



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de São José do Rio Preto

Bernarda Cecibel Sandoval Romo

**SISTEMA MULTIAGENTE WEB SEMÂNTICO PARA
GESTÃO DE CONTEÚDOS EDUCACIONAIS**

São José do Rio Preto - SP
2013

Bernarda Cecibel Sandoval Romo

SISTEMA MULTIAGENTE WEB SEMÂNTICO PARA
GESTÃO DE CONTEÚDOS EDUCACIONAIS

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação junto ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, Área de Concentração - Matemática e Inteligência Computacional, do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto.

Orientador: Prof. Dr. Ivan Rizzo Guilherme

São José do Rio Preto - SP
2013

Sandoval Romo, Bernarda Cecibel

Sistema multiagente web semântico para gestão de conteúdos educacionais / Bernarda Cecibel Sandoval Romo. -- São José do Rio Preto, 2013

151 f. : il.

Orientador: Ivan Rizzo Guilherme

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas

1. Computação - Matemática. 2. Web semântica. 3. Ontologias (Recuperação da informação) 4. Sistemas multiagentes. 5. Objetos de aprendizagem. I. Guilherme, Ivan Rizzo. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas. III. Título.

CDU – 518.72

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do IBILCE
UNESP - Campus de São José do Rio Preto

Bernarda Cecibel Sandoval Romo

SISTEMA MULTIAGENTE WEB SEMÂNTICO PARA
GESTÃO DE CONTEÚDOS EDUCACIONAIS

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação, junto ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, Área de Concentração - Matemática e Inteligência Computacional, do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Ivan Rizzo Guilherme
IGCE-UNESP – Rio Claro
Orientador

Profa. Dra. Hilda Carvalho de Oliveira
IGCE-UNESP – Rio Claro

Prof. Dr. Seiji Isotani
ICMC-USP – São Carlos

São José do Rio Preto - SP
2013

DEDICATORIA

Dedico esta dissertação aos meus filhos, Omar e Nicole, o melhor presente que a vida e Deus me deram.

AGRADECIMENTOS

Ao longo destes dois anos e meio da minha estadia no Brasil e do desenvolvimento do trabalho de mestrado, tive a oportunidade de contar com o apoio de diversas pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para o presente documento.

Em primeiro lugar, agradeço ao CNPq por financiar esta pesquisa e aos Professores Dr. Nilceu Marana, Coordenador do Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação, e ao Dr Ivan Rizzo Guilherme meu orientador, pela confiança depositada na minha pessoa e pela oportunidade de realizar um sonho pessoal e profissional, meu mestrado no Brasil.

Ao Professor Ivan pela sua disponibilidade e dedicação, pela paciência, pelas valiosas opiniões e sugestões sobre a organização e desenvolvimento deste trabalho, pela amizade e o apoio oferecido em questões pessoais e profissionais.

À Professora Dra. Hilda Carvalho de Oliveira e ao Professor Dr. Seiji Isotani, membros da comissão examinadora pela sua disposição e as importantes sugestões para o enriquecimento deste trabalho.

À Professora Dra. Rosa Vicari por ter disponibilizado os arquivos da ontologia do padrão de metadados OBAA e sua disposição para o esclarecimento de dúvidas.

Ao Jonas Queiroz, colega do mestrado e do laboratório de pesquisa, pela sua disponibilidade, por compartilhar seus conhecimentos, pelas inúmeras sugestões e contribuições para o desenvolvimento deste trabalho, pelo constante incentivo, pela paciência, pelo apoio e companhia nas longas horas de trabalho, pelas correções na gramática e ortográfica do texto deste trabalho, pelos momentos de convívio, e por outros muitos motivos que neste momento escapam da minha mente.

À Andréa Manaresi Guilherme, esposa do meu orientador, pela acolhida no seu seio familiar e a amizade sincera oferecida, pela alegria compartilhada e os inúmeros papos sobre a criança dos filhos.

Ao povo brasileiro por me acolher durante este tempo e aos amigos brasileiros e estrangeiros que fiz em Bauru e Rio Claro pela compreensão, pela torcida, pelos papos, pelas risadas e por todas as coisas compartilhadas.

Ao Javier pela cumplicidade e parceria, pela força, pela torcida, pelo eterno incentivo bem como pela abnegação, responsabilidade, paciência disposição e amor na criação e cuidado dos nossos filhos, ainda mais durante minha ausência. Você é um ser humano extraordinário, sem sua ajuda, isto não tivesse dado certo.

Aos meus pais, Miguel e María Luisa, pelo amor incondicional, pela eterna torcida, pelo exemplo de vida, dedicação e esforço. Obrigada pelo incentivo e por estar sempre ao meu lado nos bons momentos e ainda mais nos piores.

Aos meus filhos, Omar e Nicole, pelo carinho, pelo amor e pela torcida. Obrigada filhos, por compreender que para cumprir com este objetivo a mãe precisava estar longe de casa um tempo.

A todos, meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

A utilização da Web como plataforma para a educação a distância (*e-learning*) tem sido uma das grandes alternativas para a educação em sala de aula tradicional. Embora esses sistemas sejam amplamente utilizados, existem limitações quanto à dificuldade de busca, integração e reuso dos objetos de aprendizagem (OAs). A incorporação das tecnologias da Web Semântica, ontologias e agentes inteligentes nos sistemas educacionais baseados na Web, permitem aprimorar os processos de adaptação e de interoperabilidade dos ambientes educacionais, principalmente na recuperação e na recomendação de OAs. As ontologias são utilizadas para a integração e o compartilhamento de recursos, enquanto a tecnologia de agentes inteligentes é utilizada para o desenvolvimento de componentes autônomos, flexíveis e interativos, permitindo um melhor gerenciamento, controle e integração das atividades envolvidas. Assim, o objetivo deste trabalho foi propor uma arquitetura multiagente para servir como modelo de referência para o desenvolvimento de sistemas Web semânticos para a gestão de conteúdos educacionais. Um levantamento bibliográfico foi realizado para definir os principais requisitos desta arquitetura. Um conjunto de agentes foi identificado e especificado, utilizando uma metodologia de desenvolvimento de software orientada a agentes. Os agentes foram definidos para a automação das atividades relacionadas à gestão de conteúdos educacionais, tais como a autoria de metadados de OAs e de cursos, a busca e a anotação semântica de OAs. Um conjunto de ontologias foi especificado para a anotação semântica dos OAs e dos cursos, com o objetivo de descrever o conhecimento da aplicação e integrar OAs descritos por padrões de metadados heterogêneos, recuperados de diferentes repositórios. O conhecimento mantido nessas ontologias auxilia os professores nas atividades de autoria de metadados de OAs, na construção e na atualização de seus cursos. Utilizando a arquitetura proposta foi desenvolvido um protótipo para anotar e integrar OAs para a disciplina de Matemática do nono ano do Ensino Fundamental Final, disponíveis em um repositório de matérias de aprendizagem. Nos testes realizados no protótipo foi possível validar alguns aspectos da arquitetura e das ontologias propostas.

Palavras-chave: Sistemas Web Semânticos. Ontologias. Sistema Multiagente. Objetos de Aprendizagem.

ABSTRACT

The use of the Web as a platform for distance education (e-learning), has been one of the great alternatives for education in traditional classrooms. Although these systems are widely used, there are limitations related to the difficulty of search, integration and reuse of learning objects (LOs). The integration of Semantic Web, ontologies and intelligent agents technologies in Web-based educational systems, improve the adaptation and interoperability processes of educational environments, especially in the recovery and recommendation of LOs. Ontologies are used for the integration and sharing of resources, while the intelligent agent technology is used for the development of autonomous, flexible and interactive components, allowing better management, control and integration of the involved activities. The objective of this work was to propose a multi-agent architecture to serve as a reference model for the development of Semantic Web systems for management of educational content. A literature review was conducted to define the main requirements of this architecture. Using an agent-oriented software development methodology a set of agents was identified and specified. The agents were defined in order to automate the activities related to management of educational content such as the authoring of LOs metadata and courses, search and semantic annotation of LOs. A set of ontologies was specified for the semantic annotation of LOs and courses, in order to describe the application knowledge and to integrate LOs described by heterogeneous metadata standards, retrieved from different repositories. The knowledge held in these ontologies assists teachers in the activities of authoring of LOs metadata, construction and update their courses. Using the proposed architecture a prototype was developed to annotate and integrate LOs of Mathematics discipline for ninth year of elementary school. The LOs used for tests were available in a LOs repository. The prototype was tested in order to validate some aspects of the proposed architecture and ontologies.

Keywords: *Semantic Web Systems. Ontologies. Multi-Agent System. Learning Objects.*

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - ARQUITETURA WEB SEMÂNTICA.....	22
FIGURA 2 - GRAFO DE UM MODELO DE DADOS RDF.....	24
FIGURA 3 - EXEMPLO DA SINTAXE RDF.....	26
FIGURA 4 - EXEMPLO CONSULTA EM SPARQL.....	26
FIGURA 5 - ONTOLOGIA DE UM AMBIENTE EDUCACIONAL.....	28
FIGURA 6 - REPRESENTAÇÃO DE UM AGENTE INTERAGINDO COM O AMBIENTE.....	29
FIGURA 7 - MODELO DE REFERÊNCIA PARA PLATAFORMAS DE AGENTES.....	34
FIGURA 8 - ORGANIZAÇÃO GERAL DA INFRAESTRUTURA MILOS.....	42
FIGURA 9 - ARQUITETURA SISTEMA AGCAT.....	43
FIGURA 10 - ARQUITETURA BROADWS.....	45
FIGURA 11 - ARQUITETURA GERAL PROPOSTA PARA O DESENVOLVIMENTO DE SWSGC.....	55
FIGURA 12 - RECURSOS EXTERNOS E SEUS PROTOCOLOS DE ACESSO.....	57
FIGURA 13 - DIAGRAMA DE OBJETIVO DO PAPEL GERENCIADOR DE INTERFACE COM O USUÁRIO.....	62
FIGURA 14 - DIAGRAMA DE OBJETIVO DO PAPEL GERENCIADOR DE RECURSO.....	64
FIGURA 15 - DIAGRAMA DE OBJETIVO DO PAPEL GERENCIADOR DE CONHECIMENTO.....	66
FIGURA 16 - DIAGRAMA DE OBJETIVO DO PAPEL AUTORIA DE METADADOS OAS.....	67
FIGURA 17 - DIAGRAMA DE OBJETIVO DO PAPEL ANOTADOR.....	69
FIGURA 18 - DIAGRAMA DE OBJETIVO DO PAPEL AUTORIA DE CURSO.....	71
FIGURA 19 - DIAGRAMA DE OBJETIVO DO PAPEL BUSCADOR.....	73
FIGURA 20 - ORGANIZAÇÃO GERAL DO SMA.....	74
FIGURA 21 - DIAGRAMA DE ATORES - ORGANIZAÇÃO SOCIAL DO SMA.....	76
FIGURA 22 - DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA - INICIALIZAÇÃO DO SMA.....	79
FIGURA 23 - DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA - ANOTAÇÃO SEMÂNTICA DE OAS.....	80
FIGURA 24 - DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA - ANOTAÇÃO SEMÂNTICA DE OAS DE NOVOS DOMÍNIOS.....	82
FIGURA 25 - DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA - ATUALIZAR A ANOTAÇÃO SEMÂNTICA DE OAS.....	83
FIGURA 26 - DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA - BUSCA SEMÂNTICA DE OAS.....	84
FIGURA 27 - DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA - BUSCA SINTÁTICA DE OAS.....	85
FIGURA 28 - DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA - AUTORIA DE CURSOS.....	87
FIGURA 29 - DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA - AUTORIA DE METADADOS DE OAS DE FORMA MANUAL.....	89
FIGURA 30 - DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA - AUTORIA DE METADADOS DE OAS DE FORMA SEMI-AUTOMÁTICA.....	91
FIGURA 31 - RELACIONAMENTO ENTRE AS ONTOLOGIAS DEFINIDAS PARA SWSGC.....	93
FIGURA 32 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA ONTOLOGIA DE MATERIAIS DE APRENDIZAGEM.....	95
FIGURA 33 - ATRIBUTOS E RELAÇÕES DE AGREGAÇÃO NA ONTOLOGIA DE MATERIAIS DE APRENDIZAGEM.....	97
FIGURA 34 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA ONTOLOGIA DE ORIENTAÇÕES CURRICULARES.....	99

FIGURA 35 - ATRIBUTOS E RELAÇÕES DA ONTOLOGIA DE ORIENTAÇÕES CURRICULARES.	100
FIGURA 36 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DE UMA PARTE DA ONTOLOGIA DE DOMÍNIO EM MATEMÁTICA.....	102
FIGURA 37 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA ONTOLOGIA DE PADRÃO DE METADADOS OBAA.	104
FIGURA 38 - RELACIONAMENTO DA ONTOLOGIA DE PADRÃO DE METADADOS COM A ONTOLOGIA DE DOMÍNIO.....	105
FIGURA 39 - RELACIONAMENTO DA ONTOLOGIA DE MATERIAIS DE APRENDIZAGEM COM A ONTOLOGIA DE DOMÍNIO.....	105
FIGURA 40 - RELACIONAMENTO DA ONTOLOGIA DE MATERIAIS DE APRENDIZAGEM COM A ONTOLOGIA DE PADRÃO DE METADADOS.	106
FIGURA 41 - RELACIONAMENTO DA ONTOLOGIA DE ORIENTAÇÕES CURRICULARES COM A ONTOLOGIA DE MATERIAIS DE APRENDIZAGEM.....	107
FIGURA 42 - EXEMPLO DE SUPERCLASSES E SUBCLASSE DA ONTOLOGIA DE DOMÍNIO EM MATEMÁTICA.....	121
FIGURA 43 - INTERFACE DE AUTORIA DE CURSOS - SELEÇÃO DE CONTEÚDO EDUCACIONAL.	124
FIGURA 44 - RELAÇÃO DE CONTEÚDOS EDUCACIONAIS COM OS CONCEITOS DO DOMÍNIO.	125
FIGURA 45 - OAs RECUPERADOS DO CATÁLOGO LOCAL.	126
FIGURA 46 - INTERFACE PRINCIPAL DE AUTORIA DE METADADOS DE OAs.	127
FIGURA 47 - METADADOS EDUCACIONAIS DE UM OA SOBRE EQUAÇÕES DE 2 GRAU INCOMPLETAS.	128
FIGURA 48 - RESULTADO DA BUSCA POR MATERIAL DO CURSO PARA O CONTEÚDO FÓRMULA DE BHASKARA.	129

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - RELAÇÃO ENTRE OS ASPECTOS IDENTIFICADOS E OS TRABALHOS ANALISADOS.....	53
QUADRO 2 - CLASSES, ATRIBUTOS E RELAÇÕES DA ONTOLOGIA DE MATERIAIS DE APRENDIZAGEM.....	96
QUADRO 3- EXEMPLO DE INDIVÍDUOS INSTANCIADOS NA ONTOLOGIA DE MATERIAIS DE APRENDIZAGEM.	97
QUADRO 4 - CLASSES, ATRIBUTOS E RELAÇÕES NÃO HIERÁRQUICAS DA ONTOLOGIA DE ORIENTAÇÕES CURRICULARES.....	99
QUADRO 5 - EXEMPLO DE UMA ORIENTAÇÃO CURRICULAR.	101
QUADRO 6 - PROPRIEDADES DE RELACIONAMENTO ENTRE ONTOLOGIAS E SUAS PROPRIEDADES INVERSAS.....	107
QUADRO 7 - MAPEAMENTO ENTRE O OBAA E A ONTOLOGIA DE MATERIAIS DE APRENDIZAGEM.....	109
QUADRO 8 - MAPEAMENTO ENTRE O OBAA E A ONTOLOGIA DE ORIENTAÇÕES CURRICULARES.	109
QUADRO 9 - EXEMPLO DE METADADOS INFERIDOS PARA UM OA SOBRE EQUAÇÕES DE 2º GRAU.	110
QUADRO 10 - METADADOS OBAA <i>LITE</i> E FORMA DE PREENCHIMENTO EM UM SWSGC.	110
QUADRO 11 - MAPEAMENTO ENTRE O PADRÃO DE METADADOS DCMII E O PADRÃO DE METADADOS OBAA.	111
QUADRO 12 - MAPEAMENTO DA BASE DE DADOS DA EDUCOPÉDIA PARA O PADRÃO OBAA.....	115
QUADRO 13 - VALORES DE METADADOS PARA O MAPEAMENTO DOS MATERIAIS DE APRENDIZAGEM RECUPERADOS DA EDUCOPÉDIA.....	115
QUADRO 14 - RELAÇÃO DOS PRINCIPAIS ASPECTOS E FUNCIONALIDADES TRATADOS PELAS ABORDAGENS ESTUDADAS E A ARQUITETURA MULTIAGENTE PROPOSTA.....	132

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACL	<i>Agent Communication Language</i>
ADF	<i>Agent Definition File</i>
ADL	<i>Advanced Distributed Learning</i>
AFM	<i>Activity First Method</i>
AJAX	<i>Asynchronous Javascript and XML</i>
AMS	<i>Agent Management System</i>
API	<i>Application Programming Interface</i>
BDI	<i>Belief-Desire-Intention</i>
BIOE	Banco Internacional de Objetos Educacionais
BROAD	Busca e Recuperação de Objetos de Aprendizagem a Distância
BROADWS	<i>BROAD Web Service</i>
CESTA	Coletânea de Entidades de Suporte ao uso de Tecnologia na Aprendizagem
DCMES	<i>Dublin Core Metadata Element Set</i>
DCMI	<i>Dublin Core Metadata Initiative</i>
DF	<i>Directory Facilitator</i>
DL	<i>Description Logic</i>
DTD	<i>Document Type Definitions</i>
EAD	Ambientes de Educação a Distância
FEB	Federação Educa Brasil
FIPA	<i>Foundation for Intelligent Physical Agents</i>
HTML	<i>HyperText Markup Language</i>
HTTP	<i>Hipertext Transfer Protocol</i>
IEEE-LTSC	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers – Learning Technology Standards Committee</i>
IMS	<i>Instructional Management Systems</i>
LCMS	<i>Learning Content Management System</i>
LDAP	<i>Lightweight Directory Access Protocol</i>
LOM	<i>Learning Objects Metadata</i>
MEC	Ministério da Educação
MILOS	<i>Multiagent Infrastructure for Learning Object Support</i>
MTS	<i>Message Transport Service</i>

OA	Objeto de Aprendizagem
OAI-PMH	<i>Open Archives Initiative Protocol for Metadata Harvesting</i>
OBAAs	Objetos de Aprendizagem Baseados em Agentes
OWL	<i>Web Ontology Language</i>
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
RDF	<i>Resource Description Framework</i>
RDFS	<i>RDF Schema</i>
REST	<i>Representational State Transfer</i>
RIF	<i>Rule Interchange Format</i>
RIVED	Rede Interativa Virtual de Educação
RNP	Rede Nacional de Ensino e Pesquisa
SCORM	<i>Sharable Content Object Reference Model</i>
SMA	Sistema Multiagente
SOAP	<i>Simple Object Access Protocol</i>
SPARQL	<i>SPARQL Protocol and RDF Query Language</i>
SQL	<i>Structured Query Language</i>
SROA	Sistema de Reutilização de Objetos de Aprendizagem
STI	Sistemas Tutores Inteligentes
SWBES	<i>Semantic Web-Based Educational System</i>
SWSGC	Sistemas Web Semânticos para a Gestão de Conteúdos Educacionais
TAOM4E	<i>Tool for Agent Oriented Modeling for the Eclipse</i>
TOVE	<i>Toronto Virtual Enterprise</i>
Turtle	<i>Terse RDF Triple Language</i>
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UML	<i>Unified Modeling Language</i>
URI	<i>Uniform Resource Identifier</i>
URL	<i>Universal Resource Locator</i>
W3C	<i>World Wide Web Consortium</i>
WSDL	<i>Web Services Description Language</i>
XML	<i>eXtensible Markup Language</i>

SUMARIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	CONTEXTO E MOTIVAÇÃO	18
1.2	OBJETIVOS	19
1.3	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	20
2	FUNDAMENTOS CONCEITUAIS.....	21
2.1	WEB SEMÂNTICA	21
2.1.1	<i>URI e Unicode</i>	22
2.1.2	<i>XML</i>	23
2.1.3	<i>RDF</i>	23
2.1.4	<i>RDF Schema</i>	24
2.1.5	<i>OWL</i>	25
2.1.6	<i>SPARQL</i>	25
2.2	ONTOLOGIA	26
2.3	ABORDAGEM MULTIAGENTE	28
2.3.1	<i>Agentes de software</i>	29
2.3.2	<i>Sistemas Multiagentes</i>	31
2.3.3	<i>Metodologias de desenvolvimento de SMA</i>	32
2.3.4	<i>Frameworks e plataformas para o desenvolvimento de agentes</i>	33
2.4	AMBIENTES EDUCACIONAIS	34
2.4.1	<i>Objetos de Aprendizagem</i>	35
2.4.2	<i>Padrões de Metadados</i>	36
2.4.3	<i>Repositórios de Objetos de Aprendizagem</i>	39
3	TRABALHOS RELACIONADOS	41
3.1	REVISÃO DOS TRABALHOS RELACIONADOS	41
3.1.1	<i>Infraestrutura MILOS</i>	41
3.1.2	<i>Sistema AgCat</i>	43
3.1.3	<i>AutoEduMat</i>	44
3.1.4	<i>Projeto BROAD</i>	44
3.1.5	<i>Sistema multiagente para indexação e recuperação de objetos de aprendizagem</i>	46
3.1.6	<i>SROA: Sistema de Reutilização de Objetos de Aprendizagem</i>	47
3.1.7	<i>Outros trabalhos relacionados</i>	47
3.2	SÍNTESE DOS TRABALHOS RELACIONADOS	48
4	ARQUITETURA MULTIAGENTE PARA SWSGC.....	54
4.1	DESCRIÇÃO GERAL DA ARQUITETURA	54

4.1.1	<i>Camada de Recursos</i>	56
4.1.2	<i>Camada Sistema Multiagente</i>	59
4.1.3	<i>Camada de Aplicação</i>	60
4.2	ORGANIZAÇÃO ARQUITETURAL DOS AGENTES DA CAMADA SISTEMA MULTIAGENTE	60
4.2.1	<i>Especificação dos papéis dos agentes</i>	60
4.2.2	<i>Organização social do SMA</i>	74
4.3	ESPECIFICAÇÃO DOS CENÁRIOS	76
4.3.1	<i>Inicialização do SMA</i>	77
4.3.2	<i>Anotação semântica de OAs</i>	78
4.3.3	<i>Anotação semântica de OAs de novos domínios</i>	80
4.3.4	<i>Atualizar a anotação semântica de OAs</i>	81
4.3.5	<i>Busca semântica de OAs</i>	82
4.3.6	<i>Busca sintática de OAs</i>	84
4.3.7	<i>Autoria de cursos</i>	85
4.3.8	<i>Autoria de metadados de OAs de forma manual</i>	87
4.3.9	<i>Autoria de metadados de OAs de forma semi-automática</i>	89
5	ONTOLOGIAS PARA A GESTÃO DE CONTEÚDOS EDUCACIONAIS	92
5.1	DESCRIÇÃO GERAL DAS ONTOLOGIAS	92
5.2	ONTOLOGIA DE MATERIAIS DE APRENDIZAGEM	94
5.3	ONTOLOGIA DE ORIENTAÇÕES CURRICULARES	98
5.4	ONTOLOGIA DE DOMÍNIO	101
5.5	ONTOLOGIA DE PADRÃO DE METADADOS	102
5.6	RELACIONAMENTOS ENTRE ONTOLOGIAS.....	103
5.6.1	<i>Relações da ontologia de Domínio</i>	104
5.6.2	<i>Relações da ontologia de Materiais de Aprendizagem</i>	106
5.6.3	<i>Relações da ontologia de Orientações Curriculares</i>	106
5.7	INTEGRAÇÃO E ANOTAÇÃO DE OAs UTILIZANDO A ONTOLOGIA DE PADRÃO DE METADADOS	108
5.7.1	<i>Sugestão de valores de elementos de padrões de metadados educacionais</i>	108
5.7.2	<i>Mapeamento de padrões de metadados</i>	111
6	DESENVOLVIMENTO DE UM SWSGC	113
6.1	SWSGC PARA O ENSINO DE MATEMÁTICA	113
6.2	CAMADA DE RECURSOS	114
6.2.1	<i>Base de Dados</i>	114
6.2.2	<i>Repositório Externo</i>	114
6.2.3	<i>Repositório Semântico</i>	116
6.3	CAMADA SISTEMA MULTIAGENTE.....	116

6.3.1	<i>Agente Gerenciador de Interface com o usuário</i>	118
6.3.2	<i>Agente Gerenciador de Recurso</i>	118
6.3.3	<i>Agente Gerenciador de Conhecimento</i>	118
6.3.4	<i>Agente Autoria de metadados de OAs</i>	119
6.3.5	<i>Agente Anotador</i>	119
6.3.6	<i>Agente Autoria de Curso</i>	120
6.3.7	<i>Agente Buscador</i>	120
6.4	CAMADA DE APLICAÇÃO	121
6.5	FUNCIONAMENTO DO PROTÓTIPO	122
6.5.1	<i>Autoria de Cursos</i>	123
6.5.2	<i>Autoria de metadados de OAs</i>	126
6.5.3	<i>Busca de OAs</i>	128
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS	130
7.1	PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES	131
7.2	TRABALHOS FUTUROS	133
	REFERÊNCIAS	134
	APÊNDICE A – CÓDIGO OWL DA ONTOLOGIA DE MATERIAIS DE APRENDIZAGEM	140
	APÊNDICE B – CÓDIGO OWL DA ONTOLOGIA DE ORIENTAÇÕES CURRICULARES	145

1 INTRODUÇÃO

A Web introduziu uma nova dimensão para os ambientes educacionais caracterizada pelo uso das tecnologias da informação e da comunicação para o processo de ensino e aprendizagem. Nesta nova dimensão, denominada *e-learning* (ANIDO et al., 2002), o processo de ensino-aprendizagem consiste em um modelo de educação à distância, que oferece liberdade para a escolha do local e do horário de estudo, assim eliminando as barreiras temporais e geográficas que existem nos modelos tradicionais de educação. Os ambientes de *e-learning* incentivam a autoaprendizagem, através de conteúdos educacionais interativos. Além disso, os sistemas de *e-learning* possibilitam formar comunidades virtuais de aprendizagem, ampliar e flexibilizar o acesso e o compartilhamento dos conteúdos educacionais, assim como a comunicação e a interação entre professores e alunos (GONÇALVES, 2007).

