



**Sean Wolfgang Matsui Siqueira**

## **EDUCO: Modelando Conteúdo Educacional**

### **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

PUC-Rio, março de 2005



**Sean Wolfgang Matsui Siqueira**

## **EDUCO: Modelando Conteúdo Educacional**

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

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro

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

Co-Orientadora

Instituto Superior Técnico/Universidade Técnica de Lisboa

**Prof. Carlos José Pereira de Lucena**

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro

**Prof<sup>a</sup>. Gilda Helena Bernadino de Campos**

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro

**Prof. Álvaro César Pereira Barbosa**

Universidade Federal do Espírito Santo

**Prof. Crediné Silva de Menezes**

Universidade Federal do Espírito Santo

**Prof. Luiz Antônio de Moraes Pereira**

Banco Central do Brasil

**Prof. José Eugenio Leal**

Coordenador(a) Setorial do Centro Técnico Científico - PUC-Rio

Sala Dr. José Pelúcio Ferreira, PLF, 13o andar, 14 de março de 2005

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

### **Sean Wolfgang Matsui Siqueira**

Graduou-se em Ciência da Computação na UFG em 1997. Liderou os esforços de automação do Sistema de Bibliotecas da UFG em 1996-1997. Concluiu o Mestrado em Informática em 1999 na área de Banco de Dados. Participou da criação / implantação da Coordenação de Educação à Distância da PUC-Rio de 1999 a 2001. Foi coordenador acadêmico do curso de graduação em Processamento de Dados da FATEC-RO em 2000, liderando o processo de reconhecimento do curso. Ministrou aulas em cursos de extensão da PUC-Rio. Participou de projetos de pesquisa nas áreas de banco de dados e e-learning e publicou diversos artigos.

#### Ficha Catalográfica

Siqueira, Sean Wolfgang Matsui

EDUCO : modelando conteúdo educacional / Sean Wolfgang Matsui Siqueira ; orientador: Rubens Nascimento Melo ; co-orientador: Maria Helena Lima Baptista Braz. – Rio de Janeiro : PUC-Rio, Departamento de Informática, 2005.

138 f. : il. ; 30 cm

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

Inclui referências bibliográficas

1. Informática – Teses. 2. Modelagem de dados. 3. Objetos de aprendizagem. 4. Conteúdo educacional. 5. Integração de dados. 6. Educação à distância. I. Melo, Rubens Nascimento. II. Braz, Maria Helena Lima Baptista. III. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Informática. IV. Título.

CDD: 004

Esta tese é dedicada a  
todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a sua concretização,  
bem como a todos aqueles que possam estar interessados em seu conteúdo.

## Agradecimentos

Meus agradecimentos

A Deus, pela luz, que me ilumina todos os passos, pelo amor que me torna mais humano, pela vida e fé que me fazem Seu filho.

A minha mãe pela honra de tê-la como mãe, por ser tão especial, pelo amor que sempre transmite às pessoas, a alegria de viver, o apoio nas horas difíceis, as comemorações nas vitórias, as instruções nos momentos adequados, a paciência e sabedoria, a compreensão dos conscientes, enfim pelo fato de não apenas ser minha mãe, mas por transmitir os ensinamentos de Cristo através de sua vida.

Aos meus familiares e irmãos de coração pelo apoio e incentivo que me transmitiram, dando-me a força necessária para prosseguir nesta jornada e o amor e paz necessários ao meu espírito. Em especial a Wainlhy Soares Cintra pela paciência, compreensão e parceria, que possibilitaram a concretização dos trabalhos de mestrado e doutorado, incluindo o desenvolvimento de um Sean cada dia melhor como pessoa e como profissional. A Neyller Pereira Garcia e Fabíola Mamede Garcia pela preciosa companhia calorosa de grandes irmãos.

A meu orientador Rubens Nascimento Melo, pelos valiosos ensinamentos e a honra de conviver com o grande guru e professor-orientador rumo à sabedoria. Agradeço, também, pela compreensão e paciência, bem como pelo apoio de amigo durante todo o caminho.

