de Quadros  | 12 |
| Abreviaturas e Siglas   | 13 |
| 1. Introdução   | 14 |
| 1.1. Motivação  | 14 |
| 1.2. Objetivos da Tese  | 18 |
| 1.3. Organização da Tese                                      | 20 |
| 2. Definições Conceituais                                     | 22 |
| 2.1 Introdução  | 22 |
| 2.2. Metadados  | 24 |
| 2.2.1. Metadados de Objetos de Aprendizagem                   | 24 |
| 2.2.2. Learning Object Metadata (LOM)                         | 24 |
| 2.2.3. Dublin Core  | 26 |
| 2.2.4. Ariadne  | 28 |
| 2.3. Teorias de Aprendizagem                                  | 29 |
| 2.3.1. Os Fundamentos das Teorias de Aprendizagem             | 30 |
| 2.3.2. Pontos Fortes e Limitações das Teorias de Aprendizagem | 32 |
| 2.3.3. Tarefas segundo as Teorias de Aprendizagem             | 33 |
| 2.4. Abordagem Pedagógica                                     | 34 |
| 2.4.1. Tutoriais  | 34 |
| 2.4.2. Programas de Exercício-e-Prática                       | 34 |
| 2.4.3. Jogos Educacionais                                     | 35 |
| 2.4.4. Simulação  | 35 |
| 2.4.5. Resolução de Problemas Através de Computador           | 35 |



|  |    |
|--|----|
| 3. Descrição Geral do Esquema Conceitual de Composição de Objetos de Aprendizagem        | 36 |
| 3.1. Esquema Conceitual do Conteúdo  | 37 |
| 3.2. Esquema Conceitual da Prática   | 39 |
| 3.3. Esquema Conceitual da Composição de Objetos Componentes                             | 48 |
| 4. Sistemática da Composição   | 51 |
| 4.1. Outras Informações Necessárias à Composição   | 51 |
| 4.1.1. Termo de Entrada  | 51 |
| 4.1.2. Meta-Informação de Entrada  | 51 |
| 4.1.3. Perfil do professor   | 53 |
| 4.2. Seleção dos Objetos   | 53 |
| 4.2.1. Busca e Filtragem de OCcs   | 54 |
| 4.2.2. Busca e Filtragem de OCps   | 54 |
| 4.2.3 Sistemática para Batimento dos Conteúdos com as Práticas selecionadas              | 55 |
| 4.3. Seleção de Unidades Conceituais e Ações   | 58 |
| 4.3.1. Seleção de Unidades Conceituais   | 58 |
| 4.3.2. Seleção das Ações   | 59 |
| 4.4. Sistemática de Seqüenciamento de OCs  | 59 |
| 4.4.1. Algoritmo de Composição   | 60 |
| 4.4.2. Linguagem de Especificação do Seqüenciamento                                      | 64 |
| 5. Implementação do estudo de caso   | 70 |
| 5.1. O Cenário   | 70 |
| 5.2. Conteúdo e Prática para o Estudo de Caso  | 70 |
| 5.3. Material Educacional Selecionado para o Estudo de Caso                              | 82 |
| 5.4. Utilização da sistemática do seqüenciamento dos OCs no estudo de caso               | 83 |
| 6. Comparação com Trabalhos Relacionados   | 85 |
| 6.1. Um Sistema de Recomendação baseado em Agentes para Seqüenciamento do Plano de Aulas | 85 |
| 6.2. Montagem Dinâmica de Objetos de Aprendizagem  | 86 |

|   |     |
|---|-----|
| 6.3. Definindo uma Seqüência Simples para RLOs  | 87  |
| 6.4. Um Modelo de Componentes Educacionais Reutilizáveis para a Geração de Cursos Adaptativos                                       | 88  |
| 6.5. Objetos de Aprendizagem e Tecnologia de Serviços Dinâmicos de e-<br><i>Learning</i> para Instrução Médica baseada em Simulação | 90  |
| 6.6. Quadro Resumo dos Sistemas   | 91  |
| 6.7. Avanços Propostos  | 94  |
| <br>  |     |
| 7. Conclusão  | 95  |
| 7.1. O Trabalho Apresentado nesta Tese  | 95  |
| 7.2. Contribuições  | 95  |
| 7.3. Trabalhos Futuros  | 97  |
| <br>  |     |
| Referências   | 98  |
| <br>  |     |
| ANEXO A   | 111 |