Embora esses sistemas sejam amplamente utilizados, existem limitações quanto à busca, a integração e o reuso dos Objetos de Aprendizagem (OAs). As buscas por OAs ainda são baseadas em palavras-chaves desprovidas de significado e de contexto. Por outro lado, a heterogeneidade dos padrões de metadados utilizados para descrição dos OAs dificulta a sua integração e seu reuso. Isso tudo pode dificultar as atividades dos professores na criação de OAs e na construção e na atualização de seus cursos, e podem produzir sérios impactos na correta adequação dos OAs a serem apresentados aos alunos.

Neste sentido, para solução desses problemas as tecnologias da Web Semântica têm sido aplicadas nos ambientes educacionais baseados na Web, a fim de aprimorar os processos de adaptação e interoperabilidade desses ambientes, principalmente relacionados à recuperação e à recomendação de OAs. A Web Semântica (*Semantic Web*) (BERNERS-LEE; HENDLER; LASSILA, 2001) estabelece tecnologias para prover uma infraestrutura de dados e de conhecimento, cujo propósito principal é a integração, o intercâmbio e o processamento do conteúdo na Web, tanto por humanos como pelas máquinas. Para isso, são usados metadados para estruturar a informação dos recursos e das ontologias para a representação explícita da semântica dos conceitos de um domínio.

Nos sistemas educacionais baseados na Web Semântica, as ontologias fornecem um vocabulário comum para a representação do conhecimento envolvido na aplicação e são utilizadas para anotar os OAs semanticamente, a fim de garantir a integração e o compartilhamento desses recursos. Nesses sistemas, a abordagem de sistemas multiagentes é utilizada para o desenvolvimento de componentes autônomos, flexíveis e interativos. Nesta abordagem, os agentes são os componentes ativos do sistema, que têm a capacidade de manipular e raciocinar sobre o conhecimento armazenado nas ontologias, a fim de automatizar o gerenciamento, a integração e o controle das atividades de gestão dos conteúdos educacionais.

Nesse contexto, neste trabalho é proposta uma arquitetura multiagente para o desenvolvimento de Sistemas Web Semânticos para a Gestão de Conteúdos Educacionais (SWSGC). A arquitetura proposta especifica uma infraestrutura, utilizando as tecnologias da Web Semântica, ontologias e agentes inteligentes, tendo como objetivo aprimorar os processos da busca, da integração e do reuso de OAs, recuperados de repositórios heterogêneos. A utilização das ontologias e dos agentes inteligentes permite o desenvolvimento de aplicações mais flexíveis, escaláveis, distribuídas e abertas. A autonomia apresentada pelos agentes permite um melhor gerenciamento, controle e integração dos diversos componentes envolvidos nesses ambientes.

A arquitetura foi definida e especificada a partir do estudo e da análise de um conjunto de trabalhos relacionados, onde foram levantados os principais requisitos e os aspectos associados às atividades da gestão de conteúdos educacionais. A arquitetura proposta foi desenvolvida com base nos requisitos identificados e utilizando uma metodologia de desenvolvimento de software orientada a agentes. Nessa arquitetura, um conjunto de ontologias e agentes inteligentes foi especificada para a automação das atividades relacionadas à busca, a integração e a anotação semântica de OAs, descritos por padrões de metadados heterogêneos, recuperados de diferentes repositórios, e também para dar suporte às atividades de autoria de metadados de OAs e dos cursos.

Ao final desse trabalho é apresentado um protótipo, desenvolvido seguindo a arquitetura proposta, para integrar e anotar OAs, e auxiliar os professores na construção de cursos. Com esse protótipo alguns testes foram realizados utilizando um repositório de materiais de aprendizagem, onde foi possível validar alguns dos aspectos da arquitetura e das ontologias propostas.

1.1 Contexto e Motivação

A evolução dos sistemas de *e-learning* no contexto da Web Semântica são denominados *Semantic Web-based Educational Systems* (SWBES) (BITTENCOURT et al., 2008). Os SWBES permitem a criação de funcionalidades que auxiliam os alunos e os professores a encontrarem materiais mais relevantes e reaproveitar conteúdos dos cursos de diferentes sistemas de educação na Web.

Algumas soluções SWBES têm sido apresentadas com foco na integração, na busca e no reuso de OAs. No entanto, não há ênfase para soluções que integrem essas funcionalidades no desenvolvimento de sistemas para a criação e a gestão de conteúdos educacionais. Além disso, mesmo nas soluções que utilizam padrões de metadados, agentes e ontologias, para a automação das atividades, reaproveitamento e busca de conteúdos educacionais, ainda existem limitações relacionadas à integração e ao reuso de OAs de repositórios heterogêneos, e a recuperação de OAs de forma mais eficiente.

O desenvolvimento de sistemas para a gestão de conteúdos educacionais é fundamental para auxiliar as atividades do professor na criação e na atualização de cursos. Também oferecem aos alunos acesso a materiais de acordo com seus interesses, permitindo complementar os conhecimentos adquiridos sobre um tema. Esses sistemas devem oferecer ferramentas e mecanismos para integrar as atividades de autoria de cursos, de autoria de metadados de OAs e anotação semântica de OAs, assim como para integração e a busca semântica de OAs.

Assim, para o desenvolvimento de sistemas para a gestão de conteúdos educacionais são necessárias arquiteturas de software que suportem a integração de OAs e a automação das atividades de gestão de conteúdos educacionais. Neste contexto, a tecnologia de agentes inteligentes dá suporte para o desenvolvimento de componentes autônomos, flexíveis e interativos que trabalham em conjunto e compartilham conhecimento para cumprir seus planos e seus objetivos. Já as ontologias são utilizadas para: descrever o conteúdo dos OAs; estruturar os conteúdos educacionais; orientar o processo de ensino-aprendizagem; e, anotar os OAs e os conteúdos educacionais de acordo com os domínios de ensino.

1.2 Objetivos

O principal objetivo deste trabalho é especificar uma arquitetura multiagente de referência para o desenvolvimento de SWSGC. Essa arquitetura utiliza as tecnologias de agentes inteligentes e ontologias, com a finalidade de tratar as limitações relacionadas à integração, a anotação e o reuso de OAs. Assim, essa arquitetura especifica uma infraestrutura para o desenvolvimento de aplicações que suportem e apoiem os usuários nas atividades de busca semântica, na autoria de metadados de OAs e na autoria de cursos.

Para alcançar esse objetivo, realizar um estudo bibliográfico a fim de identificar em um conjunto de trabalhos relacionados, as funcionalidades requeridas para a gestão de conteúdos educacionais. Nesses trabalhos são identificados os principais requisitos e os aspectos relacionados à utilização de padrões de metadados, das tecnologias da Web Semântica, das ontologias e dos agentes inteligentes, para a gestão de conteúdos educacionais. Esses requisitos e os aspectos identificados são utilizados como base para a definição e especificação dos agentes inteligentes e das ontologias, assim como a infraestrutura que fundamenta a arquitetura proposta.

Especificar um modelo de ontologias que apoie a automação das atividades relacionadas à gestão de conteúdos educacionais. Essas ontologias devem permitir a anotação semântica dos OAs e dos cursos, e integrar OAs descritos por padrões de metadados heterogêneos, recuperados de diferentes repositórios. E também dar suporte às atividades de autoria de metadados de OAs e de cursos.

Especificar um conjunto de agentes, seus comportamentos e sua organização, responsáveis pela automação das atividades relacionadas à gestão de conteúdos educacionais tais como: a autoria de metadados de OAs; a autoria de curso; e, a busca e a anotação semântica de OAs.

Ao final, baseado na arquitetura proposta, desenvolver um protótipo de um SWSGC para integrar e anotar OAs para a disciplina de Matemática do nono ano do Ensino Fundamental Final. Com o protótipo realizar alguns testes, utilizando um repositório de materiais de aprendizagem, para validar alguns dos aspectos da arquitetura e das ontologias propostas.

1.3 Organização do trabalho

No Capítulo 2 é apresentada uma visão geral dos conceitos envolvidos no desenvolvimento do trabalho, como Web Semântica, ontologias, abordagem de sistemas multiagentes e ambientes educacionais. No Capítulo 3 é apresentado um levantamento bibliográfico, onde, em um conjunto de trabalhos correlatos, foram identificados aspectos relacionados ao uso de ontologias, dos agentes inteligentes, e dos padrões de metadados na gestão de conteúdos educacionais. No Capítulo 4 é apresentada a especificação da arquitetura multiagente proposta para o desenvolvimento de SWSGC. Essa arquitetura é definida utilizando uma metodologia de desenvolvimento de software orientada a agentes para a especificação das funcionalidades, dos comportamentos e da organização dos agentes. No Capítulo 5 é apresentada a definição das ontologias requeridas para apoiar as atividades definidas nos SWSGC. No Capítulo 6 é apresentado o protótipo desenvolvido para o estudo de caso. No Capítulo 7 são apresentadas as considerações finais, as contribuições e os trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTOS CONCEITUAIS

Neste capítulo são apresentados os principais aspectos conceituais e as tecnologias que fundamentam o trabalho de pesquisa desenvolvido nesta dissertação. Os principais aspectos conceituais usados para atingir os objetivos desta dissertação são: a Web Semântica, as ontologias, a abordagem multiagente e os ambientes educacionais.

2.1 Web Semântica

A grande quantidade de documentos não estruturados¹ disponíveis na Web e os sistemas de busca baseados em palavras chaves desprovidas de significado têm, frequentemente, dificultado a localização e a recuperação de informação relevante às consultas dos usuários.

Neste contexto nasceu a iniciativa da Web Semântica liderada pelo W3C (*World Wide Web Consortium*), como uma extensão da Web atual, com o objetivo de criar um meio universal para a troca de informação, atribuindo significado (semântica) ao conteúdo dos documentos da Web, de modo que esse significado seja compreendido não só por humanos, mas também por máquinas (BERNERS-LEE; HENDLER; LASSILA, 2001).

Para que os computadores possam entender o conteúdo disponível na Web é preciso organizar, estruturar e adicionar semântica às informações da Web, de tal forma que agentes de software possam compreendê-las (GOÑI; PFEIFFER; DE LUCENA, 2002). Na Web Semântica a estruturação da informação por meio de metadados e a adição da semântica à informação através de ontologias permitem o acesso automático à informação por parte das máquinas (BERNERS-LEE; HENDLER; LASSILA, 2001).

Uma arquitetura em camadas para a Web Semântica foi proposta pelo W3C, definindo os recursos e as linguagens para a Web Semântica, onde cada camada ou tecnologia é complementar e compatível com as camadas inferiores, e não é dependente de qualquer camada superior, como apresentado na Figura 1.

¹ Documentos hipermídia em linguagem HTML (*HyperText Markup Language*)

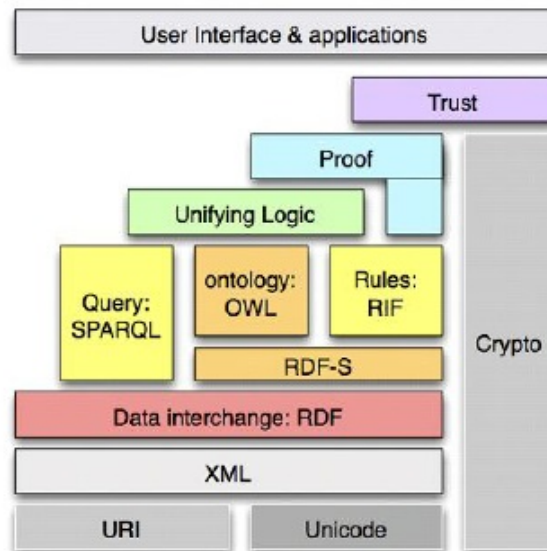


Figura 1 - Arquitetura Web Semântica.

Fonte: <http://www.w3.org/DesignIssues/diagrams/sweb-stack/2006a.png>

As camadas da arquitetura da Web Semântica (Figura 1) definem as tecnologias recomendadas pelo W3C, necessárias para que agentes de software possam compreender os conteúdos das páginas Web. Nas seções seguintes serão detalhadas essas camadas, entretanto, as camadas *Rules RIF*, *Unifying Logic*, *Proof* e *Trust*, bem como a *Crypto*, não serão pormenorizadas, uma vez que as tecnologias para implementar estas camadas ainda estão em discussão e não são objeto de estudo neste trabalho. A camada de Interface do Usuário e Aplicações permite que agentes de software e agentes humanos façam uso das potencialidades da Web Semântica e de seus formalismos de representação de conhecimento (BITTENCOURT, 2009).

2.1.1 URI e Unicode

Na primeira camada, o Unicode constitui a base para a legibilidade, permitindo que textos e imagens possam ser lidos pelos computadores em qualquer lugar. O URI (*Uniform Resource Identifier*) fornece o endereçamento global e único dos recursos² disponíveis na Web. O URI mais comum é o URL (*Universal Resource Locator*), que

² Os recursos podem ser qualquer objeto concreto ou abstrato do mundo (uma pessoa, um livro, uma página Web, etc.) que possa ser referenciado na Web por meio de um URI.

identifica um endereço de domínio na Internet, ou seja, o URI é um meio para identificar unicamente um recurso e a URL define a sua localização.

2.1.2 XML

A XML (*eXtensible Markup Language*), o *namespace* e a XML *Schema* formam a segunda camada. Esta é uma camada sintática, que permite que os documentos sejam estruturados em uma hierarquia de árvore, baseada em *tags* criadas pelo usuário (ARAUJO, 2003).

A XML é uma linguagem de marcação extensível que permite a definição de marcas (*tags*) e atributos apropriados para a representação de dados, permitindo assim a estruturação, o transporte e o armazenamento dos dados e dos metadados na Web.

Os *namespaces* são conjuntos de nomes, identificados por URIs, usados em documentos XML como nomes de atributos e tipos de elementos.

A XML *Schema* permite descrever a estrutura³, o conteúdo, as restrições e os tipos de dados dos elementos e atributos de um documento XML (ARAUJO, 2003).

Embora a XML forneça a sintaxe para documentos estruturados, nada diz acerca do significado (semântica) dessa estrutura. Com a finalidade de descrever a informação, de forma não ambígua para ser processada pelas máquinas, é utilizada a camada da linguagem RDF.

2.1.3 RDF

A RDF (*Resource Description Framework*) é uma linguagem para representar informações sobre recursos na Web. Essa linguagem usa a notação XML como sintaxe de codificação e de descrição dos metadados. Os metadados são utilizados para descrever as características de um recurso e as suas relações.

³ No XML um arquivo externo define as regras para restringir e validar a estrutura do documento XML, o DTD (*Document Type Definitions*).

A RDF permite associar propriedades a recursos, através de declarações. Uma declaração tem três componentes que expressam os metadados de um recurso, formando uma tripla: recurso ou sujeito, propriedade ou predicado e valor ou objeto. Através das triplas é possível descrever os recursos de informação na rede, definindo recursos e identificando as suas propriedades e valores (GONÇALVES, 2007).

Por exemplo, a frase “A página <http://www.vgportal.ipb.pt> tem como autor Vitor Gonçalves”, onde são identificados o recurso "<http://www.vgportal.ipb.pt>", a propriedade "autor", e o valor, "Vitor Gonçalves". O grafo apresentado na Figura 2 representa a descrição em RDF da frase acima, onde os recursos aparecem como elipses, as propriedades aparecem como arcos e os valores das propriedades como retângulos.

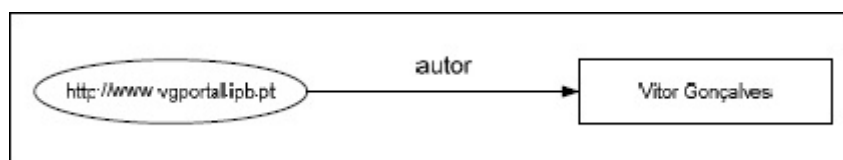


Figura 2 - Grafo de um Modelo de Dados RDF.

Fonte: Extraído de Gonçalves (2007).

A RDF fornece um modelo para expressar metadados através da associação de propriedades aos recursos, permitindo descrever a informação de forma não ambígua. Entretanto, nada diz acerca das relações entre conceitos (recursos), o que limita significativamente a inferência.

2.1.4 RDF Schema

O RDF *Schema* (RDFS) é uma extensão semântica da RDF, que oferece um vocabulário padronizado para descrever as classes, as propriedades e os relacionamentos entre os recursos presentes em documentos RDF.

Embora o RDFS defina um vocabulário para expressar a estrutura e as restrições dos metadados que descrevem os recursos da Web, esse vocabulário não permite descrever todas as classes e as relações possíveis entre os recursos. Devido a essas limitações de expressividade foi proposta a OWL como uma extensão ao RDFS.

2.1.5 OWL

A OWL (*Web Ontology Language*) é a linguagem padrão para a definição de ontologias na Web Semântica. Essa linguagem é baseada na lógica descritiva (DL *Description Logic*). Ela dispõe de um conjunto maior de restrições das propriedades que a RDFS, que permite uma expressividade de alto nível e inferência implícita.

O vocabulário da linguagem OWL está organizado em três sub-linguagens de acordo com o nível de expressividade: OWL *Lite*, OWL DL e OWL *Full* (MCGUINNESS; VAN HARMELEN, 2004).

A OWL *Lite* – fornece um menor grau de expressividade, que suporta a representação de uma hierarquia de classificação e restrições simples. Por exemplo, restrições de cardinalidade que só permitem valores de cardinalidade 0 ou 1. A OWL DL – fornece o máximo grau de expressividade sem perder as garantias computacionais e os processos de prova terminam num tempo finito. A OWL *Full* – fornece o máximo nível de expressividade e liberdade sintática, mas sem garantias computacionais dos processos de prova.

A descrição da estrutura dos dados em XML, a representação da semântica simples desses dados em RDFS e a representação formal, geralmente aceita sobre o que significam esses dados, em ontologias mais expressivas como OWL garantem as condições para que os agentes possam raciocinar sobre dados com significado bem definido (GONÇALVES, 2007).

2.1.6 SPARQL

O SPARQL (*SPARQL Protocol and RDF Query Language*) é um protocolo e uma linguagem de consulta sobre conteúdos expressos em RDF. Uma consulta em SPARQL consiste em padrões de triplas seguindo a mesma estrutura básica do RDF, Sujeito-Predicado-Objeto, onde cada parte da tripla pode ser substituída por uma variável.

Os padrões de triplas são verificados em conjuntos de descrições RDF e caso haja alguma tripla que satisfaça o padrão expresso na consulta SPARQL, essa tripla será

incluída no resultado. Por exemplo, na Figura 3 é apresentada a sintaxe RDF do grafo da Figura 2. Na Figura 4 é apresentada uma consulta em SPARQL para obter o criador do site. Essa consulta tem como resultado “Vitor Gonçalves”.

```
<rdf: RDF>
xmlns:rdf = http://www.w3.org/RDF/RDF/"
xmlns:dc = http://purl.org/dc/elements/1.1/"
  <rdf:Description about="http://www.vgportal.ipb.pt">
    <dc:Creator>Vitor Gonçalves</dc:Creator>
  </rdf:Description>
</rdf: RDF>
```

Figura 3 - Exemplo da sintaxe RDF.

```
PREFIX dc: <http://purl.org/dc/elements/1.1/>
SELECT ?criador
WHERE
{
?pagina dc:Creator ?criador
}
```

Figura 4 - Exemplo consulta em SPARQL.

2.2 Ontologia

A definição de ontologia mais aceita sob o ponto de vista computacional é a proposta por Gruber (1993), estendida por Borst (1997) e explicada por Studer et al. (1998), onde ontologia é uma especificação formal e explícita de uma conceitualização compartilhada. Uma conceitualização se refere a um modelo abstrato de algum fenômeno no mundo, representado pela identificação dos conceitos relevantes desse fenômeno. Uma especificação formal se refere ao fato da ontologia ser compreensível para agentes e sistemas. Explícita significa que o tipo de conceito usado e suas restrições, estão definidos explicitamente. E compartilhada porque o conhecimento representado na ontologia deve ser consensual.

Segundo Mizoguchi et al. (2007) as ontologias são consideradas a base da Web Semântica oferecendo uma linguagem expressiva e formal (OWL) para gerar conceitos que podem ser interpretados por computadores. A utilização das ontologias permite assegurar que os conceitos não sejam apenas palavras em um documento, mas que estejam ligados a um significado específico, que pode ser usado por agentes ou uma comunidade de agentes, cuja finalidade principal é permitir a descoberta, a partilha e a

reutilização do conhecimento (STAAB; STUDER, 2004).

Para a construção de ontologias é necessário primeiro conhecer quais são os componentes básicos. Segundo Gonçalves (2007) uma ontologia tem cinco componentes: conceitos, relações, atributos, axiomas e instâncias. A seguir são apresentados os componentes básicos de uma ontologia:

- Conceitos – pode ser “qualquer coisa” a respeito de “algo” que está sendo explicado. Os conceitos são normalmente organizados numa taxonomia, através de relacionamentos hierárquicos do tipo *is-a* (é-um). Os conceitos são também conhecidos como classes ou entidades;
- Relações – representam os tipos de associação entre os conceitos de um domínio;
- Atributos – são propriedades, características ou parâmetros que os objetos podem ter e partilhar;
- Axiomas – são proposições lógicas usadas para definir restrições, verificar a correção de informações e realizar deduções;
- Instâncias – são elementos do domínio associados a um conceito específico, ou seja, os próprios objetos.

A Figura 5 apresenta uma ontologia de um ambiente educacional, onde podem ser identificados os relacionamentos hierárquicos (é-um) entre os conceitos Pessoa, Estudante e Professor, e o relacionamento não hierárquico (curso) entre Estudante e Disciplina. Por exemplo, “João” é uma instância da classe Estudante; “Matemática” é uma instância da classe Disciplina; e, João cursa Matemática é uma relação entre essas duas instâncias. Este tipo de representação permite descrever a relação que existe entre os elementos de um domínio.