A Maria Helena Lima Baptista Braz, minha co-orientadora, pelo exemplo de personalidade e orientação. Agradeço sua força e carinho, sua animação e profissionalismo, sua confiança e apoio, sua presença mesmo na distância física.

A Elvira Maria Antunes Uchôa, pela dedicação, ensinamentos, incentivo e apoio, que tornaram esta jornada possível. Os primeiros passos discutindo as idéias, escrevendo a Dissertação de Mestrado, escrevendo artigos e preparando as apresentações foram essenciais na concretização do Doutorado.

Aos amigos do TecBD, Diva de Souza e Silva, Geórgia Regina Rodrigues Gomes, Simone Leal de Moura, Álvaro César Pereira Barbosa, Carolina de Lima Aguiar, Luiz Antônio de Moraes Pereira, Lúcia Blondet Baruque, Fábio André Machado Porto, Fernanda Lima, Julita Glória Machado Cravo, Fausto Veras Maranhão Ayres, Paulo Sérgio Simões de Araujo, Cássia Blondet Baruque, Amanda Vieira Lopes, Sandra Dias de Souza, Vinícius Fontes Silva e Fábio Coutinho.

Aos amigos Alessandra Cristina Aleixo, Régis Augusto Aleixo Alves, Virgínia Auxiliadora Freitas de Castro, Raquel Salomão, Charles Freitas Carvalho, Amadeus Jr. Restelli, Edson Coutinho Alves, Carlos Roberto de Santos Souza, Fernando Glauter, Alonso José Joaquim Juvinão Carbone, Ranieri dos Santos Souza, José Ralfe Vieira, Roberto Santiago, Carlos Salvador Jr., Patrícia Vilain, Milene Selbach Silveira, a galera da CCEAD/PUC-Rio, ex-colegas de trabalho do Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal de Goiás, ex-colegas do curso de Ciência da Computação da UFG e do Colégio Santo Agostinho/GO que através da amizade tornaram a jornada mais prazerosa, me ajudaram a enfrentar situações difíceis e a não desperdiçar as oportunidades da vida.

A todos os professores que foram sempre um exemplo de dedicação e profissionalismo, ensinando não apenas o necessário para uma boa formação profissional, mas também formando um ser humano melhor. Em especial, os professores do Colégio Santo Agostinho/GO, da UFG e da PUC-Rio.

Aos incontáveis amigos, colegas e funcionários da PUC-Rio, que, a seu modo, mesmo que às vezes sem saber, ajudaram direta ou indiretamente na realização deste trabalho.

A PUC-Rio pelos auxílios concedidos, a infra-estrutura e o ambiente de ensino, pesquisa e extensão que tornaram esta jornada mais fácil e agradável.

Ao CNPq, pela ajuda financeira recebida durante o curso, tornando possível a concretização deste trabalho.

## Resumo

Siqueira, Sean. **EDUCO: Modelando Conteúdo Educacional**. PUC-Rio, 2005. 138p. Tese de Doutorado - Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

No contexto de e-learning, o desenvolvimento de material de aprendizagem é um fator de sucesso. Entretanto, estes processos são caros e demorados de modo que se procura promover o reuso de materiais e estabelecer parcerias entre instituições para compartilhar conteúdo e serviços. Assim, o uso conjunto de Objetos de Aprendizagem (LOs) e respectivos metadados tem sido amplamente adotado. Entretanto, apesar do uso de padrões de descritores para LOs tornar sua aceitação mais ampla, muitos desenvolvedores demonstram uma grande dificuldade em usar e reusar LOs. Portanto, continua a haver interesse em prover meios que promovam o reuso destes LOs e a tendência atual é que estes LOs se tornem cada vez menores, estruturados conforme uma hierarquia de nós interconectados. Algumas abordagens atuais consideram o uso de mapas de tópicos (*topic maps*), ontologias e bases de conhecimento para trabalhar com os conteúdos contidos nos materiais educacionais. Esta tese apresenta um modelo para estruturar e representar o conteúdo contido nos materiais educacionais a partir dos tipos de informações e de unidades conceituais envolvidas. Além da proposta de modelagem é também apresentada uma arquitetura que possibilita a implantação dos diferentes níveis semânticos de informação a serem considerados em um ambiente de *e-learning*. Esta arquitetura se baseia em trabalhos relacionados a integração de dados e estabelece um contexto para a utilização do modelo proposto para a representação do conteúdo educacional, contribuindo para a sua adoção.