## Lista de Figuras

|   |    |
|---|----|
| Figura 1.1: Rede de Colaboração .....   | 20 |
| Figura 2.1: Esquemas de Integração e de LOs .....   | 23 |
| Figura 3.1: Esquema Conceitual de Conteúdo (Siqueira,2005) .....                            | 37 |
| Figura 3.2: Especializações de Informações e Unidades Conceituais (Siqueira, 2005)<br>..... | 38 |
| Figura 3.3: Esquema Conceitual de Prática.....  | 39 |
| Figura 3.4: Especializações de Práticas e Ações .....                                       | 41 |
| Figura 3.5: Esquema Conceitual da Composição.....   | 49 |
| Figura 4.1: Batimento de OCps com OCcs (Teoria Comportamentalista).....                     | 55 |
| Figura 4.2 : Batimento de OCcs com OCps (Teoria Cognitivista).....                          | 56 |
| Figura 4.3 : Batimento de OCcs e OCps (Teoria Construtivista).....                          | 57 |
| Figura 5.1: Material Educacional com o Conceito de Conjunto .....                           | 71 |
| Figura 5.3: Diagrama de Relacionamentos do Conceito de Elemento .....                       | 72 |
| Figura 5.4: Material Educacional com o Fato Conjunto (1).....                               | 72 |
| Figura 5.5 : Material Educacional com o Fato Conjunto (2).....                              | 73 |
| Figura 5.6 : Diagrama de Relacionamentos do Fato Conjunto.....                              | 73 |
| Figura 5.7 : Diagrama de Relacionamentos dos Objetos Relativos a OCc Conjuntos<br>.....     | 79 |
| Figura 5.8 : Diagrama de Relacionamentos do OCp Tratamento de Informação .                  | 80 |
| Figura 5.10 : Diagrama de Relacionamentos do OCc Conjunto Unitário.....                     | 81 |
| Figura 5.11 : Diagrama de Relacionamentos do OCc Fato .....                                 | 82 |

## **Lista de Quadros**

|   |    |
|---|----|
| Quadro 4.1: Algoritmo para Composição Objetos Componentes         | 61 |
| Quadro 6.1: Quadro Comparativo com trabalhos Relacionados         | 92 |
| Quadro 6.2: Quadro Comparativo Síntese com trabalhos Relacionados | 93 |

### Abreviaturas e Siglas

|         |   |
|---------|---|
| ACL     | <i>Agent Communication Language</i> (Agente de Comunicação do Agente)   |
| ADL     | <i>Advanced Distributed Learning</i> : Iniciativa da Secretaria de Defesa dos EUA no sentido de estabelecer um ambiente distribuído de aprendizagem                           |
| ARIADNE | <i>Alliance of Remote Instructional Authoring and Distribution Networks for Europe</i>  |
| ACL     | <i>Agent Communication Language</i> (Linguagem de Comunicação do Agente)  |
| BNF     | Backus Naur Form  |
| DC      | Dublin Core   |
| DCMI    | Dublin Core Metadata Initiative   |
| DL      | <i>Description Logic</i>  |
| IEEE    | <i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>  |
| IMS     | <i>Information Management Systems</i> (Sistemas de Gerência de Informação)  |
| ISD     | <i>Instructional Systems Development</i>  |
| LCMS    | <i>Learning Content Management Systems</i> (Sistemas de Gerência de Conteúdo de Aprendizagem)   |
| LMS     | <i>Learning Management Systems</i> (Sistema de Gerência de Aprendizagem)  |
| LOs     | Objetos de Aprendizagem ( <i>Learning Objects</i> )   |
| LOM     | <i>Learning Objects Metadata</i> : Padrão de metadados proposto pelo IEEE para descrição de LOs   |
| LPA     | <i>Learning Plan of the Agent</i> (Plano de Aula do Agente)   |
| LTSC    | <i>Learning Technology Standards Committee</i> (Comitê de Padrões de Tecnologia para Aprendizagem)  |
| OC      | Objeto Componente   |
| OCc     | Objeto Componente de Conteúdo   |
| OCac    | Ação (parte componente de OCp)  |
| OCp     | Objeto Componente de Prática  |
| OCuc    | Unidade Conceitual (parte componente de OCc)  |
| PGL     | <i>Partnership in Global Learning</i>   |
| RDF     | <i>Resource Description Framework</i>   |
| RIOs    | <i>Reusable Information Object</i>  |
| RLOs    | <i>Reusable Learning Objects</i> (Objetos de Aprendizagem Reusáveis)  |
| SALOs   | <i>Structural Atomic Learning Objects</i> (Objetos de Aprendizagem Atômico Estrutural), ou estruturas de LOs atômicos (LOs elementares ou atômicos, sem implementação física) |
| SCORM   | <i>Shareable Content Object Reference Model</i> (Modelos de Objetos de Conteúdo Compartilhados)   |
| SLOs    | <i>Structural Learning Objects</i> (Objetos de Aprendizagem Estrutural), ou estruturas de LOs (LOs sem implementação física)  |
| SMA     | Sistema de Multi-agentes  |
| TecBD   | Laboratório de Tecnologia em Banco de Dados do Departamento de Informática da PUC-Rio   |
| UIA     | <i>User Interface Agent</i> (Agente Interface do Usuário)   |
| VAM     | <i>Virtual Anesthesia Machine</i>   |
| Web     | <i>World Wide Web</i>   |
| XML     | <i>Extensible Markup Language</i>   |