As metodologias de desenvolvimento de ontologias incluem um conjunto de princípios, processos, práticas, métodos e atividades estabelecidas no projeto, na construção, na avaliação e na implantação de uma ontologia (DEVEDZIC, 2006). Apesar de terem sido definidas diversas metodologias, não existem uma metodologia padronizada e amplamente aceita para modelar e desenvolver uma ontologia. Entre as várias alternativas viáveis se destacam o projeto Enterprise Ontology (USCHOLD; KING, 1995), o projeto TOVE (*Toronto Virtual Enterprise*) (GRUNINGER; FOX, 1995), a metodologia Methontology (GÓMEZ-PÉREZ; FERNÁNDEZ; VICENTE,

1996), AFM (*Activity First Method*) (MIZOGUCHI et al., 1995), On-To-Knowledge (STAAB et al., 2001). Um estudo comparativo dessas metodologias pode ser encontrado em (CORCHO; FERNÁNDEZ-LOPEZ; GÓMEZ-PÉREZ, 2003; MIZOGUCHI, 2004; STAAB; STUDER, 2004).

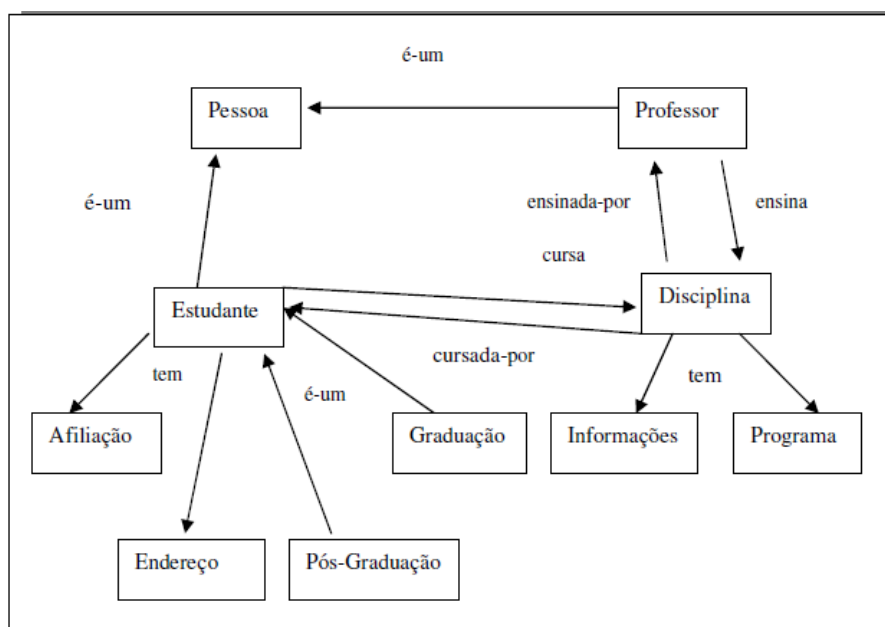


Figura 5 - Ontologia de um ambiente educacional.

Fonte: Extraído de Araújo (2003).

Para apoiar a construção de ontologias, diversas ferramentas foram desenvolvidas, tais como: Protégé, WebOnto, OntoEdit, Hozo, WebODE, etc. (CORCHO; FERNÁNDEZ-LOPEZ; GÓMEZ-PÉREZ, 2003; MIZOGUCHI; HAYASHI; BORDEAU, 2007).

Atualmente, a ferramenta mais utilizada é o Protégé, que é uma plataforma gratuita de código aberto, desenvolvida pela *Stanford Medical Informatics*. O Protégé dá suporte ao desenvolvimento de aplicações baseadas em conhecimento, através de uma interface gráfica e intuitiva para a edição de ontologias. As ontologias desenvolvidas no Protégé podem ser exportadas em formatos como RDF e OWL.

2.3 Abordagem multiagente

A abordagem multiagente tem sido considerada como um novo paradigma para o desenvolvimento de software que proporciona um conjunto de abstrações apropriadas

para a solução de problemas complexos e distribuídos (JENNINGS; BUSSMANN, 2003). Essa abordagem oferece uma forma promissora e inovadora de entender, gerenciar e usar sistemas computacionais e de informação distribuídos, em larga escala, dinâmicos, abertos e heterogêneos (WEISS, 1999).

2.3.1 Agentes de software

Segundo Jennings (2000) e Wooldridge (2002), “Um agente é um sistema de computador encapsulado que está situado em algum ambiente e que é capaz de agir de forma flexível e autônoma neste ambiente, a fim de alcançar seus objetivos de projeto.”

Na Figura 6 é apresentado um modelo de agente, representado de forma abstrata. Nessa representação o agente é dotado de sensores e atuadores, os quais são responsáveis por perceber os estados e realizar ações no ambiente, respectivamente. O agente também possui um mecanismo de raciocínio ou deliberação, que é responsável por determinar quais ações o agente deve executar de acordo com os estados percebidos. Esse mecanismo funciona baseado nas percepções do agente e em seus estados internos. Ele define o comportamento do agente e varia de acordo com o tipo de agente e também sua finalidade.

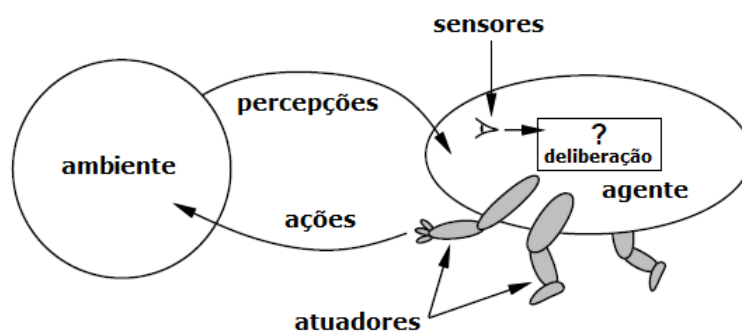


Figura 6 - Representação de um agente interagindo com o ambiente.

Fonte: Adaptada de Russel e Norvig (1995).

Os agentes são caracterizados por um conjunto de propriedades que determinam seus comportamentos dentro do ambiente. A seguir as principais propriedades que um agente deve apresentar (WOOLDRIDGE; JENNINGS, 1995; WOOLDRIDGE, 2002):

- Autonomia – os agentes operam sem a intervenção direta de humanos, outros agentes ou sistemas e possuem algum tipo de controle sobre as suas ações e os estados internos;
- Habilidade social – capacidade de interagir com outros agentes (e com humanos) para alcançar seus objetivos, utilizando para isso uma linguagem e protocolos de comunicação, o que permite aos agentes negociarem e cooperarem ao invés de simplesmente trocarem informações;
- Reatividade – capacidade de observar o ambiente em que se encontra e responder de forma oportuna às mudanças que ocorrem nele;
- Pró-atividade – capacidade de exibir comportamento direcionado a objetivos, tomando iniciativa para satisfazer seus objetivos, ao invés de simplesmente agir em resposta ao ambiente.

Segundo Wooldridge e Jennings (1995) os agentes podem ser classificados de acordo com três classes de arquiteturas: a deliberativa, a reativa e a híbrida que tenta juntar essas duas abordagens. Nas arquiteturas reativas o comportamento dos agentes é caracterizado por um mecanismo simples que faz o mapeamento direto entre as percepções e as ações do agente, baseado na aplicação de regras do tipo condição-ação ou se-então (RUSSELL; NORVIG, 1995). Nas arquiteturas deliberativas, também conhecidas como simbólicas ou cognitivas, os agentes mantêm uma representação simbólica e explícita do seu ambiente e das suas ações. Nessa arquitetura os agentes apresentam um modelo mais complexo para tomada de decisão que tenta imitar aspectos do comportamento humano (como crenças, desejos, intenções e emoções), onde os agentes são capazes de escolher e traçar planos de ações para atingir os objetivos.

Um modelo usado para desenvolver agentes baseados em arquiteturas deliberativas é o modelo BDI (*Belief-Desire-Intention*) (RAO; GEORGEFF, 1995). No modelo BDI o estado interno de um agente é descrito através de um conjunto de “estados mentais”: as crenças (*Beliefs*), os desejos (*Desires*) e as intenções (*Intentions*). As crenças representam o estado informacional do agente, ou seja, seu conhecimento sobre o ambiente, que influencia a maneira como o agente percebe e age sobre o ambiente. Os desejos representam o estado motivacional do agente, definidos por objetivos que determinam o curso de suas ações. As intenções representam o estado deliberativo do agente, caracterizado por um conjunto de planos e ações que o agente

escolheu para alcançar seus desejos (BRAUBACH; POKAHR; LAMERSDORF, 2005). O modelo BDI é implementado por alguns *frameworks* e ferramentas para o desenvolvimento de agentes, sendo utilizado como um mecanismo de raciocínio (deliberação) para os agentes. Nessas abordagens, o mecanismo de deliberação é responsável por gerenciar a ocorrência de eventos e a escolha dos planos para tratar esses eventos.

2.3.2 Sistemas Multiagentes

Um SMA pode ser definido de acordo com (WOOLDRIDGE, 2002), como um conjunto de agentes, que interagem uns com os outros para alcançar seus objetivos. Cada agente possui seus próprios objetivos e suas motivações, e podem realizar tarefas para atender diferentes usuários ou as finalidades de uma aplicação. No caso mais geral, os agentes desempenham tarefas para alcançar diferentes objetivos e motivações. Para terem sucesso nas interações, eles requererem habilidades de cooperação, coordenação e negociação.

Em um SMA, os agentes interagem através de mensagens para obter e trocar as informações e o conhecimento, necessários para executar suas tarefas. Essa comunicação é realizada utilizando uma linguagem de comunicação de agentes. Essas linguagens utilizam a teoria dos atos de fala para dar semântica às mensagens. Baseados nessa teoria são definidas as performativas ou atos de comunicação usados para expressar nas mensagens as intenções e as ações dos agentes (WOOLDRIDGE, 1998; WOOLDRIDGE, 2002). Uma linguagem padrão amplamente adotada para a comunicação entre agentes é a especificação FIPA ACL⁴ (*Foundation for Intelligent Physical Agents, Agent Communication Language*).

⁴ <http://www.fipa.org>

2.3.3 Metodologias de desenvolvimento de SMA

O projeto e o desenvolvimento de um SMA exigem a utilização de novos conceitos como: agentes, comportamentos, objetivos, ambiente, etc. As metodologias de software orientadas a agentes são utilizadas para auxiliar os desenvolvedores a projetar e desenvolver SMA. Essas metodologias oferecem uma linguagem para a modelagem, as notações, os métodos e as ferramentas para suportar as fases de desenvolvimento de software orientado a agentes. Desta forma é possível gerar a documentação das fases de análise de requisitos, do projeto, do desenvolvimento e da implantação. Nesse contexto, várias metodologias têm sido desenvolvidas, como por exemplo, Gaia, MaSE, Prometheus, Tropos, Message, Passi e Adelfe. Embora ainda não exista uma padronizada e amplamente adotada pela comunidade (BERGENTI; GLEIZES; ZAMBONELLI, 2008; HENDERSON-SELLERS; GIORGINI, 2005).

Nesse trabalho foi adotada para a modelagem e especificação da arquitetura proposta a metodologia Tropos (CASTRO; KOLP; MYLOPOULOS, 2002; BRESCIANI et al., 2004). Essa metodologia oferece um *framework* que engloba todas as fases de desenvolvimento de software, dos Requisitos Iniciais até a Implementação. Essa metodologia adota uma abordagem orientada a modelos, ou seja, orienta o engenheiro de software na construção de um modelo conceitual, que é refinado e progressivamente estendido, a partir de um modelo de Requisitos Iniciais para o projeto do sistema e, em seguida, para o código.

A metodologia Tropos possui cinco fases de desenvolvimento (BRESCIANI et al., 2004): (1) Requisitos Iniciais – onde é realizada uma análise para a compreensão do domínio do problema onde o sistema será introduzido, para identificar as partes envolvidas e seus relacionamentos; (2) Requisitos Finais – o sistema é introduzido como um novo ator no modelo e sua interação com as partes envolvidas é especificada; (3) Projeto Arquitetural – define a arquitetura global do sistema em termos de subsistemas, representado pelos agentes e seus papéis dentro do SMA; (4) Projeto Detalhado – os agentes são especificados em função de seus papéis, que definem suas capacidades e as interações; e (5) Implementação – envolve a escolha da linguagem e plataforma de agentes e o desenvolvimento dos mesmos de acordo com a especificação do Projeto Detalhado.

2.3.4 Frameworks e plataformas para o desenvolvimento de agentes

Nos últimos anos várias plataformas e *frameworks* baseados em agentes foram desenvolvidos (WEISS, 2001; BORDINI et al., 2006). O objetivo dessas ferramentas é oferecer toda a infraestrutura para o desenvolvimento e a execução dos agentes, de forma que os desenvolvedores não necessitem implementar a estrutura básica para a execução dos agentes.

Com a intenção de promover a interoperabilidade entre agentes heterogêneos desenvolvidos em diferentes plataformas, a FIPA (*Foundation for Intelligent Physical Agents*) define e mantém especificações de um conjunto de padrões, amplamente aceitos pela comunidade e adotados por várias plataformas e *frameworks*, tais como FIPA-OS⁵, JADE⁶, Jason⁷ e Jadex⁸.

Segundo as especificações da FIPA, as plataformas de agentes devem possuir quatro componentes principais (Figura 7): MTS (*Message Transport Service*), AMS (*Agent Management System*), DF (*Directory Facilitator*) e Agente (*Agent*). O MTS é o sistema de transporte de mensagens que fornece o serviço de comunicação entre os agentes. O AMS é um agente responsável por gerenciar o ciclo de vida dos agentes que estão sendo executados na plataforma e também o acesso e uso da plataforma por esses agentes. O DF é um agente que fornece os serviços de páginas amarelas aos outros agentes, permitindo que a esses agentes o registro dos seus serviços e a busca pelos serviços oferecidos por outros agentes. O componente Agente representa os processos computacionais (os agentes) que desempenham as tarefas e serviços da aplicação.

O Jadex é uma plataforma para a implementação, a execução e o gerenciamento de agentes baseados na arquitetura BDI (BRAUBACH; POKAHR; LAMERSDORF, 2005). Essa plataforma oferece um conjunto completo de ferramentas para gerenciar, testar e depurar os agentes. Os agentes Jadex seguem o modelo BDI, e suas estruturas internas são definidas em termos de objetivos, planos, crenças e eventos.

⁵ <http://fipa-os.sourceforge.net/index.htm>

⁶ <http://jade.tilab.com/>

⁷ <http://jason.sourceforge.net/>

⁸ <http://www.activecomponents.org/>

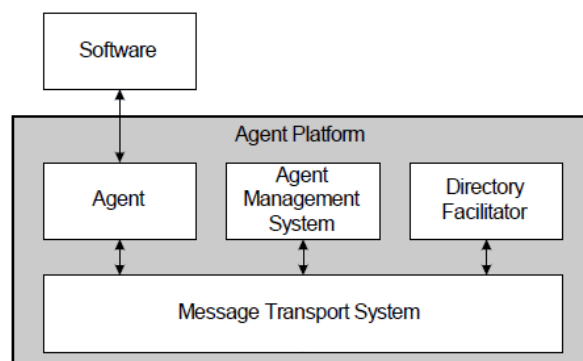


Figura 7 - Modelo de referência para plataformas de agentes.

Fonte: Adaptado de FIPA *Agent Management Specification*⁹.

Um agente Jadex é representado por um arquivo no formato XML, denominado *Agent Definition File* (ADF), e um conjunto de classes Java. O ADF é utilizado para representar a estrutura interna do agente em termos das crenças do agente, os objetivos, os planos para alcançar os objetivos e os eventos e mensagens tratadas pelo agente. As classes Java representam a concretização dos planos do agente, de forma que quando um plano é ativado o código Java correspondente é executado.

2.4 Ambientes Educacionais

Com o aumento do uso de computadores pessoais, o desenvolvimento da Web e também as tecnológicas de comunicação surgiram os ambientes educacionais apoiados por computador (*e-learning*) (ANIDO et al., 2002). Nesses ambientes de Educação a Distância (EAD) na Web, a aprendizagem é realizada utilizando ferramentas computacionais que incentivam a autoaprendizagem, através de conteúdos educacionais mais interativos. Além disso, essas ferramentas possibilitam formar comunidades virtuais de aprendizagem que ampliam o acesso, a disponibilidade e o compartilhamento dos materiais de aprendizagem, e também a comunicação e interação entre os usuários (aluno, professor) (SILVA, 2003).

O uso das técnicas de Inteligência Artificial nos ambientes de EAD deu origem aos Sistemas Tutores Inteligentes (STI). Os STI foram concebidos para prover aos

⁹ <http://fipa.org/specs/fipa00023/SC00023J.html>

alunos informações e ensino personalizado, fornecendo mecanismos para acompanhar e auxiliar os alunos na resolução das atividades, assim como, avaliar e identificar as dificuldades de aprendizagem (SELF, 1995; BITTENCOURT; COSTA, 2011).

A incorporação das tecnologias da Web Semântica, das ontologias e dos agentes inteligentes nos sistemas educacionais baseados na Web permite criar ambientes de aprendizagem mais adaptáveis, personalizados e inteligentes. Isto contribui para os seguintes aspectos: o aumento da qualidade da aprendizagem; a recomendação de materiais de aprendizagens personalizados; a coleta e o processamento dos dados da interação entre o aluno e o ambiente de aprendizagem; o fornecimento de recursos e serviços de acordo com as necessidades do aluno, etc.. Esta nova geração de sistemas educacionais é conhecida como Sistemas Educacionais Baseados na Web Semântica (SWBES – *Semantic Web-Based Educational System*) (BITTENCOURT et al., 2008). Um ambiente educacional semântico busca tornar as informações processáveis pelas máquinas, a fim de automatizar as diversas atividades de ensino, bem como integrar e reusar os recursos (BOLEY; TABET; WAGNER, 2001).

2.4.1 Objetos de Aprendizagem

Um objeto de aprendizagem (OA) é um recurso digital que pode ser reutilizado no processo de aprendizagem (WILEY, 2001). Um OA é qualquer entidade digital, como texto, imagem, som, vídeo, *applet Java*, *flash*, programa de simulação, etc., que pode ser utilizada, reutilizada e referenciada durante o processo de aprendizagem apoiado por computador (IEEE-LTSC, 2002). Para Polsani (2006), um OA pode ser visto como uma unidade de conteúdo de aprendizagem, independente e autônoma, que pode ser reutilizada em diversos contextos educativos ou instrucionais. Nos ambientes educacionais, bem como neste trabalho, os materiais de aprendizagem são tratados como OAs.

Entre as características principais que os OAs devem possuir estão à reutilização, interoperabilidade, durabilidade e acessibilidade. A reutilização corresponde à capacidade de incorporar conteúdos em múltiplas aplicações e contextos. A interoperabilidade refere-se à capacidade de intercâmbio de conteúdos educacionais entre diferentes plataformas. A durabilidade equivale à capacidade de garantir a

operacionalidade dos conteúdos educacionais com a mudança da tecnologia. E a acessibilidade é a capacidade de acessar remotamente a conteúdos educacionais e de distribuí-los por diferentes localizações (GONÇALVES, 2007).

Com o intuito de garantir a interoperabilidade entre diferentes SWBES, potencializar o reuso e o compartilhamento dos OAs são usados padrões de metadados (ISOTANI et al., 2009).

2.4.2 Padrões de Metadados

Os metadados são um conjunto de descritores de conteúdos, estruturados para descrever as características e os atributos de um recurso (DCMI, 2002). Os metadados são utilizados para indexar, catalogar, recuperar e reutilizar recursos. A definição de padrões de metadados permite a disseminação da informação, principalmente em ambientes distribuídos, como a Internet ou organizações. Os padrões de metadados garantem o acesso, o uso e o gerenciamento da informação, de forma apropriada, padronizada e consistente, pelos seus proprietários e usuários. Neste contexto, diversas comunidades têm definido padrões de metadados, relacionados a diferentes áreas, tais como, multimídia, dados geográficos, e-commerce, educação, entre outras.

Na área de educação têm sido definidos padrões de metadados para a descrição de OAs. De forma que, um OA é formado por um recurso digital e um conjunto de metadados que descrevem esse recurso. Esses metadados podem estar acoplados ao recurso ou armazenados em um documento diferente que possui uma referência para o recurso. É recomendável que os metadados e o recurso sejam mantidos em documentos separados.

A definição de padrões de metadados é uma importante ferramenta na interoperabilidade dos OAs. A importância da interoperabilidade de informações entre as comunidades produtoras e/ou usuárias de OAs é evidente, uma vez que, o compartilhamento destes recursos minimiza o tempo no desenvolvimento de pesquisas acerca da produção de OAs, bem como se reduz o tempo de tratamento das informações recuperadas de outros sistemas (DZIEKANIAK, 2007).

As especificações de metadados mais utilizadas para descrever OAs são: o

Dublin Core; o LOM (*Learning Objects Metadata*) e o OBAA (Objetos de Aprendizagem Baseados em Agentes). Algumas comunidades também têm apresentado propostas sobre recomendações de como os OAs podem ser encapsulados e como seus conteúdos podem ser explorados e utilizados. Neste contexto, estão o IMS (*Instructional Management Systems*) *Content Packaging Specification*, apresenta modelos para organização de metadados de OAs em estruturas XML, e o ADL SCORM (*Advanced Distributed Learning - Sharable Content Object Reference Model*), apresenta modelos de referência para construção de OAs.

A seguir são detalhados alguns dos principais padrões de metadados.

2.4.2.1 Dublin Core

O padrão de metadados *Dublin Core*, mantido pelo DCMI (*Dublin Core Metadata Initiative*) permite descrever recursos. O *Dublin Core* pode ser usado para descrever recursos digitais, tais como, vídeos, sons, imagens, textos e sites na web, usando uma sintaxe baseada em XML/RDF. O vocabulário de propriedades (metadados) usado para descrever os recursos, conhecido com DCMES (*Dublin Core Metadata Element Set*), consiste de quinze elementos de metadados divididos em três grupos (DCMI, 2002): Conteúdo (*Title, Subject, Description, Type, Source, Relation, Coverage*); Proteção de direitos (*Creator, Publisher, Contributor, Rights*); e Instanciação (*Date, Format, Identifier, Language*).

2.4.2.2 LOM

O padrão LOM foi desenvolvido pelo consorcio IEEE-LTSC (*Institute of Electrical and Electronics Engineers – Learning Technology Standards Committee*) e tem como objetivo descrever um OA, a fim de facilitar a busca, a avaliação e o uso de OAs, além de possibilitar a acessibilidade e a interoperabilidade. Este padrão apresenta um conjunto de atributos necessários para que os OAs possam ser gerenciados, localizados e avaliados. Os setenta e seis atributos que permitem a descrição de um OA

estão agrupados em nove categorias (IEEE-LTSC, 2002):

- *General* – informações gerais que descrevem o OA como um todo;
- *Lifecycle* – atributos relacionados com o ciclo de vida de um recurso;
- *Meta-metadata* – atributos que descrevem os metadados que indexam o OA;
- *Technical* – agrupa os requisitos e características técnicas do OA;
- *Educational* – atributos educativos e pedagógicos do OA;
- *Rights* – direitos de propriedade intelectual e condições de utilização inerentes ao OA;
- *Relation* – atributos inerentes às relações entre recursos;
- *Annotation* – comentários sobre o uso educacional do objeto;
- *Classification* – descreve a posição do OA em relação a um sistema particular de classificação (taxonomias).

2.4.2.3 OBAA

O OBAA é um padrão de metadados de OAs multimídia e multiplataforma, definido para ser compatível com os principais padrões educacionais e multimídia. Esse padrão se caracteriza por ser flexível, adaptável, e por permitir a interoperabilidade de OAs nas plataformas da Web, da TV Digital e dos dispositivos Móveis (VICARI et al., 2010).

A base do padrão OBAA é o padrão LOM, com todas as suas categorias e mais alguns elementos de metadados, complementando as categorias *Technical* e *Educational* e duas categorias novas relativas a aspectos de acessibilidade (*Accessibility*) e segmentação (*SegmentInformationTable*). Os novos elementos de metadados inseridos visam atender as necessidades brasileiras em termos de tecnologia, educação, acessibilidade e segmentação (VICARI et al., 2010).

A independência de tecnologia e a flexibilidade da proposta do OBAA são garantidas pela definição da sintaxe em XML e da semântica, pelo uso de uma ontologia no padrão OWL-DL.