## Palavras-chave

Modelagem de Dados; Objetos de Aprendizagem; Conteúdo Educacional; Integração de Dados; Educação a Distância.

## Abstract

Siqueira, Sean. **EDUCO: Modeling Educational Content**. PUC-Rio, 2005. 138p. PhD. Thesis - Computer Science Department, Pontifical Catholic University of Rio de Janeiro.

In e-learning, the development of multimedia educational content material has been a success factor. However, as these processes are expensive and time-consuming, there is a need for making the content reuse easier and institutions are establishing partnerships in order to share content and services. In this context, Learning Objects (LO) and standard metadata have been grown in acceptance. In spite of this, several developers have found it difficult to use and reuse LOs. Then there is still a need for providing mechanisms that promote LO reuse. The current trend is on making these LO even smaller, structured according to a hierarchy of interconnected nodes. Some recent approaches are based on the use of topic maps, ontology and knowledge bases in order to work with the content that are embedded into the educational material. This thesis presents a model for structuring and representing this content according to the involved information and conceptual unities. In addition, we also present an architecture that allows the different semantic levels of information to be considered in an e-learning environment. This architecture is based on related work on data integration and it establishes a context for the proposed modeling approach for representing educational content and therefore contributes for its acceptance and use by the e-learning community.

## Keywords

Data Modeling; Learning Objects; Educational Content; Data Integration; E-Learning.

## Sumário

Lista de Figuras	11
Lista de Tabelas	13
Abreviaturas e Siglas	14
1 Introdução	16
1.1. Motivação	16
1.2. Objetivos da Tese e Metodologia	18
1.3. A Tese como uma Evolução Natural de Trabalhos Anteriores	19
1.4. Organização da Tese	21
2 Conceitos Básicos	22
2.1. Educação baseada na Web	22
2.1.1. O Meta-modelo pedagógico	22
2.2. Objetos de Aprendizagem	25
2.3. Metodologia de Projeto Instrucional	27
3 Arquitetura Proposta para um Ambiente de <i>E-Learning</i>	29
3.1. Os Diferentes Níveis Semânticos	29
3.1.1. Coordenação de Objetos e Atividades de Aprendizagem	30
3.1.2. Objetos de Aprendizagem	32
3.1.3. Objetos de Informação	33
3.2. A Arquitetura Proposta	35
3.2.1. A Primeira e a Segunda Ondas de <i>E-Learning</i>	35
3.2.2. A Terceira Onda de <i>E-Learning</i>	37
3.2.3. Uma Integração das Três Ondas de <i>E-Learning</i>	39
3.3. Especificação em UML dos Modelos da Arquitetura Proposta	40

4 EduCO: Representando a Informação Contida em Materiais de Aprendizagem	51
4.1. Representando o Conteúdo Educacional	51
4.2. Um Meta-Modelo para o Conteúdo de Aprendizagem	52
4.3. Os Conteúdos Representados através de Ontologia	55
4.4. Uma Especialização do Meta-Modelo Proposto	62
5 Estudo de Caso	65
5.1. Material selecionado para o estudo de caso	65
5.2. Criando um Repositório de Informação	69
5.3. Explorando o Repositório de Informação	74
5.4. Montando LOs	78
6 Comparação com Trabalhos Relacionados	79
6.1. Comparação com a Abordagem de Base de Conhecimento	79
6.2. Comparação com Mapas Conceituais, <i>Topic Maps</i> e Ontologias	82
6.3. Outras Propostas	84
6.4. Resumo Esquemático de Trabalhos Relacionados	85
7 Conclusão	87
7.1. O Trabalho Apresentado Nesta Tese	87
7.2. Contribuições	88
7.3. Trabalhos Futuros	89
8 Referências	90
ANEXO A	100
A.1. Representação do Meta-Modelo em OWL DL	100
A.2. Representação da Especialização do Meta-Modelo em OWL DL	103
ANEXO B	121
ANEXO C	132

## Lista de Figuras

Figura 2.1 – Pacotes no meta-modelo pedagógico (Koper, 2001) .....	23
Figura 3.1 – Integração de LMS e LCMS em um “ecossistema” de <i>e-learning</i> .....	36
Figura 3.2 – Arquitetura de Esquemas para LOs.....	37
Figura 3.3 – Os componentes da terceira onda de <i>e-learning</i> . ....	38
Figura 3.4 – A Arquitetura Proposta .....	39
Figura 3.5 – Modelo de Casos de Uso da Arquitetura Proposta (nível conceitual) .....	41
Figura 3.6 – Pacotes de Classes da Arquitetura Proposta .....	47
Figura 3.7 – Modelo Conceitual do OURO (IMS, 2003).....	48
Figura 3.8 – Modelo Conceitual dos Componentes Estruturais do ReCEITA.....	49
Figura 3.9 – Modelo Conceitual do Conteúdo de Aprendizagem (ReI).....	49
Figura 4.1 – Modelo Conceitual em UML do Conteúdo de um LO (Siqueira et al., 2004a) .....	51
Figura 4.2 – Meta-modelo de Conteúdos de Aprendizagem.....	52
Figura 4.3 – A Implementação do Meta-modelo de Conteúdos de Aprendizagem .....	53
Figura 4.4 – OWL DL da Definição 4.1 e propriedades relacionadas .....	57
Figura 4.5 – OWL DL da Definição 4.2 e propriedades relacionadas .....	57
Figura 4.6 – OWL DL da Definição 4.5 e propriedades relacionadas .....	58
Figura 4.7 – OWL DL da referência de um Objeto Multimídia a uma URI. ....	58
Figura 4.8 – OWL DL da Definição 4.6 e propriedades relacionadas .....	59
Figura 4.9 – OWL DL da Composição de Informação por Unidades Conceituais.....	59
Figura 4.10 – OWL DL da Propriedade 4.3 e suas características.....	60
Figura 4.11 – OWL DL da Propriedade 4.4 .....	60
Figura 4.12 – OWL DL da Propriedade 4.5 e suas características.....	60
Figura 4.13 – OWL DL da Propriedade 4.6 e suas características.....	61
Figura 4.14 – OWL DL da Propriedade 4.7 e suas características.....	61
Figura 4.15 – OWL DL da Propriedade 4.8 e suas características.....	61
Figura 4.16 – Classes Especializadas do Meta-modelo.....	62

Figura 5.1 – Tela de entrada de dados no Protégé; Conceito “Data Warehouse” .	71
Figura 5.2 – Tela de entrada de dados no Protégé; Definição “Data Warehouse por Inmon” .....	73
Figura 5.3 – Tela de entrada de dados no Protégé; Objeto Multimídia “Não Volatilidade” .....	74
Figura 5.4 – Navegação pelo Conceito de “Data Warehouse” .....	74
Figura 5.5 –Navegação pela Definição “Data Warehouse por Inmon” .....	75
Figura 5.6 – Navegação pela informação relacionada “Data Warehousing” .....	75
Figura 5.7 – Navegação pelas informações que detalham “DW por Inmon” .....	76
Figura 5.8 – Navegação pelo Fato Não Volatilidade e daí para a respectiva lista	76
Figura 5.9 – Navegação pela Lista de Não Volatilidade e posteriormente para a Figura de Não Volatilidade .....	77
Figura 5.10 - Navegação pela informação relacionada “Data Warehousing” .....	77
Figura C.1 – Transparências 1 e 2 .....	132
Figura C.2 – Transparências 3 e 4 .....	132
Figura C.3 – Transparências 5 e 6 .....	132
Figura C.4 – Transparências 7 e 8 .....	133
Figura C.5 – Transparências 9 e 10 .....	133
Figura C.6 – Transparência 11 .....	133