2.4.3 Repositórios de Objetos de Aprendizagem

Um repositório de OAs é uma coleção de recursos educacionais que são acessíveis através de uma rede de comunicação. Para acessar esses repositórios não é necessário um conhecimento prévio sobre como os recursos estão estruturados. Segundo Downes (2003), os repositórios de OAs podem estar estruturados de duas formas: na primeira, é mantido tanto o recurso como os metadados dos OAs; na segunda, é mantido somente os metadados que descrevem os OAs, enquanto o recurso encontra-se armazenado em outro repositório, podendo ser localizados a partir da informação contida nos metadados e o emprego das ferramentas adequadas.

Assim, o objetivo de um repositório de OAs é garantir a reutilização dos recursos educacionais, por meio de serviços de busca e armazenamento a partir das informações dos metadados. A seguir são apresentados alguns dos principais repositórios existentes no Brasil.

O BIOE (Banco Internacional de Objetos Educacionais) é um repositório do MEC (Ministério da Educação), criado para manter e compartilhar os recursos educacionais digitais de livre acesso, em diferentes formatos. Utiliza o software DSpace¹⁰ como base para o repositório e o padrão de metadados *Dublin Core* para a descrição dos objetos armazenados (BIOE, 2008).

O FEB (Federação Educa Brasil) é um projeto da Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP) em parceria com a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). O FEB consiste em uma estrutura para a federação de repositórios, onde a busca de OAs armazenados em diferentes repositórios é realizada através de um ponto único (FEB, 2012). Essa federação de repositórios está implementada sobre uma arquitetura de diretórios LDAP¹¹ (*Lightweight Directory Access Protocol*). A base de funcionamento consiste em traduzir a descrição de metadados dos OAs armazenados em repositórios existentes, e descritos com o padrão de metadados nativo de cada repositório, para o padrão OBAA.

¹⁰ <http://www.dspace.org/>

¹¹ <http://www.openldap.org/>

O repositório CESTA¹² (Coletânea de Entidades de Suporte ao uso de Tecnologia na Aprendizagem) desenvolvido na UFRGS é usado em cursos de capacitação e pós-graduação na modalidade de educação à distância. Também desenvolvido na UFRGS, o repositório LUME¹³ reúne e oferece acesso aos documentos acadêmicos, científicos, artísticos e administrativos gerados na UFRGS.

Entre os principais repositórios de OAs mantidos por instituições ou universidades fora do Brasil estão: CAREO¹⁴, MERLOT¹⁵ e ARIADNE¹⁶.

¹² <http://www.cinted.ufrgs.br/cesta/>

¹³ <http://www.lume.ufrgs.br/>

¹⁴ <http://theguide.ntic.org/>

¹⁵ <http://www.merlot.org>

¹⁶ <http://www.ariadne-eu.org/>

3 TRABALHOS RELACIONADOS

Neste capítulo são apresentados e analisados alguns aspectos referentes a um conjunto de trabalhos encontrados na literatura atual, os quais apresentam abordagens para a gestão de conteúdos educacionais. Esses trabalhos utilizam conceitos relacionados com a Web Semântica, agentes inteligentes e o uso de padrões de metadados. Na perspectiva dos agentes inteligentes, são identificados e analisados os papéis desempenhados na realização das tarefas, além da colaboração e comunicação entre eles. Na perspectiva da Web Semântica é analisado o uso de ontologias para anotar, buscar, compartilhar e reutilizar os OAs. O uso de padrões de metadados no contexto educativo permite que OAs sejam catalogados e indexados para assim serem recuperados e reutilizados.

Nas seções seguintes são apresentados os trabalhos relacionados, levando em consideração os aspectos acima citados, assim como a arquitetura apresentada nessas abordagens. Uma síntese dos resultados da análise desses trabalhos é apresentada no final deste capítulo.

3.1 Revisão dos trabalhos relacionados

Para o levantamento bibliográfico foram consultados os anais das principais conferências e periódicos. Nesse levantamento foi identificado um conjunto de trabalhos que apresentam aspectos relacionados à gestão de conteúdos educacionais, onde se destacam a utilização dos conceitos da Web Semântica, dos sistemas multiagentes e dos padrões de metadados. Esses trabalhos são apresentados a seguir.

3.1.1 Infraestrutura MILOS

A MILOS (*Multiagent Infrastructure for Learning Object Support*) é uma infraestrutura que integra as tecnologias de agentes e ontologias para implementar as funcionalidades necessárias para a autoria, a gerência, a busca, o uso e a

disponibilização de OAs compatíveis com a proposta de padrão de metadados OBAA (GLUZ; VICARI, 2010). A arquitetura da infraestrutura MILOS está dividida em três níveis de abstração (Figura 8): Ontologias, Agentes e Facilidades.

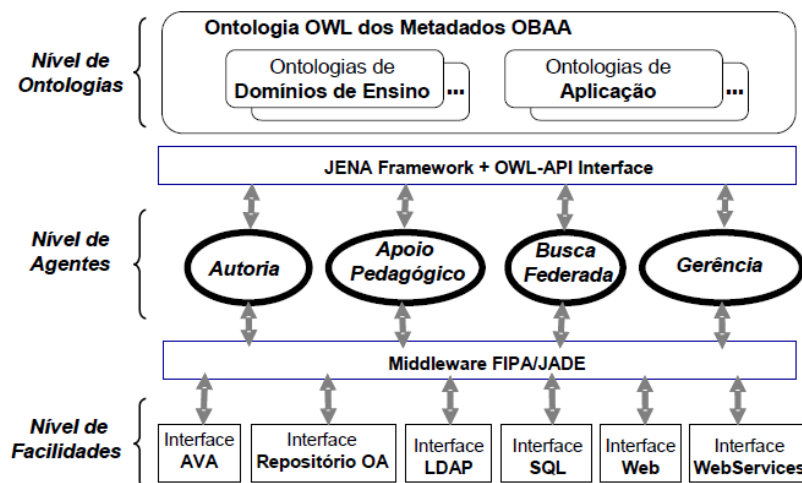


Figura 8 - Organização geral da Infraestrutura MILOS.

Fonte: Extraído de Gluz e Vicari (2010).

No Nível de Ontologias estão especificados os conhecimentos que serão compartilhados entre os agentes da infraestrutura. Para a implementação das funcionalidades previstas na infraestrutura MILOS foram definidas as seguintes ontologias: a ontologia de metadados OBAA; as ontologias sobre os domínios de ensino; e as ontologias de aplicações, tais como, educacionais, multiplataforma, gerenciais e de acessibilidade.

No Nível de Agentes estão implementadas as operações relacionadas ao ciclo de vida do OA, desde a criação até seu uso e a disponibilização, por meio de sistemas multiagentes. Essa camada é composta por quatro sistemas multiagentes: o *Sistema de Gerência*, formado pelo agente *Interface de Gerência* que realiza as operações de empacotamento de OAs apoiado por agentes de empacotamento específicos para cada plataforma; o *Sistema de Busca Federada*, formado pelo agente *Finder* que oferece acesso ao sistema através de interfaces ou de protocolos de consulta, pelo agente *Librarian* que gerencia o diretório local de metadados dos OAs, e pelo agente *Cataloger* que realiza as buscas no diretório local e nos diretórios remotos federados; o *Sistema de Apoio Pedagógico*, disponibiliza os mecanismos de busca de OA que considera o contexto de ensino, bem como auxilia na aplicação de estratégias e táticas de ensino similares aos adotados pelos STI; e, o *Sistema de Autoria*, formado pelos agentes *Editor*

de *Metadados OA* e *Editor de Conteúdos OA* apoiados por agentes *Wizards de Edição*, e por agentes de *Adaptação Multiplataforma*.

No Nível de Facilidades de Interface são implementadas as interfaces que permitem a comunicação dos agentes da MILOS com os servidores Web, os ambientes virtuais, os repositórios de OAs, os bancos de dados, os serviços de diretórios e os outros tipos de aplicações educacionais.

3.1.2 Sistema AgCAT

O sistema AgCAT (BARCELOS; GLUZ; VICARI, 2011), foi proposto para aprimorar a infraestrutura MILOS no contexto do Sistema de Busca Federada. Esse sistema provê uma infraestrutura de federação de catálogos de OAs baseada em agentes, para auxiliar a busca e a recuperação de OAs. A arquitetura do AgCAT está formada por três agentes: *Finder*, *Librarian* e *InterLibrarian* (Figura 9).

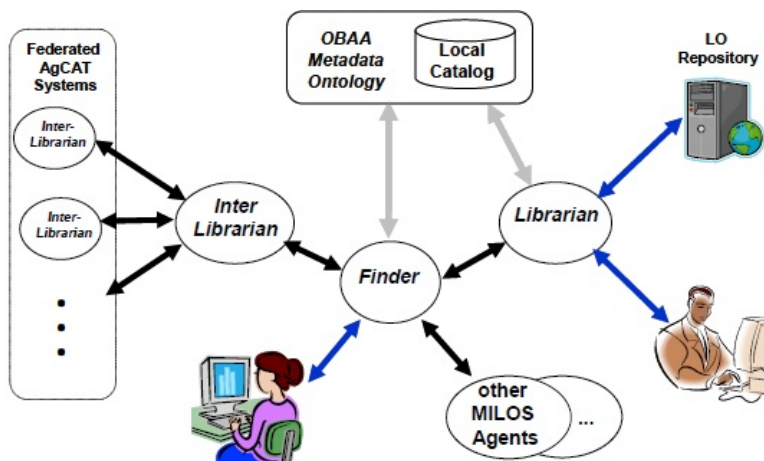


Figura 9 - Arquitetura Sistema AgCAT.
Fonte: Extraído de Barcelos, Gluz e Vicari (2011).

Na arquitetura do sistema AgCat os agentes *Librarian* e *Finder* cumprem com as responsabilidades especificadas na arquitetura da MILOS. Por outro lado, o agente *InterLibrarian* proposto neste trabalho é responsável por estabelecer a federação de catálogos de OAs. Esse agente é responsável por propagar a busca por um OA interagindo com outros agentes *InterLibrarian* situados em plataformas remotas.

Os agentes *InterLibrarian* de várias plataformas, baseadas na especificação

FIPA, podem ser integrados em uma federação, tornando possível propagar uma busca em um sistema AgCAT para os outros sistemas ao longo da federação. Desta forma, a federação oferece um único catálogo distribuído (*yellow pages*) para OAs.

3.1.3 AutoEduMat

A ferramenta AutoEduMat (GLUZ; XAVIER, 2011) é um protótipo do *Sistema de Autoria* da infraestrutura MILOS, criado para apoiar o processo de autoria de metadados educacionais de OAs no padrão OBBA para o domínio de ensino de Matemática do Ensino Médio. Para isso, implementa um *wizard* de edição de metadados capaz de sugerir valores de metadados para objetos OBAA usando mecanismos de inferência sobre uma ontologia de domínio de ensino e uma ontologia de estratégias pedagógicas. A ontologia de conteúdos de ensino (Matemática do Ensino Médio) apresenta os conteúdos educacionais vinculados ao OA, enquanto a ontologia de estratégias pedagógicas apresenta as diversas estratégias pedagógicas que podem ser aplicadas aos conteúdos educacionais.

Os agentes especificados nesta ferramenta são: o agente *InterfaceGrafica*, responsável pela interação com o usuário; o agente *Gerente_MD*, responsável por gerenciar a informação a respeito dos metadados cujos valores devem ser preenchidos; o agente *Wizard_MD*, responsável pela inferência dos valores dos metadados a partir das ontologias definidas; e, o agente *XML*, responsável por validar arquivos XML submetidos pelos usuários e gerar um arquivo de saída com os metadados dos OAs.

3.1.4 Projeto BROAD

O projeto BROAD (Busca e Recuperação de Objetos de Aprendizagem a Distância) (CAMPOS et al., 2011), é uma arquitetura baseada em serviços Web, para a criação de repositórios semânticos de OAs. Para isso, define um modelo de metadados para catalogar as características gerais e as características específicas de educação, relacionadas aos OAs. Também apresenta uma ontologia denominada BROAD.

O modelo de metadados utilizado foi fundamentado no padrão LOM e OBAA.

Este modelo é definido por um conjunto de elementos de metadados considerados essenciais, dividido em sete categorias de metadados: Geral, Ciclo de Vida, Técnico, Educacional, Direitos, Classificação e Acessibilidade. Este modelo também inclui metadados que permitem avaliar a qualidade educacional dos OAs dentro do contexto de uso. A ontologia BROAD, modela o contexto geral do domínio do *e-learning* com ênfase em OAs, permitindo aos usuários compartilhar OAs para o planejamento e a preparação de aulas.

A arquitetura BROADWS (*BROAD Web Service*) oferece uma infraestrutura orientada a serviço para busca no repositório semântico de OAs, através da ontologia BROAD. A arquitetura BROADWS está estruturada em três níveis (Figura 10):

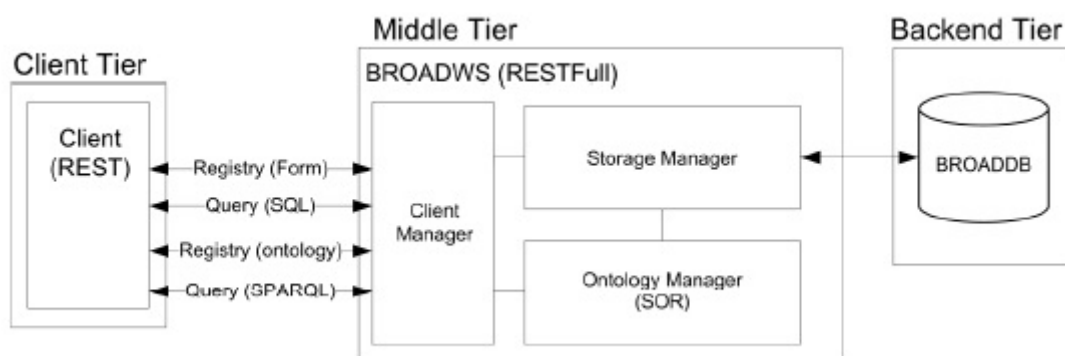


Figura 10 - Arquitetura BROADWS.

Fonte: Extraído de Campos et al. (2011).

- Nível Cliente – implementa a interface do usuário que pode ser desenvolvida como um cliente REST (*Representational State Transfer*);
- Nível Médio – implementado como um serviço Web RESTful¹⁷, sendo dividido em três componentes. O *Client Manager* é responsável por atender as requisições dos usuários para as consultas de OAs em SQL (*Structured Query Language*) ou SPARQL, e para o registro de OA e das ontologias. O *Storage Manager* é responsável pelo armazenamento/recuperação da ontologia no banco de dados. O *Ontology Manager* é responsável pela inferência sobre os termos, bem como por fornecer uma API (*Application Programming Interface*) para

¹⁷ Usado como sinônimo de serviços web, este usa diretamente o HTTP (*Hipertext Transfer Protocol*) e o XML como alternativa mais simples ao SOAP (*Simple Object Access Protocol*) e o WSDL (*Web Services Description Language*). Fonte: <http://www.ibm.com/developerworks/webservices/library/ws-restful/>

acessar a ontologia BROAD;

- *Backend* – é a camada de serviços, utilizado pelo BROADWS para acessar o banco de dados relacional (BROADDB), onde a ontologia (classes e indivíduos – os OAs) é armazenada.

Os pontos relevantes do projeto BROAD são o uso da semântica na busca e na recuperação de OAs através da integração de ontologias, a inclusão de atributos para avaliar a qualidade educacional do objeto e a disponibilização como serviço Web do repositório semântico.

3.1.5 Sistema multiagente para indexação e recuperação de objetos de aprendizagem

Este trabalho visa proporcionar a reutilização de OAs, propondo um sistema multiagente para indexar e recuperar OAs. Esses OAs são mantidos em repositórios distintos, descritos com diferentes padrões de metadados. Para isso, realiza uma correlação que mapeia as diferenças entre os principais padrões de metadados, e permite que os agentes interpretem a descrição de metadados em OAs independente do padrão utilizado (VIAN; SILVEIRA; FILETO, 2009).

O sistema proposto está formado por dois agentes: o agente *Indexador* e o agente *Recuperador*. O agente *Indexador* é responsável por acessar e recuperar os metadados de OAs, localizados em repositórios e com isso gerar um índice de OAs utilizando uma ontologia de domínio. Esse agente também é responsável por atender as requisições do agente *Recuperador* para recuperar OAs no índice. O agente *Recuperador* é responsável por receber as solicitações de busca dos usuários, tratar essas requisições com auxílio de uma ontologia de domínio e requisitar a recuperação de OAs ao *Indexador*.

O método implementado permite a interoperabilidade de OAs, mediante o uso de mapeamento das diferenças entre os diversos padrões de metadados, bem como melhorar o desempenho da recuperação de OAs, realizando a busca no índice ao invés de diretamente nos metadados dos OAs.

3.1.6 SROA: Sistema de Reutilização de Objetos de Aprendizagem

No sistema SROA (OTÓN; ORTIZ; HILERA, 2007) é proposta uma infraestrutura orientada a serviços, que permite descobrir OAs armazenados em diferentes repositórios ou sistemas de *e-learning*.

A arquitetura proposta é formada por quatro camadas que permitem realizar buscas federadas em repositórios distribuídos: (1) Repositórios Distribuídos, formada pelos repositórios ou sistemas de *e-learning* que permitam acessar e recuperar OAs através de serviços Web; (2) Interoperabilidade, relaciona os repositórios com o sistema, oferecendo serviços para realizar as buscas federadas, a catalogação, o mapeamento de metadados, a filtragem e a ordenação de OAs; (3) Serviços de Aplicação e Serviços Comuns, formada pelos serviços de busca de conteúdos educacionais, de registro de repositórios, de registro e autenticação de usuários, etc. Esses serviços são invocados pelo usuário através da camada de Cliente; e, (4) Cliente, formada pelas interfaces gráficas através das quais o cliente interage com o sistema.

3.1.7 Outros trabalhos relacionados

Alguns outros trabalhos identificados na literatura que também tratam aspectos relacionados ao gerenciamento de conteúdos na Web, entretanto não fazem uso das tecnologias da Web Semântica, ontologias e agentes. Nesse sentido, em Motz et al. (2010) é proposto uma arquitetura de software orientada a serviços, para localizar e recuperar OAs distribuídos, descritos pelo padrão de metadados LOM. Em Zheng et al. (2008) é proposto um sistema de gerenciamento de OAs que permite adicionar OAs, preencher os metadados e realizar a busca desses OAs baseada em metadados.

Em alguns trabalhos são apresentadas soluções para a obtenção automática de valores de metadados de OAs. O sistema LINNAEUS (SILVEIRA; GLUZ, 2012), foi desenvolvido para apoiar a catalogação e a edição de metadados de OAs descritos com o padrão OBAA. O apoio à catalogação é realizado através do conhecimento armazenado em ontologias de domínio de ensino e ontologias de aplicações educacionais (interoperação e acessibilidade de OAs), e também através da análise do

conteúdo dos OAs. Em Warpechowki (2006) é apresentado um modelo de obtenção automática de metadados de OAs, a partir da análise dos conteúdos de OAs, dos conteúdos do banco de dados, dos *templates* de metadados e de metadados predefinidos.

Em Araújo (2003) é apresentado o desenvolvimento de uma ontologia de materiais e objetos de aprendizagem que permite organizar e estruturar os materiais de aprendizagem dos conteúdos programáticos de um módulo didático. Os materiais de aprendizagem são compostos por um ou mais OAs, a fim de melhorar a busca, reutilização e compartilhamento dos materiais e dos OAs em uma plataforma de ensino.

Entre os trabalhos relacionados aos SWBES, Rossi (2011) apresenta uma arquitetura baseada em agentes para o desenvolvimento de SWBES. Os agentes definidos nessa arquitetura são responsáveis por apresentar os materiais e as atividades, acompanhar o desenvolvimento do aluno e apoiar o estudo, oferecendo novos materiais ou propondo trabalhos em grupo. As atividades desses agentes estão apoiadas no uso de ontologias de domínio, da ontologia de material de aprendizagem e da ontologia de perfil do aluno.

3.2 Síntese dos trabalhos relacionados

Nesta seção são apresentados os principais aspectos e requisitos, relacionados à gestão de conteúdos educacionais, que foram considerados para a especificação da arquitetura multiagente para o desenvolvimento de SWSGC. Esses aspectos foram identificados a partir da análise dos trabalhos apresentados nas seções anteriores e tratam principalmente, a integração, a anotação, a busca e a autoria de metadados de OAs, assim como a autoria de cursos, o gerenciamento de conhecimento e a interface com o usuário.

Integração de OAs

Um dos principais requisitos na gestão de conteúdos educacionais é a integração de OAs, descritos por diferentes padrões de metadados, mantidos em diversos repositórios. Este requisito é considerado chave em sistemas de gestão de conteúdo educacionais, e identificado em alguns dos trabalhos estudados. Nesses trabalhos

destaca-se o uso de padrões de metadados e ontologias na integração de OAs. Algumas abordagens usam agentes para integrar OAs de diferentes repositórios.

Relacionado a esse aspecto, na infraestrutura MILOS (GLUZ; VICARI, 2010) a integração de OAs descritos por diferentes padrões de metadados é realizada através da ontologia do padrão de metadados OBAA. O OBAA envolve os principais padrões de metadados internacionais utilizados para descrever OAs. O sistema AgCAT (BARCELOS; GLUZ; VICARI, 2011), por ser uma aplicação baseada na infraestrutura MILOS segue o mesmo padrão. A infraestrutura MILOS e o sistema AgCAT também definem agentes responsáveis por realizar a integração de OAs através da busca federada em repositórios distribuídos. Nessas abordagens os agentes são responsáveis por propagar a busca de OAs, interagindo com outros agentes da federação.

O trabalho de Vian et al. (2009) não utiliza ontologias para a recuperação e considera apenas um conjunto de elementos de metadados para a recuperação de OAs.

O sistema SROA (OTÓN; ORTIZ; HILERA, 2007) utiliza uma arquitetura orientada a serviços Web que permite a recuperação e a integração de OAs através de buscas federadas em diferentes repositórios. Para cada repositório de OAs é necessário especificar a forma de realizar o mapeamento entre o padrão de metadados utilizado no repositório e o padrão usado no sistema.

Anotação semântica de OAs através de ontologias de domínio

Este requisito considera a utilização de ontologias de domínio para anotar OAs descritos por padrões de metadados, isto é, relacionar os OAs a conceitos de um domínio. Este aspecto é considerado importante porque permite aprimorar a indexação, a busca e a recomendação de OAs.

No trabalho de Vian et al. (2009) a anotação é automática, realizada usando modelos de recuperação de informação, onde são considerados alguns metadados dos OAs e os conceitos do domínio, gerando um índice de OAs.

Autoria de metadados de OAs

Este requisito considera a utilização de padrões de metadados para descrever OAs. Essas descrições têm como propósito a descoberta e a reutilização de OAs, bem como facilitar a interoperabilidade desses recursos. Para a autoria de metadados de OAs, alguns trabalhos consideram a utilização de padrões de metadados definidos por entidades oficiais. Outros trabalhos especificam seus próprios metadados para descrever os OAs, onde algumas abordagens utilizam ontologias para isso. Outra característica considerada em alguns trabalhos está relacionada a mecanismos para a sugestão de valores de elementos de metadados para auxiliar nas atividades de autoria de metadados de OAs.

Entre os trabalhos que especificam seus próprios metadados, o projeto BROAD (CAMPOS et al., 2011), apresenta seu próprio modelo de metadados baseado em padrões existentes. Este modelo de metadados além de descrever as características gerais dos OAs também permite avaliar a qualidade educacional do OA dentro de um cenário de uso.

A arquitetura da MILOS (GLUZ; VICARI, 2010) define um sistema multiagente, responsável por suportar atividades de autoria de metadados e conteúdos de OAs, descritos pelo padrão de metadados OBAA, através de agentes *Wizards*. A ferramenta AutoEduMat (GLUZ; XAVIER, 2011) e o sistema LINNAEUS (SILVEIRA; GLUZ, 2012) são aplicações baseadas na infraestrutura MILOS, que realiza a autoria de metadados de OAs através da sugestão de valores de elementos de metadados. Nestas duas abordagens os valores sugeridos são obtidos de uma ontologia de conteúdos educacionais e de uma ontologia pedagógica. O sistema LINNAEUS, para a sugestão de valores, além de utilizar essas ontologias, obtêm valores para elementos de metadados através da análise do conteúdo do OA. O sistema AgCAt (BARCELOS; GLUZ; VICARI, 2011) também está baseada na infraestrutura MILOS, portanto utiliza o padrão OBAA para a descrição de OAs.