## Lista de Tabelas

Tabela 3.1: Descrição do caso de uso <i>Carregar Conteúdos no ReI</i> .....	43
Tabela 3.2: Descrição do caso de uso <i>Manter ReI</i> .....	44
Tabela 3.3: Descrição do caso de uso <i>Acrescentar Conteúdos no ReI</i> .....	44
Tabela 3.4: Descrição do caso de uso <i>Explorar Conteúdos do ReI</i> .....	44
Tabela 3.5: Descrição do caso de uso <i>Montar LO/LA</i> .....	45
Tabela 3.6: Descrição do caso de uso <i>Manter ReCEITA</i> .....	45
Tabela 3.7: Descrição do caso de uso <i>Materializar LO/LA</i> .....	45
Tabela 3.8: Descrição do caso de uso <i>Acessar Recursos do Sistema</i> .....	46
Tabela 3.9: Descrição do caso de uso <i>Interagir com Outro Participante</i> .....	46
Tabela 3.10: Descrição do caso de uso <i>Interagir com OURO</i> .....	46
Tabela 3.11: Descrição do caso de uso <i>Manter OURO</i> .....	47
Tabela 6.1: Comparação com a abordagem de Merrill et al. ....	82
Tabela 6.2: Uma taxonomia de mapas conceituais (Wiig & Wiig, 1999) .....	83
Tabela 6.3: Resumo esquemático de trabalhos relacionados .....	86

## Abreviaturas e Siglas

ADDIE	Processos relacionados ao desenvolvimento de sistemas instrucionais: Análise, Projeto, Desenvolvimento, Implementação e Avaliação - <i>Analysis, Design, Development, Implementation and Evaluation</i>
ADL	Iniciativa da Secretaria de Defesa dos EUA no sentido de estabelecer um ambiente distribuído de aprendizagem - <i>Advanced Distributed Learning</i>
CMSs	Sistemas de Gerência de Conteúdo - <i>Content Management Systems</i>
DL	Formalismo para representação de conhecimento baseado em lógica - <i>Description Logics</i>
DM	Armazém departamental de dados - <i>Data Mart</i>
DW	Armazém corporativo de dados - <i>Data Warehouse</i>
DWing	O processo de desenvolver DWs
EBW	Educação Baseada na Web
EduCO	Modelo proposto para conteúdos educacionais, descrito como ontologia - <i>Educational Content Ontology</i>
EML	Linguagem de Modelagem Educacional proposta pela <i>Open University of the Netherlands</i> - <i>Educational Modelling Language</i>
IBW	Instrução Baseada na Web
ISD	Projeto de Sistema Instrucional - <i>Instructional System Design</i>
LA	Atividades de Aprendizagem - <i>Learning Activities</i>
LCMSs	Sistemas de Gerência de Conteúdo de Aprendizagem - <i>Learning Content Management Systems</i>
LMSs	Sistemas de Gerência da Aprendizagem - <i>Learning Management Systems</i>
LOM	Padrão de metadados proposto pelo IEEE para descrição de LOs - <i>Learning Objects Metadata</i>
LOs	Objetos de Aprendizagem - <i>Learning Objects</i>
LTSA	Arquitetura para sistemas de tecnologia de aprendizagem definida pela IEEE LTSC - <i>Learning Technology Systems Architecture</i>
LTSC	Comitê do IEEE responsável pela padronização da tecnologia de aprendizagem - <i>Learning Technology Standards Committee</i>
MMD	Modelagem MultiDimensional
ODS	Armazém de dados operacionais - <i>Operational Data Store</i>
OLAP	Processamento Analítico Online - <i>OnLine Analytical Processing</i>
OLTP	Processamento Transacional Online - <i>OnLine Transaction Processing</i>
OURO	Organização e Uso Referente ao Objetivo
OWL	Linguagem para definição/especificação de ontologias para a Web - <i>Web Ontology Language</i>
ReCEITA	Repositório dos Componentes Estruturais de Instrução, Treinamento e Aprendizagem

ReI	Repositório de Informação
TecBD	Laboratório de Tecnologia em Banco de Dados do Departamento de Informática da PUC-Rio
UML	Especificação da OMG para modelagem de estrutura, comportamento e arquitetura de aplicações, bem como processos de negócios e estrutura de dados - <i>Unified Modeling Language</i>
URI	Identificador uniforme de recurso - <i>Uniform Resource Identifier</i>
Web	<i>World Wide Web</i>