Busca semântica de OAs

Este requisito considera mecanismos de busca de OAs, que levam em consideração o contexto ou domínio. A busca semântica além de analisar os metadados que descrevem os OAs, também leva em consideração o contexto onde são utilizados,

ou o domínio explicitado nos OAs. Para isso, os trabalhos que tratam esse aspecto utilizam ontologias de domínio e/ou de materiais de aprendizagem. As consultas podem ser simples, considerando apenas o domínio da aplicação ou o contexto de uso, como também podem ser mais refinadas, onde além do domínio ou do contexto são analisados valores específicos dos elementos de metadados.

No projeto BROAD (CAMPOS et al., 2011) a busca de OAs é baseada no contexto, sendo realizada através dos relacionamentos existentes entre as instâncias das classes da ontologia BROAD.

No trabalho de Vian et al. (2009) a busca semântica é realizada com base no domínio. O mecanismo de busca é apoiado por um índice de OAs, onde os OAs estão indexados pelos conceitos do domínio. No sistema de apoio pedagógico da infraestrutura MILOS (GLUZ; VICARI, 2010) é definido um agente responsável por adicionar o contexto de ensino na busca de OAs.

Interface com o usuário ou outros sistemas

Neste requisito é considerada a forma como esses sistemas tratam as requisições e apresentam as informações para os usuários ou outros sistemas. Em algumas das abordagens é utilizado um agente responsável por gerenciar as interfaces gráficas, recebendo as requisições e apresentando as informações para os usuários. Essas interfaces são importantes, pois fornecem guias que facilitam e dão suporte aos usuários na realização das atividades de gestão de conteúdos educacionais. Em outras abordagens são especificados agentes ou serviços Web para fazer a interface com outros sistemas. Essas interfaces dão acesso aos recursos do sistema através de linguagens e protocolos padronizados. A maioria das abordagens apresenta interfaces baseadas em tecnologias Web.

No sistema SROA (OTÓN; ORTIZ; HILERA, 2007) as requisições do usuário são tratadas através de uma interface Web. No projeto BROAD (CAMPOS et al., 2011) a interação está definida através de serviços Web. As outras abordagens consideram a comunicação com o usuário através de interfaces Web, onde um agente é o responsável pela interação com o usuário.

Na ferramenta AutoEduMat (GLUZ; XAVIER, 2011) e no sistema LINNAEUS (SILVEIRA; GLUZ, 2012), agentes acompanham o usuário na realização das atividades através de sugestões. No sistema LINNAEUS é apresentada as informações de acordo com o perfil do usuário.

Gerenciamento de conhecimento

Este requisito considera mecanismos para a manipulação e armazenamento do conhecimento. Em alguns trabalhos, o conhecimento é representado por ontologias, descritas em linguagem OWL. Esse conhecimento representa a descrição dos OAs e também outras informações necessárias para a automação das atividades relacionadas à gestão de conteúdos educacionais. Alguns trabalhos propõem agentes inteligentes que utilizam esse conhecimento para a realização das atividades, enquanto outros usam serviços.

Na arquitetura BROAD (CAMPOS et al., 2011) é definido um serviço responsável pelo armazenamento e recuperação das ontologias, e outro serviço responsável pelo acesso e a inferência no conhecimento armazenado nessas ontologias.

Na arquitetura proposta em MILOS (GLUZ; VICARI, 2010) é implementado uma camada de ontologias, onde são consideradas além da ontologia de padrão de metadados OBAA, as outras ontologias que contêm o conhecimento necessário para o desenvolvimento das atividades relacionadas ao ciclo de vida dos OAs. O gerenciamento das ontologias é realizado por agentes. Os sistemas AgCAat (BARCELOS; GLUZ; VICARI, 2011), LINNAEUS e a ferramenta AutoEduMat (GLUZ; XAVIER, 2011) por serem aplicações baseadas na infraestrutura MILOS apresentam as mesmas características.

Autoria de cursos

Este requisito considera agrupar e associar OAs relacionados a conteúdos educacionais pertencentes a uma disciplina. A criação de cursos tem como propósito disponibilizar ao professor os OAs relacionados às disciplinas, e também apresentar guias para auxiliar o professor na construção e atualização dos cursos.

O sistema de Apoio Pedagógico propostos na arquitetura da MILOS (GLUZ;

VICARI, 2010) considera o uso de OAs para o ensino de conteúdos educacionais. Entretanto, o modelo apresentado não especifica se há relacionamentos entre os conteúdos educacionais e os OAs, e também entre os conteúdos educacionais e os conceitos do domínio.

No Quadro 1 é apresentada uma síntese dos principais trabalhos estudados e os aspectos identificados em cada uma dessas abordagens.

Quadro 1 - Relação entre os aspectos identificados e os trabalhos analisados.

Trabalho analisado \ Aspectos	MILOS	AutoEduMat	BROAD	AgCAat	Vian et al.	LINNAEUS	SROA
Integração de OAs	•			•	•		•
Anotação semântica de OAs através de ontologias de domínio					•		
Autoria de metadados de OAs	•	•	•	•		•	
Busca semântica de OAs	•		•		•		
Interface com o usuário ou outros sistemas	•	•	•	•	•	•	•
Gerenciamento de conhecimento	•	•	•	•		•	
Autoria de cursos	•						

Os aspectos identificados na análise dos trabalhos são considerados na especificação da arquitetura multiagente para o desenvolvimento de SWSGC, bem como na identificação dos agentes e das ontologias necessárias para automação, o apoio e o suporte nas atividades de gestão de conteúdos educacionais em SWSGC. Nos próximos capítulos é apresentada: a definição da arquitetura proposta; a identificação e a especificação dos agentes que automatizam as atividades relacionadas à gestão de conteúdos educacionais; e, a definição e a especificação das ontologias que apóiam e suportam os agentes na realização de suas tarefas.

4 ARQUITETURA MULTIAGENTE PARA SWSGC

Neste capítulo é apresentada a arquitetura proposta para o desenvolvimento de SWSGC. Esta arquitetura foi especificada com base nos requisitos e nos aspectos relacionados às atividades de gestão de conteúdos educacionais, identificados e analisados no levantamento dos trabalhos relacionados, apresentados no Capítulo 3. A arquitetura proposta está dividida em três camadas que são apresentadas nas próximas seções.

4.1 Descrição geral da arquitetura

A arquitetura proposta para o desenvolvimento de SWSGC faz uso das tecnologias da Web Semântica, ontologias e agentes inteligentes, para gerenciar os conteúdos educacionais em SWBES. Essa arquitetura foi projetada tomando como base os requisitos e os aspectos, relacionados às atividades de gestão de conteúdos educacionais, analisados nos trabalhos correlatos que foram apresentados no Capítulo 3. Nesses trabalhos, na maioria das abordagens o gerenciamento dos conteúdos educacionais é realizado em um nível sintático, considerando apenas OAs anotados por ontologias de padrões de metadados. Já na arquitetura proposta, além do padrão de metadados também é considerado o domínio e o contexto educativo no qual estão inseridos os OAs, de forma que o gerenciamento dos conteúdos educacionais é realizado em um nível semântico.

Uma visão geral da arquitetura proposta é apresentada na Figura 11, onde os componentes que constituem o SWSGC estão divididos em três camadas:

- *Camada de Recursos* – é composta pelos repositórios de dados externos e locais utilizados na gestão de conteúdos educacionais bem como os componentes que implementam as interfaces de acesso a essas fontes. Os *Repositórios Externos* representam os sistemas e/ou bases externas de onde são recuperados os OAs. O repositório local é composto pelo *Repositório Semântico* e a *Base de Dados*. No *Repositório Semântico* estão as ontologias usadas na gestão dos conteúdos educacionais. Na *Base de Dados* estão armazenadas as informações necessárias

para o funcionamento do sistema;

- *Camada Sistema Multiagente* – é constituída por um conjunto de agentes que implementam toda a lógica de negócio necessária para a gestão de conteúdos educacionais. Esses agentes são responsáveis pela automação das atividades de sautoria de metadados de OAs, de autoria de cursos, de anotação semântica, de busca semântica e sintática de OAs. Os agentes responsáveis pela autoria desempenham tarefas para apoiar os usuários na descrição de OAs e na criação de cursos. Os agentes responsáveis pela anotação semântica realizam tarefas relacionadas à anotação semântica de OAs. Os agentes responsáveis pela busca realizam as tarefas de busca e recuperação de OAs no *Repositório Semântico* e nos *Repositórios Externos*;
- *Camada de Aplicação* – é formada pelos componentes que tratam a lógica de apresentação e pelas interfaces gráficas, responsáveis por apresentar aos usuários as funcionalidades e recursos do sistema. Através das interfaces gráficas os usuários podem realizar atividades relacionadas à gestão dos conteúdos educacionais.

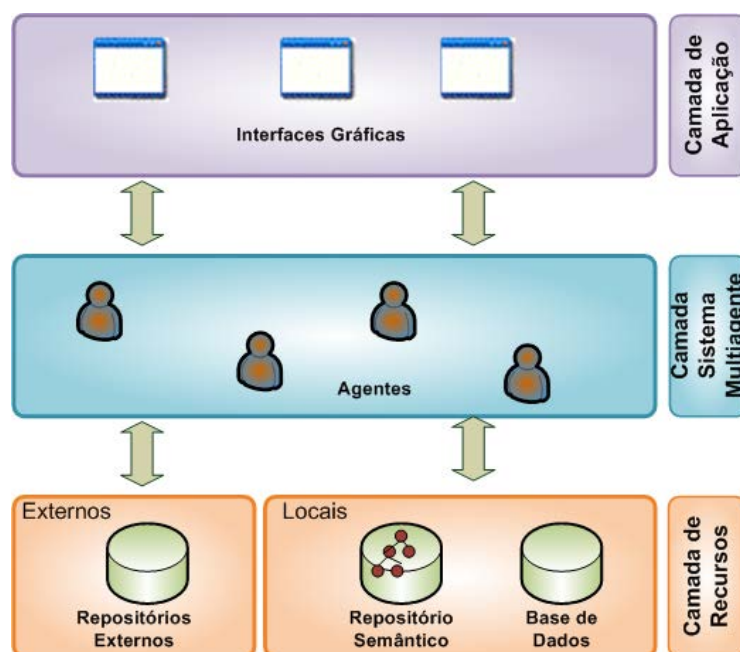


Figura 11 - Arquitetura geral proposta para o desenvolvimento de SWSGC.

Nas próximas seções são detalhadas cada uma das camadas e seus componentes.

4.1.1 Camada de Recursos

Nesta camada estão os recursos que representam as informações locais e externas utilizadas na gestão de conteúdos educacionais, bem como as interfaces que implementam os mecanismos de acesso a essas fontes. Essas interfaces de comunicação garantem a conectividade às várias fontes de dados e recursos que podem ser utilizados nos SWSGC. O acesso aos recursos através de interfaces garante a operabilidade e manutenibilidade do sistema. Assim, no caso em que as tecnologias, os serviços ou os protocolos mudem unicamente essas interfaces serão atualizadas sem afetar os outros componentes da arquitetura.

Esta camada é composta pelos *Repositórios Externos*, *Repositório Semântico* e *Base de Dados* que são detalhados a seguir.

4.1.1.1 Repositórios Externos

Os *Repositórios Externos* (Figura 11) representam os sistemas e/ou bases externas de onde são recuperados os OAs. O acesso aos *Repositórios Externos* pode ser através de componentes de software que implementam as interfaces de acesso a esses repositórios. As interfaces são definidas para permitir o acesso do SWSGC aos *Repositórios Externos* de OAs. Nesses repositórios os OAs estão anotados mediante padrões de metadados educacionais, tais como o LOM e o OBAA, mas também padrões de metadados gerais como o *Dublin Core*. O padrão *Dublin Core* é adotado na maioria dos repositórios devido à simplicidade e generalidade dos elementos de metadados utilizados para descrever os recursos digitais. Nos repositórios onde os OAs não estão anotados por um padrão de metadados é necessário realizar o mapeamento para algum dos padrões de metadados. Os repositórios de OAs tais como, BIOE, RIVED, FEB entre outros detalhados na Seção 2.4.3, são exemplos de repositórios que utilizam padrões de metadados e podem ser utilizados nos SWSGC. Os OAs recuperados destes repositórios devem ser mapeados para o padrão de metadados usado pelo sistema.

Para acessar os *Repositórios Externos* é necessário implementar as interfaces de comunicação, visto que eles trabalham com diferentes protocolos. As interfaces

geralmente utilizadas para o acesso a esses recursos podem implementar os protocolos OAI-PMH¹⁸, Z39.50¹⁹ o LDAP²⁰. O OAI-PMH é um protocolo padrão para consulta de metadados. O Z39.50 é um protocolo para acesso a informação de bibliotecas digitais. O LDAP é utilizado para recuperar informações em servidores de diretórios remotos LDAP. Os recursos também podem ser acessados através da implementação de serviços Web, que fornecem as interfaces para recuperar as informações desses repositórios. Dessa forma, essas interfaces garantem a interoperabilidade entre as diferentes fontes de dados.

A fim de garantir a qualidade dos OAs utilizados pelos SWSGC, os *Repositórios Externos* devem pertencer a instituições educativas, particulares e/ou governamentais, voltadas para o ensino, onde os OAs são desenvolvidos por professores, educadores ou pedagogos que possuem experiência e conhecimento nos temas desenvolvidos.

Na Figura 12 se apresenta os diferentes recursos externos dos quais podem ser recuperados OAs e os protocolos ou serviços utilizados para acessá-los.

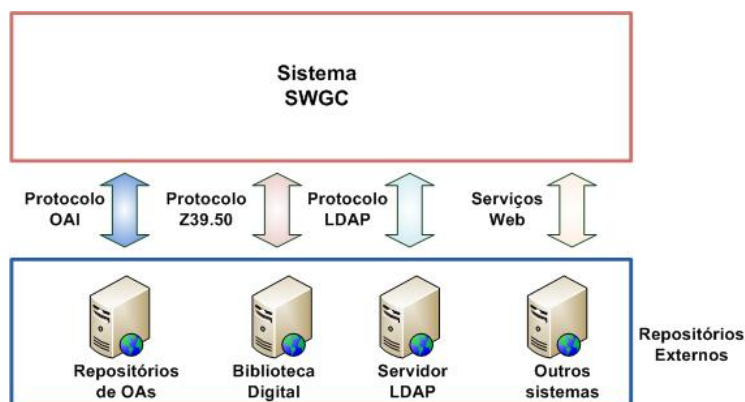


Figura 12 - Recursos externos e seus protocolos de acesso.

4.1.1.2 Repositório Semântico

O *Repositório Semântico* é um recurso local onde está armazenado o conhecimento utilizado no SWSGC. No *Repositório Semântico* da arquitetura proposta

¹⁸ <http://www.openarchives.org>

¹⁹ <http://www.loc.gov/z3950/agency/>

²⁰ <http://tools.ietf.org/html/rfc4510>

foram identificadas quatro ontologias que são utilizadas com as seguintes finalidades: integrar OAs; anotar semanticamente os OAs e os cursos; e, dar suporte as atividades de autoria de metadados de OAs e de cursos. As ontologias identificadas são as seguintes: a de *Materiais de Aprendizagem*; de *Padrão de Metadados*; de *Domínio*; e, das *Orientações Curriculares*.

A ontologia de *Domínio* descreve os conceitos pertencentes a uma área específica de conhecimento para a qual o sistema é destinado, por exemplo, Matemática, Biologia, etc.. Os conceitos definidos nessa ontologia são utilizados para anotar os OAs semanticamente. A anotação consiste em determinar quais os conceitos do domínio que são tratados ou explicitados pelo conteúdo do OA. O conjunto de OAs anotados pelos conceitos do domínio está armazenado no *Repositório Semântico* e é conhecido como *Catálogo Local*.

A ontologia de *Materiais de Aprendizagem* descreve a organização ou estrutura dos conteúdos educacionais que pertencem a um domínio de ensino. Essa ontologia é usada para definir os OAs que estão relacionados a um conteúdo educacional. Os conteúdos educacionais descritos por esta ontologia são anotados pelos conceitos da ontologia de *Domínio*.

Na ontologia *Padrão de Metadados* estão definidos os conceitos e as propriedades de um padrão de metadados educacional. Os padrões de metadados descrevem as informações relacionadas aos OAs, permitindo que os OAs possam ser localizados, utilizados, compartilhados e gerenciados.

Na ontologia de *Orientações Curriculares* estão descritos os conceitos que orientam o processo de ensino-aprendizagem de uma disciplina ou curso. Neste contexto essas orientações podem ser utilizadas como guia na identificação dos conteúdos educacionais da ontologia de *Materiais de Aprendizagem*. Desta forma, essas ontologias são utilizadas para a efetiva recuperação de OAs que estão de acordo com as orientações curriculares.

Essas ontologias também são utilizadas na comunicação entre os agentes, descrevendo o conteúdo das mensagens trocadas entre eles.

O acesso ao conhecimento do *Repositório Semântico* pode ser através de uma linguagem de consulta, permitindo assim a formulação de consultas lógicas sobre os OAs armazenados e o conhecimento representado nas ontologias.

4.1.1.3 Base de Dados

Na *Base de Dados* estão armazenadas as informações utilizadas para o funcionamento do SWSGC, tais como: as informações e os privilégios dos usuários, usadas para o acesso ao sistema; e, as informações sobre os *Repositórios Externos*.

4.1.2 Camada Sistema Multiagente

Na *Camada Sistema Multiagente* são implementados os componentes responsáveis por toda a lógica de negócio da aplicação. Esses componentes correspondem a um conjunto de agentes que podem desempenhar sete papéis diferentes. Esses papéis definem as funções e os comportamentos dos agentes e estão relacionados às atividades de gestão de conteúdos educacionais, tais como: a autoria de metadados de OAs; a autoria de cursos; a anotação semântica de OAs; e, a busca de OAs. Esses papéis são especificados na Seção 4.2.1. Os agentes desta camada também são responsáveis por integrar os componentes das outras camadas, atendendo as requisições dos usuários e integrando os dados, os serviços e os outros recursos necessários para desempenhar as suas tarefas.

Na arquitetura proposta, os agentes podem ser executados sobre uma plataforma de agentes a qual dispõe de toda a infraestrutura e os recursos necessários para sua execução (Seção 2.3.4). Os agentes podem ser executados em mais de uma plataforma de agentes, as quais podem estar localizadas em diferentes máquinas distribuídas pela rede. Com isso, os agentes do SMA podem estar localizados em um servidor de aplicação junto com a *Camada de Aplicação*, como também podem estar distribuídos em diferentes servidores.

Para se comunicar com os componentes das outras camadas, os agentes devem implementar as interfaces de comunicações necessárias. Com essas interfaces os agentes têm acesso à *Base de Dados* da aplicação, ao *Repositório Semântico* e *Repositórios Externos*, e também estabelece a comunicação com os componentes da *Camada de Aplicação*.

Na Seção 4.2 são especificados os papéis que os agentes podem desempenhar e a

organização do SMA em termos das interações existentes entre os agentes.

4.1.3 Camada de Aplicação

Nesta camada são implementadas as funcionalidades necessárias para tratar a lógica de apresentação e a comunicação entre o usuário e os agentes do SMA. A comunicação com o usuário é realizada através de interfaces gráficas. Essas interfaces gráficas dão suporte ao usuário provendo interfaces de fácil utilização e especializadas de acordo com o seu perfil. Assim, por exemplo, o usuário *Aluno* tem acesso às interfaces de busca, o usuário *Professor* tem acesso às interfaces de busca, autoria de metadados de OAs e autoria de cursos e o usuário *Administrador* tem acesso às funcionalidades para o gerenciamento e configuração de todo o sistema.

Para garantir a interoperabilidade entre os componentes desta camada com os agentes do SMA, a comunicação é realizada através de mensagens, onde o conteúdo é descrito de acordo com as ontologias usadas no SWSGC.

4.2 Organização arquitetural dos agentes da Camada Sistema Multiagente

Nessa seção são especificados os agentes em função de seus papéis e da sua organização dentro da aplicação. Na arquitetura proposta, os agentes podem desempenhar sete papéis, os quais definem os comportamentos e os aspectos funcionais que são exibidos por eles, assim como a interação entre eles. A seguir são especificados cada um dos papéis e a organização social do SMA.

4.2.1 Especificação dos papéis dos agentes

Os papéis determinam as funções e comportamentos que cada agente pode apresentar dentro do SMA. Os papéis foram definidos em função dos trabalhos estudados no Capítulo 3. Nesses trabalhos foram identificados os principais aspectos e

requisitos das atividades relacionadas à gestão de conteúdos educacionais, que levou a definição das funções e capacidades dos agentes. Assim, de acordo com esse estudo os seguintes papéis foram definidos:

- *Gerenciador de Interface com o usuário;*
- *Gerenciador de Recurso;*
- *Gerenciador de Conhecimento;*
- *Autoria de metadados de OAs;*
- *Autoria de Curso;*
- *Anotador;*
- *Buscador.*

Os nomes escolhidos para cada um deles tenta expressar de forma genérica quais são as suas funções e capacidades dentro da aplicação.

Neste trabalho, os comportamentos desses papéis foram definidos em termos de objetivos, planos e crenças de acordo com o modelo de agentes BDI, apresentado na Seção 2.3.1. Na especificação e na representação dos papéis foram utilizados alguns diagramas e os conceitos definidos pela metodologia de desenvolvimento de software orientado a agentes Tropos²¹, que suporta o projeto e a especificação de agentes BDI. Os diagramas utilizados na modelagem foram construídos com o auxílio da ferramenta TAOM4E (*Tool for Agent Oriented Modeling for the Eclipse*)²².

4.2.1.1 O papel Gerenciador de Interface com o usuário

A principal função que caracteriza esse papel é a capacidade de fazer a interface entre os componentes da *Camada de Aplicação* e os outros agentes do SMA, recebendo as requisições dessa camada e interagindo com os outros agentes para atender as requisições dos usuários.

Para cada novo usuário na aplicação um agente com esse papel deve ser criado

²¹ <http://www.troposproject.org/>

²² <http://selab.fbk.eu/taom/>

com seu respectivo perfil, que determina os privilégios e as informações de interesse de cada usuário. Assim outra função deste papel é gerenciar o perfil do usuário, apresentando as informações de forma apropriada.

Nos SWSGC podem ser identificados três tipos de perfil de usuário: *Administrador*, *Professor* e *Aluno*. Dessa forma, um usuário com o perfil *Administrador* terá acesso as funções de configuração do sistema, como adicionar, configurar e inicializar novos agentes, gerenciar a *Base de Dados* e as mesmas funcionalidades que os outros usuários possuem. Um usuário com o perfil de *Professor* tem acesso às funcionalidades de autoria de metadados de OAs, criação de cursos e busca de OAs. Um usuário com o perfil de *Aluno* tem acesso à funcionalidade de busca de OAs.

A Figura 13 apresenta o diagrama de objetivos do papel *Gerenciador de Interface com o usuário*.

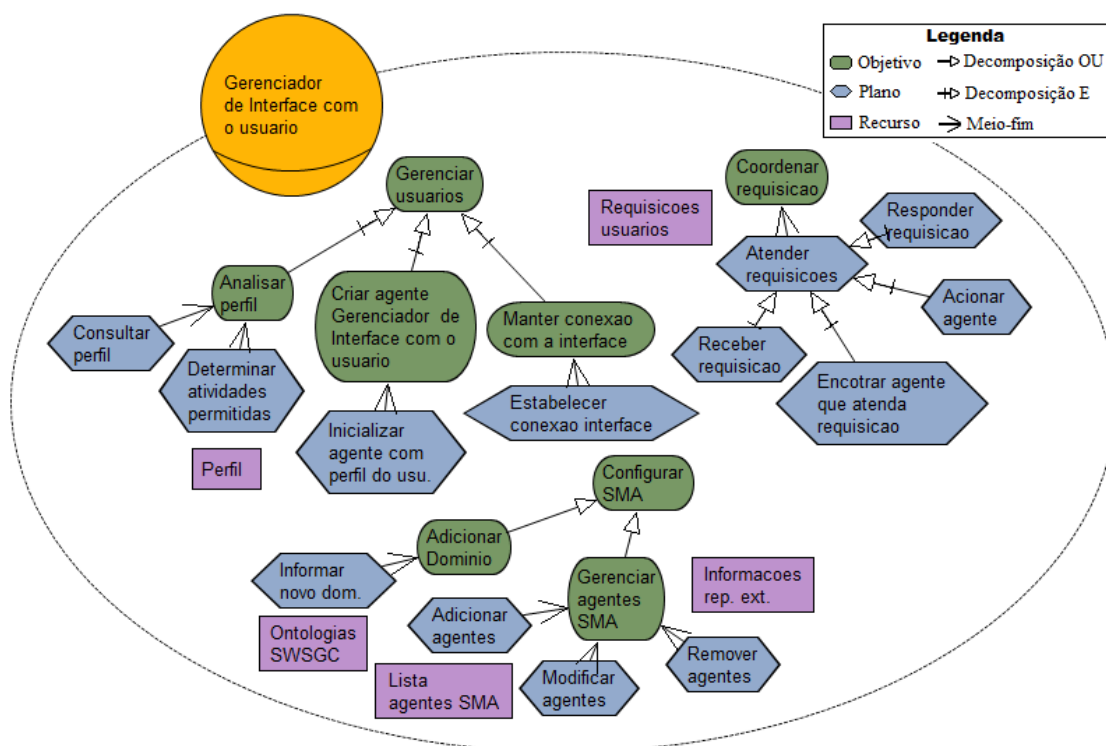


Figura 13 - Diagrama de objetivo do papel Gerenciador de Interface com o usuário.

O comportamento desse papel, apresentado no diagrama da Figura 13, é definido pelos seguintes objetivos:

- *Configurar SMA* – é responsável por atender as requisições do usuário *Administrador* para adicionar novas ontologias de *Domínio* e notificar o agente

Anotador essa nova ontologia. E também é o responsável pela configuração e a inicialização, a modificação e a remoção dos agentes do SMA;

- *Gerenciar usuarios* – é responsável por manter a conexão com os componentes da *Camada de Aplicação*. A cada usuário que entrar no sistema é criado um agente *Gerenciador de Interface com o usuário* com o respectivo perfil. O agente criado é responsável por atender as requisições desse usuário e apresentar as informações de acordo com seus privilégios;
- *Coordenar requisicao* – é responsável por atender as requisições dos usuários. Para isso, as requisições do usuário são analisadas e identificado um agente com a capacidade de executar a requisição do usuário. Delega as atividades para esse agente e apresenta aos usuários as informações geradas por esses agentes.

4.2.1.2 O papel Gerenciador de Recurso

A principal função que caracteriza esse papel é a capacidade de gerenciar o acesso aos recursos externos e locais a aplicação e disponibilizá-los para os agentes do SMA através de uma linguagem comum. Os recursos locais representam os dados e as informações da *Base de Dados*. Enquanto os recursos externos representam os *Repositórios Externos* de onde são recuperados os OAs.

Para dar acesso aos recursos, os agentes que assumirem este papel devem implementar as interfaces necessária para acessar os sistemas que gerenciam esses recursos. Assim, pode haver vários agentes desempenhando esse papel, onde cada um é responsável por dar acesso a determinados recursos. Os agentes que assumirem esse papel devem registrar os serviços e recursos oferecidos em um agente DF da plataforma de agentes, para que os outros agentes possam encontrá-los e utilizá-los.

Os agentes que assumirem este papel também são responsáveis por gerenciar e manter os dados da aplicação oferecendo serviços para armazenar, modificar, eliminar e buscar esses dados. E também, são responsáveis por gerenciar os dados dos recursos externos, oferecendo um serviço para coletar OAs e informar as notificações recebidas sobre mudanças nos metadados ou a adição de novos OAs nos *Repositórios Externos* para os agentes interessados.

Os agentes que assumirem o papel de *Gerenciador de Recurso* são responsáveis por disponibilizar os dados coletados em um formato que os agentes possam entender. Portanto os agentes que gerenciem os *Repositórios Externos* devem realizar o mapeamento do padrão de metadados utilizado nesses repositórios para o padrão de metadados definido para ser usado na aplicação.

Na Figura 14 é apresentado o comportamento desse papel, em termos dos objetivos, dos planos para alcançá-los e dos recursos utilizados.

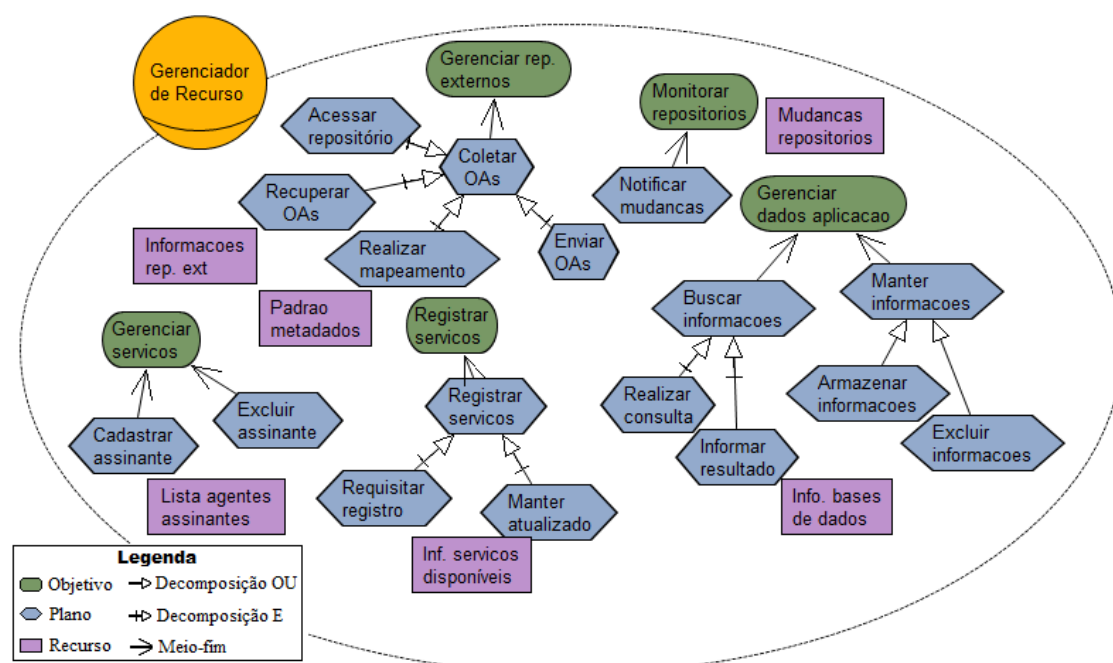


Figura 14 - Diagrama de objetivo do papel Gerenciador de Recurso.

O comportamento desse papel, apresentada no diagrama da Figura 14, é definido pelos seguintes objetivos:

- *Registrar servicos* – é responsável por registrar e manter registrado no DF da plataforma do SMA os serviços e recursos oferecidos por esse agente. Esse agente pode oferecer dois tipos de serviços, o primeiro envolve a recuperação e a notificação de mudanças nos metadados de OAs de *Repositórios Externos*, enquanto que o segundo é para manipular os dados da aplicação;
- *Gerenciar dados aplicacao* – é responsável por atender as requisições de outros agentes para recuperar e manter as informações na base de dados da aplicação. A manutenção inclui o registro, a modificação ou a exclusão das informações da

Base de Dados;

- *Gerenciar rep. externos* – é responsável por atender as requisições para a coleta de OAs dos *Repositórios Externos*. Para isso deve estabelecer a conexão com os *Repositórios Externos*, recuperar os OAs, mapear esses OAs para o padrão utilizado no SWSGC e enviar esses OAs para o agente que fez a requisição;
- *Gerenciar serviços* – é responsável por manter a lista dos agentes que desejam ser notificados sobre as mudanças nos *Repositórios Externos* como as modificações nos metadados ou a inclusão de novos OAs;
- *Monitorar repositórios* – é implementado para monitorar as mudanças dos *Repositórios Externos* que ofereçam um serviço de notificação relacionado aos novos recursos disponíveis ou as alterações.

4.2.1.3 O papel Gerenciador de Conhecimento

A principal função que caracteriza esse papel é gerenciar o *Repositório Semântico* utilizado na aplicação. Esse repositório está formado pelo *Catálogo Local*, e das seguintes ontologias: *de Domínio*; de *Orientações Curriculares*; de *Materiais de Aprendizagem*; e, de *Padrões de Metadados*.

O agente que assumir o papel do *Gerenciador de Conhecimento* é o responsável por manter e dar o acesso a todo o conhecimento da aplicação disponível no *Repositório Semântico* permitindo que os agentes do SMA realizem as consultas, a adição ou a alteração nesse conhecimento. Para isso, esse agente deve implementar as interfaces de acesso a esse repositório e também os mecanismos necessários para manipular esse repositório.

Na Figura 15 é apresentado o comportamento desse papel, em termos dos objetivos, dos planos para alcançá-los e dos recursos utilizados.

O comportamento desse papel, apresentado na Figura 15, é definido pelos seguintes objetivos:

- *Gerenciar estrutura ontologias* – é o responsável por atender as requisições para armazenar as ontologias e buscar na estrutura das ontologias. A busca na estrutura das ontologias pode ser para consultar: a hierarquia; as classes,

fornecer mecanismos que orientem no preenchimento ou recomendem valores para os elementos de metadados dos OAs.

O agente que assumir esse papel é responsável por atender as requisições dos usuários para obter as definições e os exemplos de uso dos elementos de metadados. Assim como, apresentar sugestões de valores de elementos de metadados. Essas sugestões podem ser realizadas de acordo com as informações do usuário, relacionadas ao seu perfil, ou inferidas do conhecimento armazenado nas ontologias.

Após o usuário ter finalizado a autoria de metadados do OA, os valores dos elementos de metadados necessitam ser validados. A validação consiste em verificar se os valores definidos estão relacionados ao conhecimento mantido nas ontologias referentes ao curso e ao conteúdo educativo no qual está sendo descrito o OA. Portanto, outra responsabilidade do agente que assumir este papel é validar os valores de metadados informados pelo usuário na autoria do OA e disponibilizá-los ao agente *Anotador* para a anotação semântica.

Na Figura 16 é apresentado o comportamento desse papel, em termos dos objetivos, dos planos para alcançá-los e dos recursos utilizados.

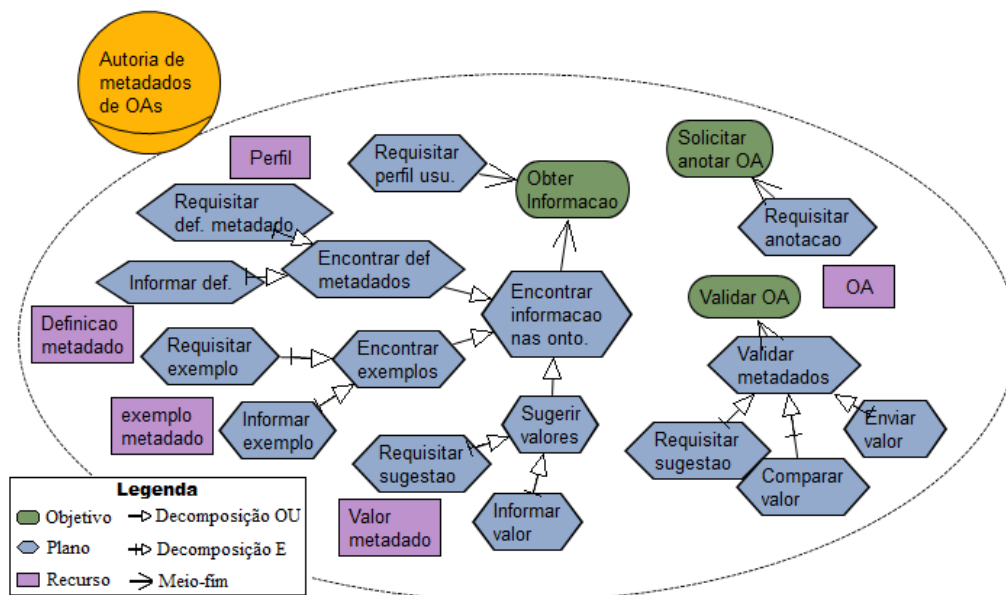


Figura 16 - Diagrama de objetivo do papel Autoria de metadados OAs.

O comportamento desse papel, apresentado na Figura 16, é definido pelos seguintes objetivos:

- *Obter informacao* – é responsável por atender as requisições para obter as informações relacionadas: à definição dos elementos de metadados; aos exemplos de uso; ao valor de um determinado elemento de metadado; e, a informação relacionada ao autor dos metadados do OA. As informações relacionadas à definição de elementos de metadados, aos exemplos de uso e aos valores dos metadados são obtidas das ontologias através de uma requisição ao agente com o papel de *Gerenciador de Conhecimento*. A informação relacionada ao usuário é recuperada da *Base de Dados* através de uma requisição ao agente com o papel de *Gerenciador de Recurso*;
- *Validar OA* – é responsável pelo processo de validação dos valores dos metadados informados pelos usuários na autoria de um OA. A validação consiste em comparar os valores informados pelos usuários com os valores recuperados das ontologias. Nas situações em que existirem diferença entre eles, é realizada uma sugestão de acordo com o valor encontrado na ontologia;
- *Solicitar anotar OA* – é responsável por enviar para ao agente *Anotador* uma solicitação de anotação do OA.

4.2.1.5 O papel Anotador

A principal função que caracteriza este papel é a capacidade de realizar as tarefas necessárias para anotar semanticamente os OAs utilizando as ontologias de *Domínio*. O agente que assumir o papel de *Anotador* será responsável por anotar semanticamente OAs coletados nos *Repositórios Externos* ou criados pelo usuário *Professor* utilizando as ontologias de *Domínio*.

A anotação semântica pode ser realizada através de uma medida de similaridade entre os conceitos do domínio e os valores de determinados elementos de metadados dos OAs. Se o valor de similaridade atingir um valor preestabelecido o OA será anotado por esse conceito do domínio.

Outra responsabilidade desse agente é tratar as atualizações que ocorrem nos *Repositórios Externos* e nas ontologias de *Domínio*. Nos *Repositórios Externos*, quando ocorrem mudanças (adição ou alteração de OAs), os novos OAs devem ser anotados de

acordo com as ontologias *de Domínio*, e os OAs já existentes no *Catálogo Local* devem ser atualizados. Quando são inseridas novas ontologia *de Domínio*, este agente deve encontrar todos os agentes que gerenciam os *Repositórios Externos* e solicitar a coleta de OAs a fim de anotá-los segundo o novo domínio.

Na Figura 17 é apresentado o comportamento desse papel, em termos dos objetivos, dos planos para alcançá-los e dos recursos utilizados.

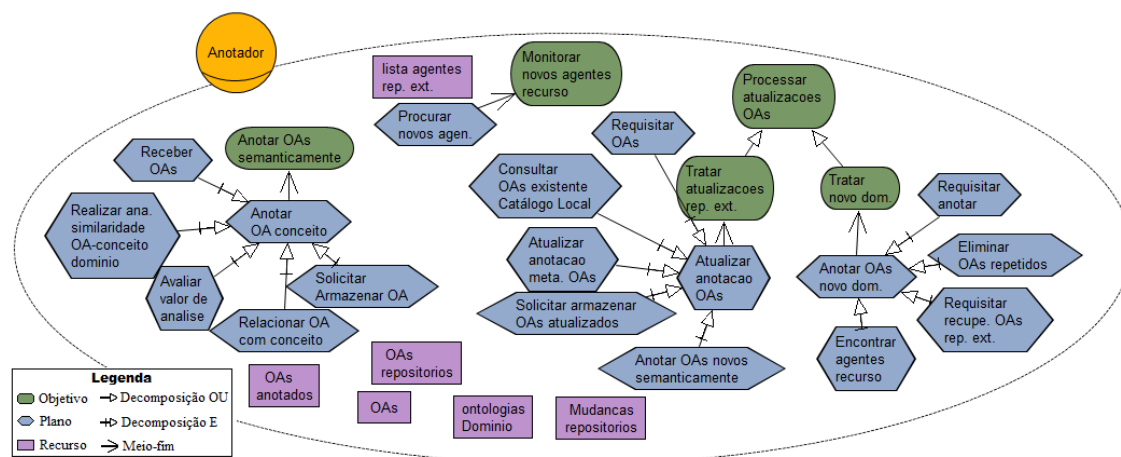


Figura 17 - Diagrama de objetivo do papel Anotador.

No diagrama da Figura 17 é apresentado os principais objetivos que determinam os comportamentos que os agentes devem apresentar:

- *Anotar OAs semanticamente* – é responsável por anotar os OAs através dos conceitos do domínio. Os OAs a serem anotados provem dos *Repositórios Externos* através dos agentes *Gerenciador de Recurso* ou da atividade de autoria de metadados de OAs através do agente *Autoria de metadados de OAs*. A anotação semântica pode ser realizada por meio de uma análise de similaridade entre os conceitos da ontologia *de Domínio* e alguns valores dos elementos de metadados do OA. Os elementos que podem ser utilizados na análise são: o título, a descrição e as palavras chaves. Em função do resultado dessa análise é definido o relacionamento dos OAs com os conceitos do domínio. Os OAs anotados são armazenados no *Repositório Semântico* através de uma solicitação ao agente *Gerenciador de Conhecimento*;
- *Processar atualizacoes OAs* – é responsável por tratar as atualizações dos OAs nos *Repositórios Externos* e/ou adição de novos repositórios ao sistema.

Também é responsável por tratar a adição de novas ontologias de *Domínio* ao sistema. Para isso, esse objetivo dispara dois sub-objetivos: *Tratar atualizacoes rep. ext.* e *Tratar novo dom*;

- *Tratar atualizacoes rep. ext.* – é responsável por requisitar a recuperação de OAs aos agentes *Gerenciador de Recurso* e realizar as alterações nos OAs já cadastrados ou a anotação semântica dos novos OAs. Este objetivo é ativado quando os agentes *Gerenciador de Recurso* notificarem esse agente sobre mudanças nos *Repositórios Externos* como a adição ou mudanças nos OAs, ou quando forem adicionados novos repositórios. Se os OAs recuperados já estão cadastrados é realizada a atualização dos valores de metadados desses OAs. Os OAs que não estiverem cadastrados são anotados semanticamente;
- *Tratar novo dom.* – é responsável por solicitar a coleta de OAs aos agentes *Gerenciador de Recurso* quando novos domínios são adicionados ao sistema. Este objetivo é ativado quando o agente *Gerenciador de Interface com o usuário* notificar a adição de uma nova ontologia de *Domínio*. De acordo com o novo domínio é solicitado aos agentes *Gerenciador de Recurso* a coleta de OAs para serem anotados semanticamente;
- *Monitorar novos agentes recurso* – é responsável por monitorar a adição de novos agentes *Gerenciador de Recurso* que gerenciem um *Repositório Externo* ao sistema a fim de encontrar e anotar os novos OAs.

4.2.1.6 O papel Autoria de Curso

A principal função que caracteriza este papel é a de fornecer facilidades para os usuários na autoria dos cursos. Para apoiar a autoria de cursos, o agente que assumir esse papel deve implementar os mecanismos para guiar os usuários na criação do curso, a anotação semântica do curso e a recomendação de OAs a serem utilizados no curso.

Para a autoria de cursos é necessária a estrutura dos conteúdos de um curso definida na ontologia de *Materiais de Aprendizagem*, a estrutura das orientações curriculares definidas na ontologia de *Orientações Curriculares*, as ontologias de *Domínio* e os OAs que estão armazenados no *Catálogo Local*.

Na criação do curso, o agente que assumir o papel de *Autoria de Curso* é o responsável por oferecer ao usuário uma guia utilizando a estrutura das ontologias de *Materiais de Aprendizagem* e de *Orientações Curriculares*.

A anotação semântica do curso consiste em identificar nos conteúdos educacionais dos cursos, os conceitos do domínio que estão relacionados. Neste sentido, o agente que assumir este papel é responsável por apresentar ao usuário uma guia para essa tarefa, utilizando os conteúdos dos cursos e os conceitos da ontologia de *Domínio*.

Finalmente, este agente é responsável por guiar o usuário na seleção dos OAs a serem utilizados no curso. Para isso, é realizada uma requisição de busca de OAs pelos conceitos relacionados aos conteúdos do curso.

Na Figura 18 é apresentado o comportamento desse papel, em termos de seus objetivos, dos planos para alcançá-los e dos recursos utilizados.

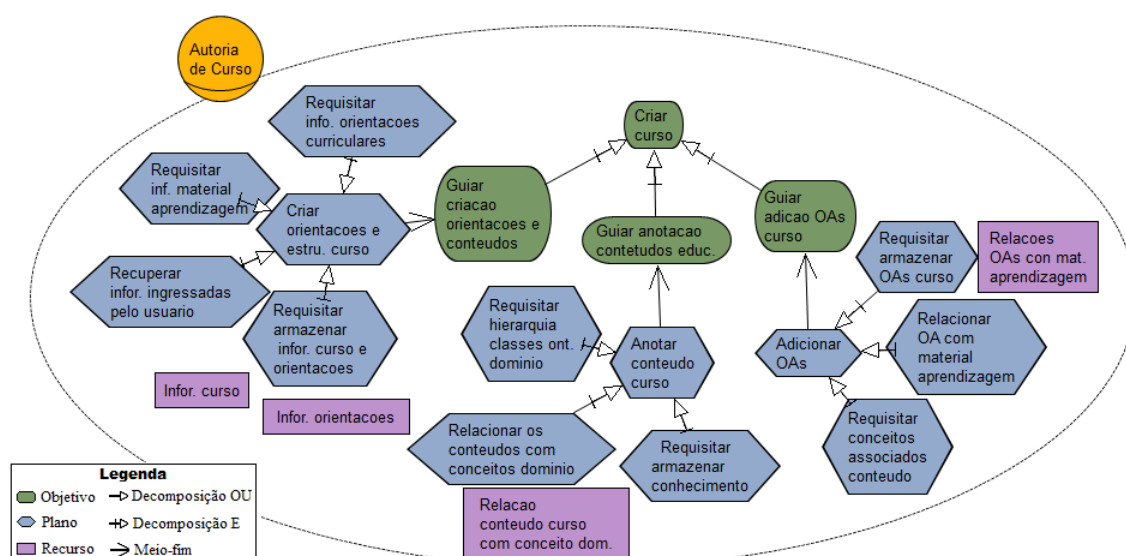


Figura 18 - Diagrama de objetivo do papel Autoria de Curso.

O comportamento desse papel, apresentado na Figura 18, é definido pelos seguintes objetivos:

- *Criar curso* – é responsável por guiar os usuários na criação de novos cursos, guiar a anotação semântica do curso e guiar a adição de OAs ao curso;
- *Guiar criação orientações e conteúdos* – é responsável por disponibilizar ao usuário uma guia para a criação de orientações curriculares e para a estruturação dos conteúdos educacionais de um curso, utilizando as ontologias de

Orientações Curriculares e Materiais de Aprendizagem. As informações fornecidas pelos usuários sobre o curso ou as orientações curriculares são armazenadas no *Repositório Semântico* através de uma requisição ao agente *Gerenciador de Conhecimento*;

- *Guiar anotacao conteudos educ.* – é responsável por guiar o usuário na anotação dos conteúdos educacionais pelos conceitos da ontologia de *Domínio*;
- *Guiar adicao OAs curso* – é responsável por guiar o usuário na adição de OAs a serem utilizados no curso que está sendo criado. Para isso, na requisição de busca semântica de OAs utiliza os conceitos da ontologia de *Domínio* e das orientações curriculares relacionados aos conteúdos educacionais do curso. Para adicionar os OAs escolhidos pelo usuário ao curso é criado um relacionamento entre o conteúdo educacional e os OAs. Essas informações são armazenadas no *Repositório Semântico* através de uma requisição ao agente *Gerenciador de Conhecimento*.

4.2.1.7 O papel Buscador

A principal função que caracteriza este papel é a capacidade de atender as requisições de buscas de OAs realizados pelos outros agentes. As requisições de buscas são transformadas em consultas ao *Catálogo Local* (busca semântica) ou aos *Repositórios Externos* (busca sintática).

O agente que assumir este papel é responsável por transformar as requisições de buscas em consultas ao *Catálogo Local*. Nesse contexto, o agente é responsável por atender as requisições de busca dos outros agentes e realizar a expansão semântica dos conceitos dessa requisição. A expansão consiste em recuperar as superclasses e subclasses dos conceitos da requisição de busca, através do agente *Gerenciador de Conhecimento*. Os conceitos expandidos são utilizados para requisitar a recuperação dos OAs no *Catálogo Local* ao agente *Gerenciador de Conhecimento*.

Outra responsabilidade do agente que assumir este papel é recuperar sintaticamente OAs nos *Repositórios Externos*. Para isso, esse agente solicita aos agentes *Gerenciador de Recurso* a recuperação de OAs de acordo com os conceitos da

requisição.

Na Figura 19 é apresentado o comportamento desse papel, em termos dos objetivos, dos planos para alcançá-los e dos recursos utilizados.

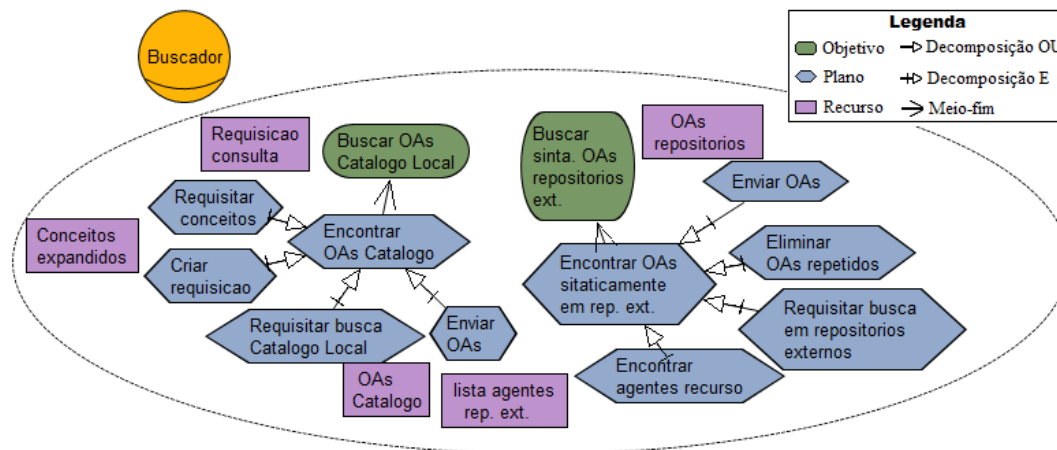


Figura 19 - Diagrama de objetivo do papel Buscador.

O comportamento desse papel, apresentado na Figura 19, é definido pelos seguintes objetivos:

- *Buscar semanticamente Catalogo Local* – é responsável pela expansão semântica dos conceitos da requisição de consulta (encontrar conceitos do domínio associados ao conteúdo educativo e encontrar as superclasse e subclasses desses conceitos). Para isso, requisita ao agente *Gerenciador de Conhecimento* os conceitos presentes na consulta, transcrevendo e solicitando a consulta semântica no *Catálogo Local*. O resultado contendo os OAs encontrados é encaminhado para os agentes que requisitaram a busca;
- *Buscar sintaticamente repositorios ext.* – é responsável por encontrar os agentes *Gerenciador de Recurso*, que disponibilizam os recursos dos *Repositórios Externos*, e efetuar a requisição de busca de OAs nesses repositórios. Os OAs repetidos que forem recuperados são eliminados e enviados ao agente que requisitou a busca.

4.2.2 Organização social do SMA

Nesta seção é especificada a organização social do SMA, a qual determina os relacionamentos existentes entre os papéis especificados na seção anterior. Esses relacionamentos representam como os agentes interagem para desempenhar suas tarefas. Essas interações são realizadas através da troca de mensagens entre os agentes para a troca de informações e de recursos. Na Seção 4.3 são apresentados os cenários e as interações que ocorrem entre os agentes.

Na Figura 20 é apresentada a organização geral dos papéis que os agentes podem desempenhar, onde se destacam os relacionamentos entre os papéis bem como os recursos que são gerenciados. As setas entre os agentes representam as mensagens trocadas e a direção em que são enviadas.

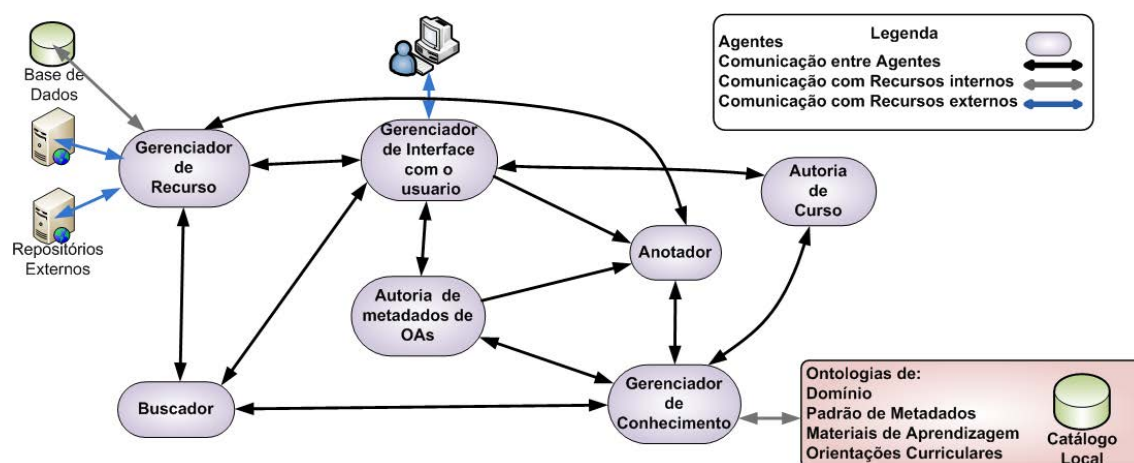


Figura 20 - Organização geral do SMA.

Na Figura 20, o agente *Gerenciador de Interface com o usuário* recebe as requisições da *Camada de Aplicação* e interagem com todos os outros agentes para requisitar e obter as informações, e os recursos necessários para apoiar os usuários nas seguintes atividades: autoria de metadados de OAs; autoria de cursos; anotação semântica; e, na busca de OAs.

Na realização dessas atividades, o agente *Autoria de metadados de OAs* interage com o *Gerenciador de Conhecimento* para obter: as definições; os exemplos de uso; e, as sugestões de valores dos elementos de metadados dos OAs. Com o *Anotador* a interação ocorre para solicitar a anotação semântica dos OAs criados.

O agente *Autoria de Curso* interage com o *Gerenciador de Conhecimento* para recuperar o conhecimento das ontologias de *Materiais de Aprendizagem*, *Orientações Curriculares* e *Domínio*, bem como solicitar o armazenamento do curso gerado nessa atividade.

Para atender as requisições de consulta, o agente *Buscador* interage com o *Gerenciador de Conhecimento* para consultar conceitos da ontologia de *Domínio* e solicitar a recuperação de OAs do *Catálogo Local*, e com o *Gerenciador de Recurso* para solicitar a recuperação de OAs dos *Repositórios Externos*.

O agente *Anotador* interage com o *Gerenciador de Recurso* para recuperar os OAs que devem ser anotados semanticamente, com o *Gerenciador de Conhecimento* para consultar conceitos da ontologia de *Domínio* e solicitar o armazenamento no *Catálogo Local* dos OAs anotados semanticamente. O *Anotador* também pode ser notificado pelos *Gerenciadores de Recurso* sobre as mudanças nos *Repositórios Externos*, e pelos *Gerenciadores de Interface com o usuário* sobre as novas ontologias de *Domínio* da aplicação.

Na Figura 21 é apresentado o diagrama de atores (metodologia Tropos) que representa a organização social do SMA em termos dos papéis e seus principais relacionamentos, especificados com base na metodologia Tropos. Nesse diagrama, os relacionamentos apresentados na Figura 20 são expressos em termos das dependências existentes entre os papéis para alcançar seus objetivos, executar os planos e fornecer os recursos. A direção da dependência indica qual o papel que possui o objetivo, executa o plano ou consome o recurso. Essas dependências já foram apresentadas nos papéis dos agentes definidos na seção anterior.

agentes do SMA:

- Inicialização do SMA;
- Anotação semântica de OAs;
- Anotação semântica de OAs de novos domínios;
- Atualizar a anotação semântica de OAs;
- Busca semântica de OAs;
- Busca sintática de OAs;
- Autoria de cursos;
- Autoria de metadados de OAs de forma manual;
- Autoria de metadados de OAs de forma semi-automática.

4.3.1 Inicialização do SMA

Antes de inicializar o sistema é preciso ter definido as ontologias e as fontes de OAs que serão utilizadas no sistema. Na arquitetura proposta estão definidos quatro tipos de ontologias, a de *Materiais de Aprendizagem*, de *Orientações Curriculares*, de *Padrão de Metadados* e de *Domínio*. O sistema pode trabalhar com mais de uma ontologia de *Domínio*, conforme as necessidades dos cursos existentes. Assim, o sistema para ser inicializado necessita das ontologias de *Material de Aprendizagem*, *Orientações Curriculares*, *Padrão de Metadados* e pelo menos uma ontologia de *Domínio*.

Outra informação necessária para a inicialização do sistema é a definição dos *Repositórios Externos* de onde serão recuperados os OAs. Com a definição dessas informações o sistema está pronto para ser utilizado.

Na inicialização do SMA é necessário executar dois agentes: um agente desempenhando o papel de *Gerenciador de Interface com o usuário* e outro com o papel de *Gerenciador de Recurso* para o acesso a informação dos usuários no *Banco de Dados* da aplicação. Esses agentes permitem o acesso do usuário *Administrador*, que é o responsável por definir os recursos de informação mínimos com os quais deve ser inicializado o sistema e inicializar os outros agentes. Os recursos de informação correspondem às ontologias, que farão parte do *Repositório Semântico*, e os

Repositórios Externos de OAs, os quais o sistema terá acesso.

Quando o usuário entra no sistema o agente *Gerenciador de Interface com o usuário* consulta o perfil do usuário através de uma requisição ao agente *Gerenciador de Recurso*. Se o usuário que está ingressando no sistema é do tipo *Administrador* é inicializado um agente *Gerenciador de interface com o usuário* com a capacidade de gerenciar o SMA. Logo após, o *Administrador* solicita a inicialização de um agente *Gerenciador de Conhecimento* para gerenciar o *Repositório Semântico*, um agente *Gerenciador de Recurso* associado a cada *Repositório Externo* de OAs de onde serão recuperados os OAs e a inicialização dos outros agentes do SMA (*Autoria de metadados de OAs, Autoria de Curso, Buscador e Anotador*).

Para a inicialização do agente *Gerenciador de Conhecimento*, o *Administrador* indica as ontologias de *Material de Aprendizagem, Orientações Curriculares, Domínio e Padrão de Metadados* a serem utilizadas no sistema e que serão gerenciadas pelo agente *Gerenciador de Conhecimento*. Já na inicialização dos agentes *Gerenciador de Recurso*, o *Administrador* indica os *Repositórios Externos* de OAs, de onde serão recuperados os OAs, e solicita a criação de um agente *Gerenciador de Recurso* para cada um dos *Repositórios Externos* de OAs. Cada agente criado tem seus serviços registrados no DF da plataforma para que os outros agentes possam localizá-los.

Na Figura 22 é apresentado o diagrama de sequência que ilustra o cenário de inicialização do SMA. O diagrama apresenta como caso ilustrativo a inicialização do agente *Gerenciador de Conhecimento*, um agente *Gerenciador de Recurso* e o agente *Buscador*. Por motivos de clareza da figura, só é apresentado à troca de mensagens entre os agentes do SMA, não está incluído as mensagens enviadas pelo usuário *Administrador*.

4.3.2 Anotação semântica de OAs

Com a finalidade de disponibilizar os OAs aos usuários por meio da busca semântica é necessário realizar a anotação semântica dos OAs utilizando os conceitos das ontologias de *Domínio*.

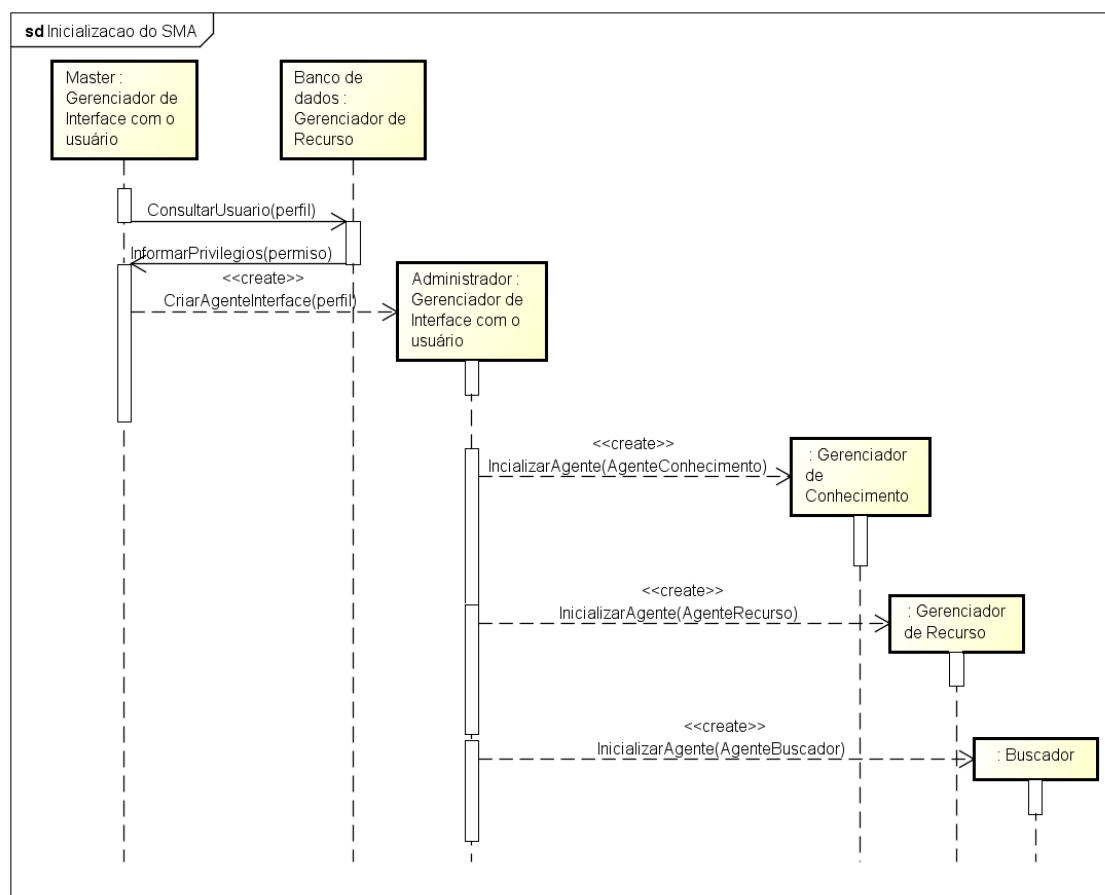


Figura 22 - Diagrama de sequência - Inicialização do SMA.

Os OAs a serem anotados podem ser aqueles recuperados dos *Repositórios Externos* ou criados pelos usuários através da atividade de autoria de metadados de OAs. A anotação semântica do OA consiste em determinar se o conteúdo de um OA está associado a um conceito do domínio, a fim de que seja criado um relacionamento entre eles. Para isto é realizado uma análise de medida de similaridade entre os conceitos da ontologia de *Domínio* e alguns valores dos elementos de metadados dos OAs. A informação dos metadados que podem ser utilizados nesse processo são o título, descrição e palavras chaves.

O agente *Anotador* recebe o OA a ser anotado e os conceitos de domínio enviados pelo agente *Autoria de metadados OAs* e/ou recuperados dos *Repositórios Externos*. Após receber a informação, o agente *Anotador* recupera os valores dos elementos de metadados que serão utilizados na análise de similaridade e realiza a comparação com o conceito de domínio. No caso do conceito de domínio ser encontrado nestes valores de metadados o *Anotador* cria o relacionamento entre o OA e

o conceito do domínio. Finalmente, a informação do OA anotado semanticamente é enviada pelo *Anotador* ao agente *Gerenciador de Conhecimento* para ser armazenada no *Catálogo Local*.

Na Figura 23 é apresentado o diagrama de sequência que ilustra as interações entre os agentes para desempenhar as tarefas de anotação semântica de OAs.

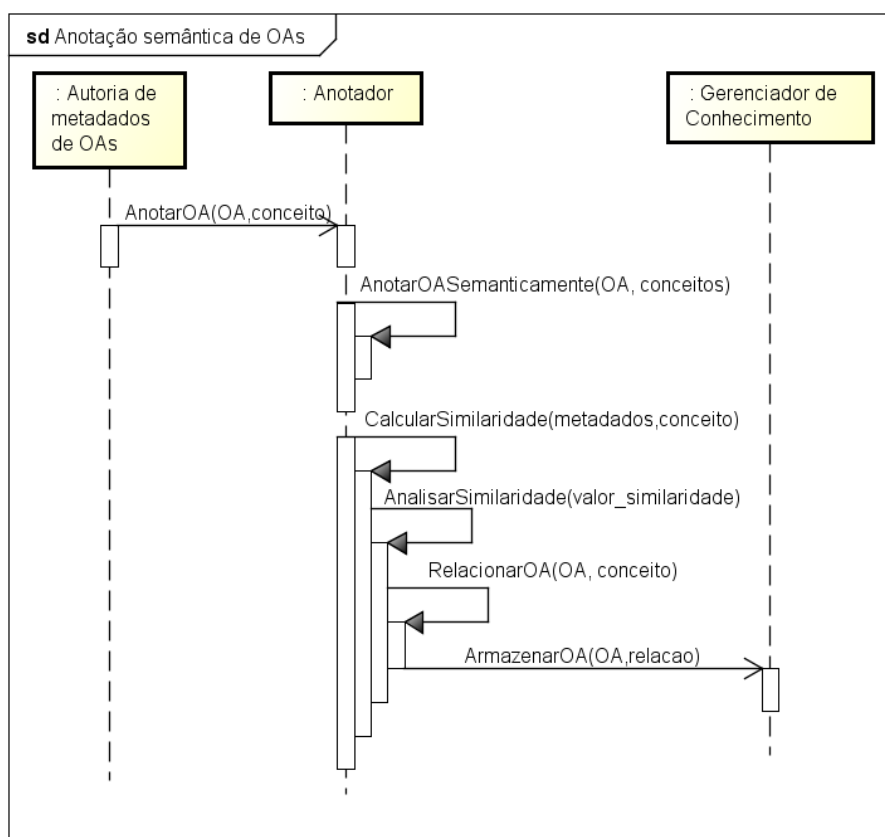


Figura 23 - Diagrama de Sequência - Anotação semântica de OAs.

4.3.3 Anotação semântica de OAs de novos domínios

O SWSGC deve disponibilizar aos usuários os OAs anotados semanticamente para cada domínio que exista no sistema. Portanto, se um domínio for adicionado no sistema, deve-se realizar a coleta de OAs nos *Repositórios Externos* para serem anotados semanticamente e adicionados ao *Catálogo Local*.

Neste contexto, quando o usuário *Administrador* adicionar um novo domínio ao sistema, o agente *Gerenciador de Interface com o usuário* notifica o agente *Anotador* informando o novo domínio. Após receber a notificação o agente *Anotador* procura no

DF da plataforma do SMA, os agentes *Gerenciador de Recurso* que acessam *Repositórios Externos*. Para cada agente *Gerenciador de Recurso* é realizada a solicitação da recuperação de OAs que tenham relação com os conceitos da ontologia de *Domínio*. Os OAs recuperados dos repositórios são anotados semanticamente pelo objetivo *Anotar OAs semanticamente* do *Anotador* e enviados ao agente *Gerenciador de Conhecimento* para serem armazenados no *Catálogo Local*.

Considerando que a recuperação de OAs é realizada em diferentes repositórios pode existir a recuperação do mesmo OA de repositórios distintos. Nesse caso o agente *Anotador* deve eliminar os OAs duplicados. Para a eliminação de um OA repetido pode ser considerado um valor de confiança ou preferência do *Repositório Externo* que tenha sido definido pelo *Administrador*.

Na aplicação deve existir um agente *Gerenciador de Recurso* para cada *Repositório Externo* registrado no DF do SMA. Assim as buscas nos *Repositórios Externos* podem ser realizadas em paralelo. Na Figura 24 é apresentado o diagrama de sequência que ilustra a interação entre os agentes para desempenhar as tarefas de anotação semântica de OAs pela adição de novos domínios. Por motivos de clareza na figura não está representado a mensagem enviada ao agente *Gerenciador de Conhecimento* para armazenar os OAs anotados semanticamente.

4.3.4 Atualizar a anotação semântica de OAs

A atualização semântica de OAs pode ser realizada pela adição de novos *Repositórios Externos* ao sistema ou pela notificação dos agentes *Gerenciador de Recurso* sobre mudança nos metadados ou a adição de novos OAs nos *Repositórios Externos*.

Quando o agente *Anotador* for notificado por um agente *Gerenciador de Recurso* de alguma mudança nos *Repositórios Externos* ou encontrar um novo agente *Gerenciador de Recurso* é realizada uma solicitação a esse agente para a recuperação de OAs. Após receber os OAs recuperados é realizada uma consulta ao agente *Gerenciador de Conhecimento* para identificar quais desses OAs estão no *Catálogo Local*. Naqueles OAs que já estão no *Catálogo Local* é realizada a atualização da anotação dos

metadados e enviada ao *Gerenciador de Conhecimento* para sua atualização no *Catálogo Local*. Os novos OAs são anotados semanticamente pelo objetivo *Anotar OAs semanticamente*.

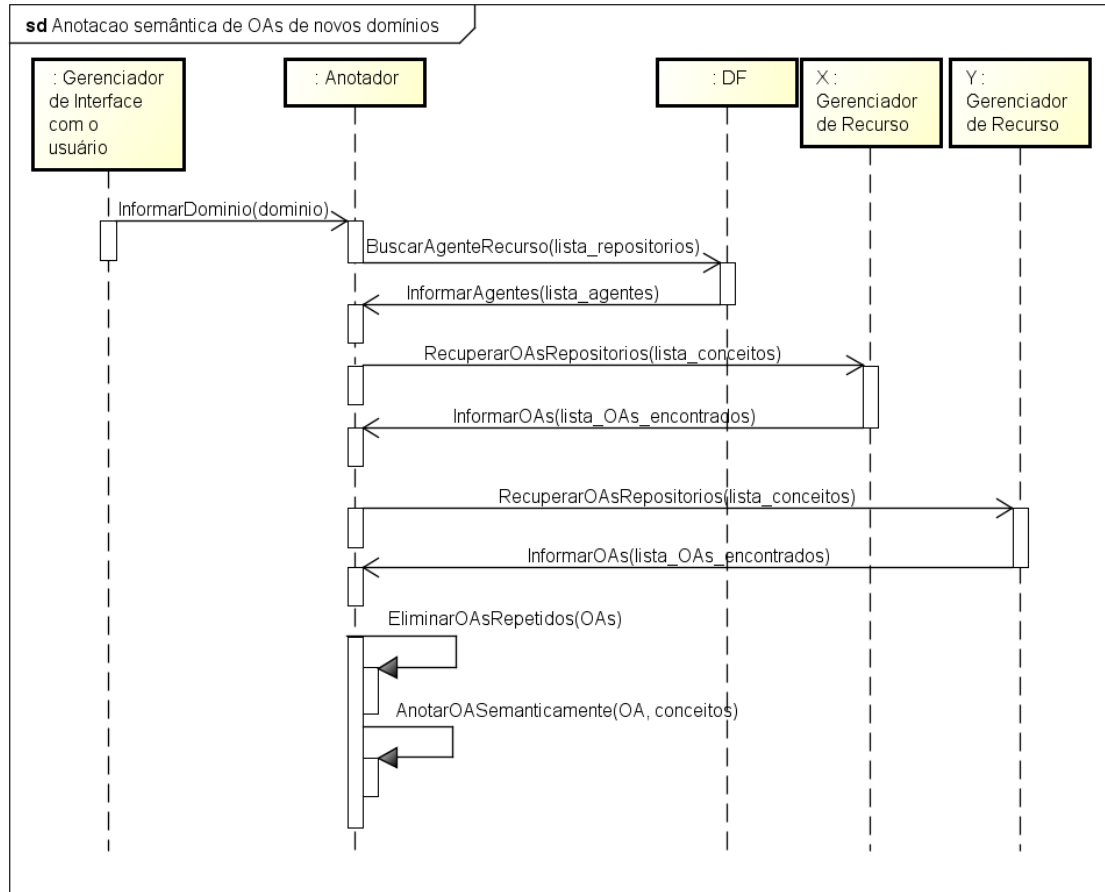


Figura 24 - Diagrama de sequência - Anotação semântica de OAs de novos domínios.

Na Figura 25 é apresentado o diagrama de sequência que ilustra a interação entre os agentes para desempenhar as tarefas de atualização da anotação semântica de OAs.

4.3.5 Busca semântica de OAs

A busca semântica de OAs consiste em recuperar do *Catálogo Local* os OAs que cumprem com a requisição de consulta do usuário. A requisição da consulta pode ser simples, baseada nos conteúdos educacionais, ou complexa, baseada nos conteúdos educacionais e nos valores específicos dos elementos do padrão de metadados.

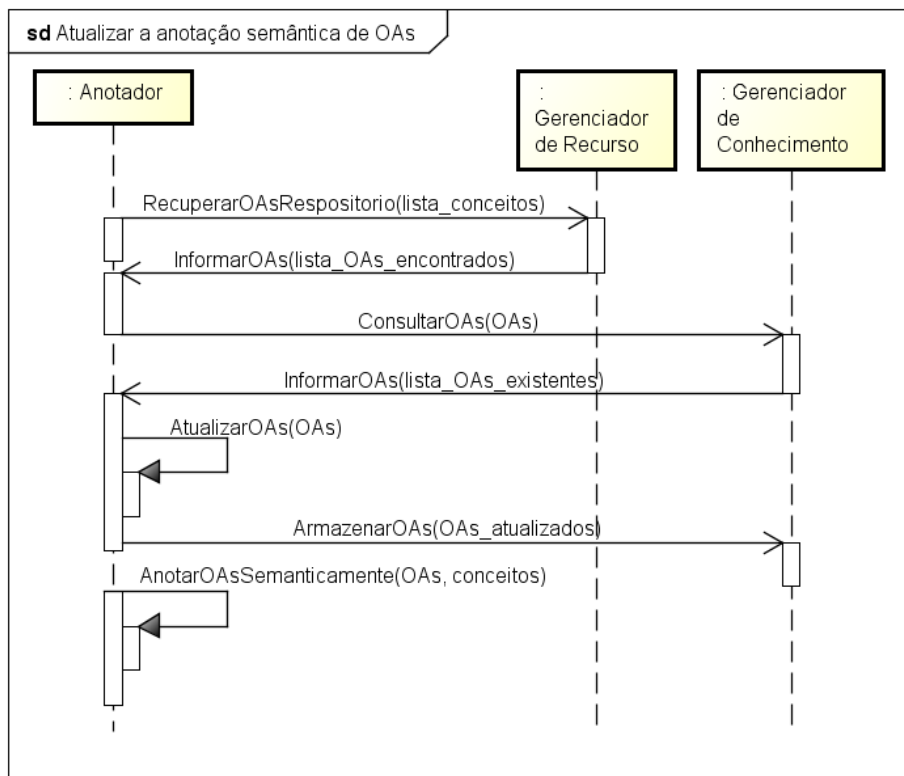


Figura 25 - Diagrama de sequência - Atualizar a anotação semântica de OAs.

O agente *Buscador* recebe a requisição de consulta do usuário, enviada pelo agente *Gerenciador de Interface com o usuário*, com o conteúdo educacional e/ou valores de metadados que devem ser utilizados para encontrar os OAs. Logo após o *Buscador* solicita ao agente *Gerenciador de Conhecimento* recuperar os conceitos de domínio associados ao conteúdo educacional. Usando os conceitos de domínio o agente *Buscador* solicita ao agente *Gerenciador de Conhecimento* recuperar as superclasses e subclasse desses conceitos, e gera uma lista de conceitos expandidos (expansão semântica). Com esses conceitos expandidos, o agente *Buscador* requisita a recuperação de OAs que tratem esses conceitos ao agente *Gerenciador de Conhecimento*. No caso das consultas complexas, nos OAs recuperados serão comparados os valores de metadados dos OAs com aqueles requeridos na consulta. Finalmente, os OAs que cumprem os requerimentos de consulta são enviados pelo *Buscador* ao agente *Gerenciador de Interface com o usuário* para serem apresentados ao usuário.

Na Figura 26 é apresentado o diagrama de sequência que ilustra a interação entre os agentes para desempenhar as tarefas de busca semântica de OAs no *Catálogo Local*.

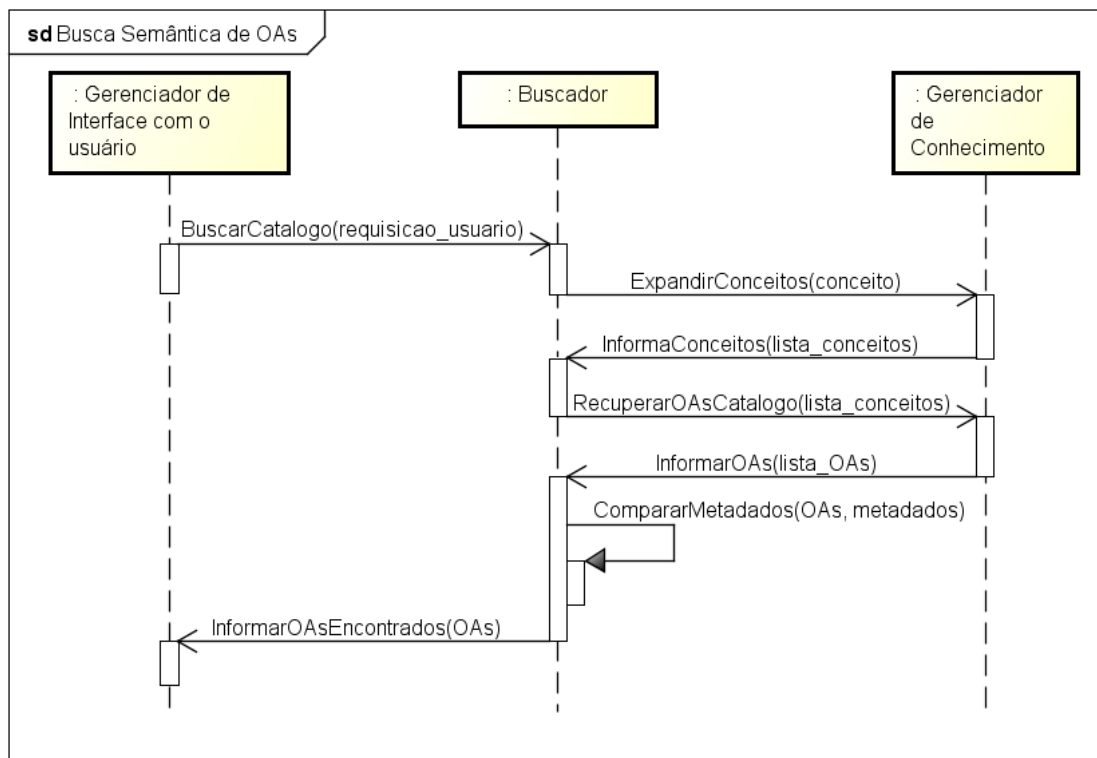


Figura 26 - Diagrama de sequência - Busca semântica de OAs.

4.3.6 Busca sintática de OAs

A busca sintática de OAs é realizada nos *Repositórios Externos* quando não existe o domínio de consulta no *Repositório Semântico*. A requisição de consulta pode ser simples, baseada em palavras chaves, ou complexa, baseada em palavras chaves e valores específicos de elementos do padrão de metadados.

O agente *Buscador* recebe a requisição de consulta do usuário enviada pelo agente *Gerenciador de Interface com o usuário* contendo as palavras chaves e/ou valores de metadados que devem ser utilizados para encontrar os OAs. Posteriormente, o agente *Buscador* requisita ao DF da plataforma do SMA, a informação dos agentes *Gerenciador de Recurso* que acessam a *Repositórios Externos* disponíveis na plataforma. Logo, o *Buscador* envia aos agentes *Gerenciador de Recurso* informados pelo DF, a consulta aos *Repositórios Externos* para recuperação dos OAs. Os OAs recuperados são analisados pelo *Buscador* a fim de eliminar OAs repetidos e comparar os valores de metadados dos OAs com aqueles requeridos na consulta. Os OAs que cumprem os requerimentos da consulta são enviados pelo *Buscador* ao agente

Gerenciador de Interface com o usuário para serem apresentados ao usuário.

Na aplicação é definido um agente *Gerenciador de Recurso* responsável por cada *Repositório Externo* ao qual o sistema tenha acesso. Assim as buscas nos *Repositórios Externos* podem ser realizadas em paralelo.

Na Figura 27 é apresentado o diagrama de sequência que ilustra a interação entre os agentes para desempenhar as tarefas de busca sintática de OAs nos *Repositórios Externos*.

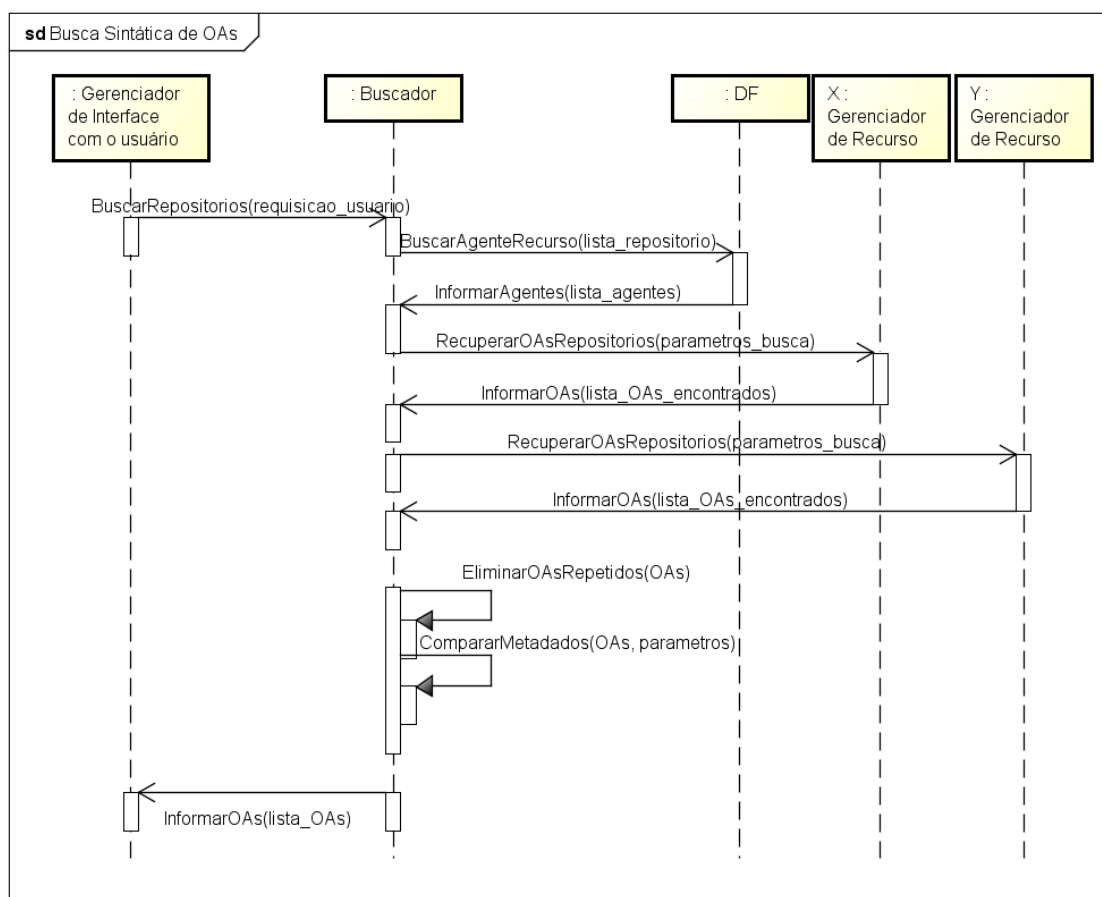


Figura 27 - Diagrama de Sequência - Busca sintática de OAs.

4.3.7 Autoria de cursos

A autoria de cursos é uma atividade realizada pelos usuários *Administrador* e *Professor* que consiste em criar um curso e adicionar os OAs a serem utilizados nesse curso. Um curso está formado pelas orientações curriculares que guiam o processo de ensino-aprendizagem e pela estrutura dos conteúdos educacionais. Para que esses cursos

sejam disponibilizados necessitam ter associados um ou mais OAs que serão utilizados no ensino-aprendizagem dos conteúdos educacionais dos cursos.

O agente *Autoria de Curso* por meio do agente *Gerenciador de Interface com o usuário* apresenta uma guia aos usuários para apoiar o ingresso das informações requeridas para criar e disponibilizar um curso. Por meio desta guia, o usuário *Administrador* é responsável por informar as orientações curriculares do curso ou da disciplina e a estrutura dos conteúdos educacionais do curso. Já o usuário *Professor* é o responsável por informar a relação dos conteúdos educacionais com os conceitos do domínio e a identificação dos OAs a serem utilizados no curso.

O *Administrador* informa na guia as orientações curriculares e a estrutura do curso. Essas informações são coletadas pelo agente *Gerenciador de Interface com o usuário* que solicita ao agente *Autoria de Curso* a criação das orientações curriculares e da estrutura do curso. O agente *Autoria de Curso* envia essa informação ao agente *Gerenciador de Conhecimento* para seu armazenamento no *Repositório Semântico*.

Após estabelecidas as orientações curriculares e a estrutura do curso, o *Professor*, através da guia identifica os conceitos do domínio que estão relacionados aos conteúdos educacionais do curso. O agente *Gerenciador de Interface com o usuário* recebe essa informação e solicita ao agente *Autoria de Curso* criar a relação. O agente *Autoria de Curso* cria a relação entre os conteúdos educacionais do curso com os conceitos do domínio e solicita ao *Gerenciador de Conhecimento* armazenar essa informação no *Repositório Semântico*.

Para adicionar OAs ao curso o usuário solicita na interface gráfica a busca de OAs. O agente *Autoria de Curso* pode incluir na requisição de busca informações contidas nas orientações curriculares e na estrutura do curso. O agente *Gerenciador de Interface com o usuário* recebe os OAs selecionados pelo *Professor* e solicita ao *Autoria de Curso* adicionar esses OAs aos cursos. O agente *Autoria de Curso* cria o relacionamento e solicita ao agente *Gerenciador de Conhecimento* armazenar essas informações no *Repositório Semântico*.

Na Figura 28 é apresentado o diagrama de sequência que ilustra a interação entre os agentes para desempenhar as tarefas de autoria de curso.

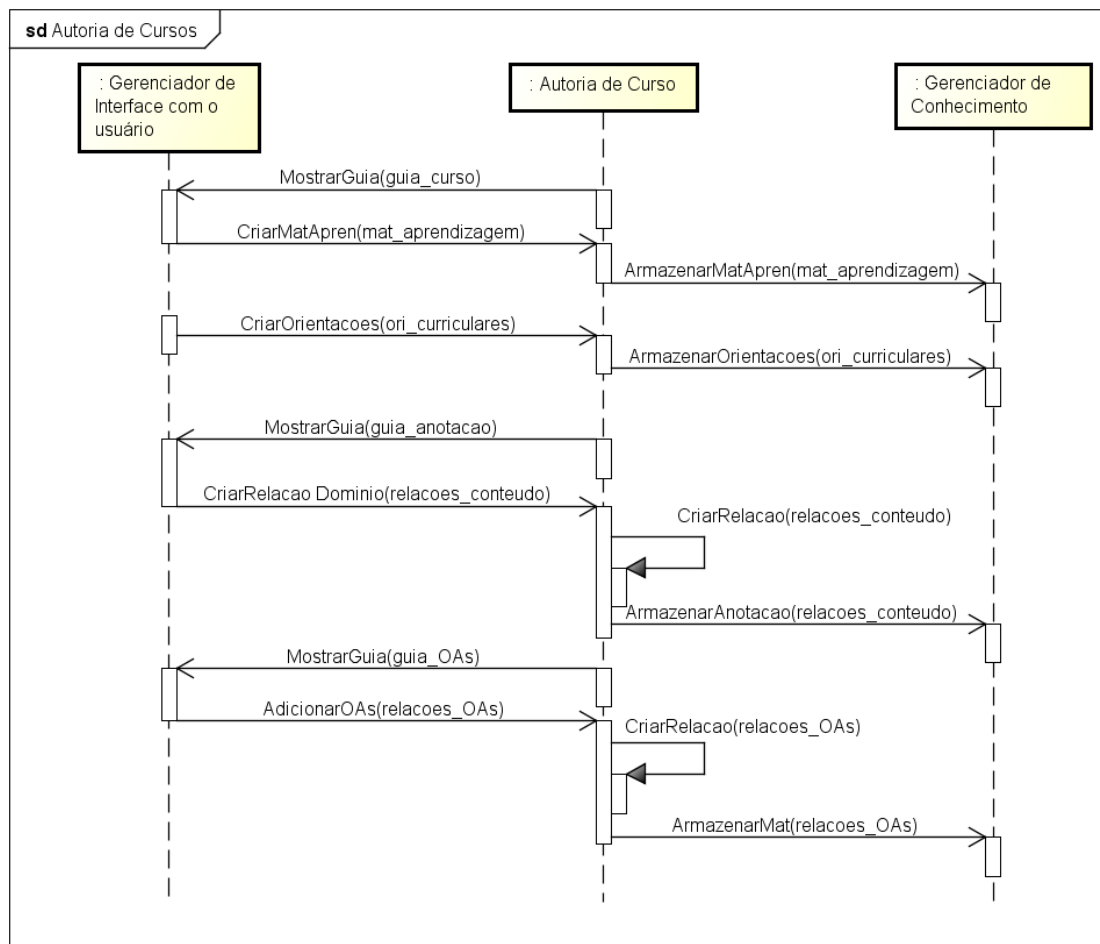


Figura 28 - Diagrama de sequência - Autoria de cursos.

4.3.8 Autoria de metadados de OAs de forma manual

A autoria de metadados de OAs é uma atividade realizada pelo usuário *Professor* (Figura 29). A autoria de metadados de OAs por preenchimento manual se refere ao ingresso de informação dos valores dos elementos de metadados dos OAs (descrição do OA). Neste contexto o sistema deve oferecer ajuda ao *Professor* através de definições, exemplos ou possíveis valores para os elementos de metadados de acordo com o padrão utilizado.

O início das atividades de autoria de metadados de OAs no preenchimento manual ocorre quando é requisitado algum tipo de ajuda para preencher os valores dos elementos de metadados dos OAs, através do *Gerenciador de Interface com o usuário*. Portanto, as requisições para solicitar definições de metadados, exemplos de uso dos

metadados e sugestões de valores de um metadado não têm uma ordem de sequência específica e podem ser requeridas quantas vezes for necessário. As requisições realizadas através do *Gerenciador de Interface com o usuário* são encaminhadas para o agente de *Autoria de metadados de OAs*. O agente *Autoria de metadados de OAs* recebe uma das três requisições acima citadas e solicita a recuperação dessa informação no *Repositório Semântico* ao agente *Gerenciador de Conhecimento*.

Após o usuário terminar o preenchimento dos metadados o agente *Gerenciador de Interface com o usuário* solicita ao agente *Autoria de metadados de OAs* validar o OA. A validação consiste em verificar se os valores definidos no OA estão relacionados ao conhecimento mantido nas ontologias referente ao curso e ao conteúdo educacional. Assim, o agente *Autoria de metadados de OAs* solicita ao agente *Gerenciador de Conhecimento* a recuperação do conhecimento nas ontologias e compara o valor preenchido pelo usuário com o valor recuperado pelo *Gerenciador de Conhecimento*. Se existir diferença o agente *Autoria de metadados de OAs* informa ao *Gerenciador de Interface com o usuário* a fim de que o *Professor* aceite ou rejeite o valor indicado.

Finalmente, o *Gerenciador de Interface com o usuário* solicita criar ou inserir o OA no *Catálogo Local*, mas anteriormente necessita ser anotado semanticamente. Assim, o agente *Autoria de metadados de OAs* envia esse OA ao agente *Anotador* para a anotação semântica do OA.

No processo de autoria de metadados de OAs o usuário *Professor* pode solicitar a qualquer momento através da interface gráfica a recuperação de OAs com características similares ao OA que está sendo descrito a fim de reutilizar seu conteúdo.

Na Figura 29 é apresentado o diagrama de sequência que ilustra a interação entre os agentes para desempenhar as tarefas de autoria de metadados de OAs de forma manual. Por motivos de clareza da figura, não é apresentada a mensagem enviada ao agente *Anotador* para anotar semanticamente os OAs.

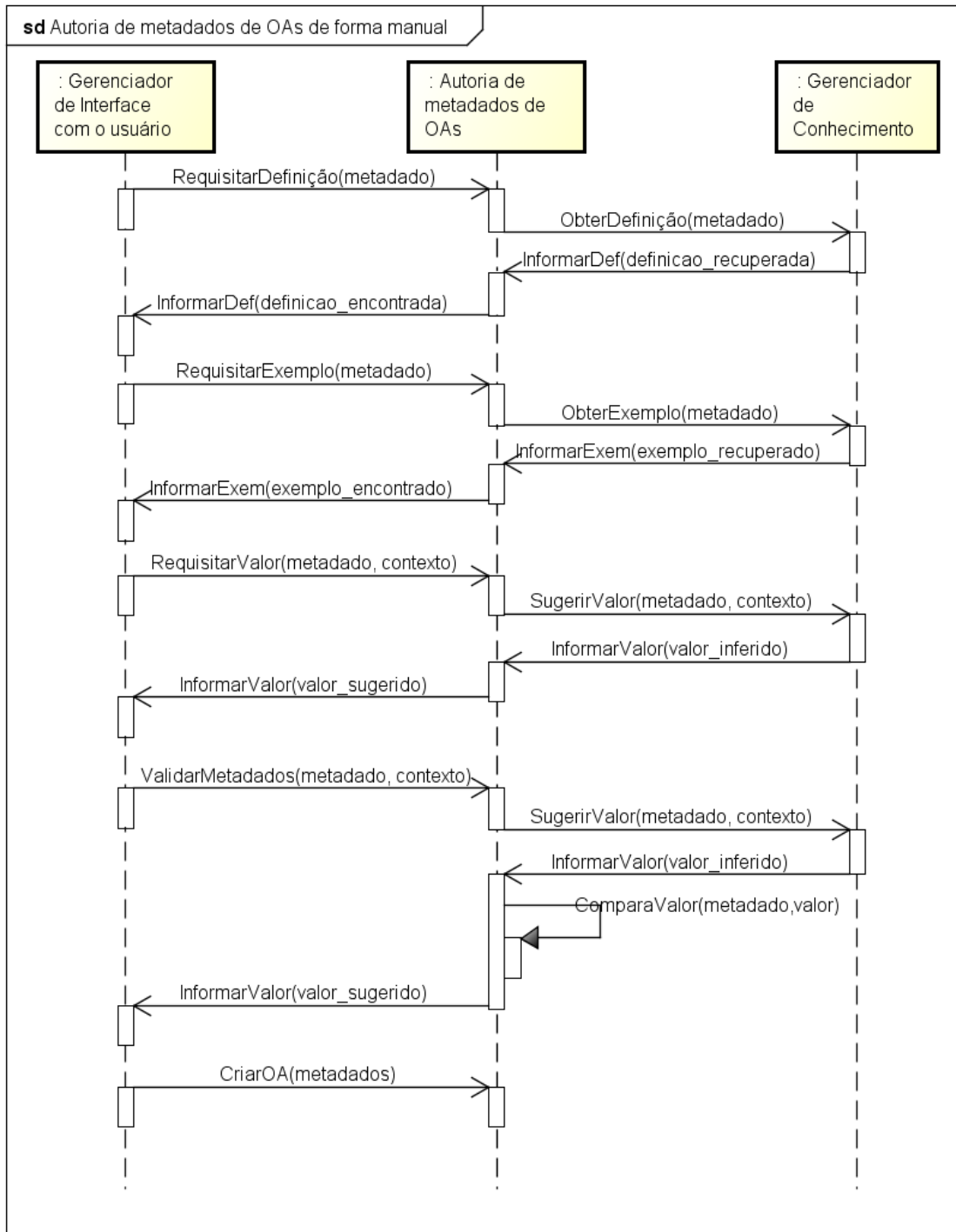


Figura 29 - Diagrama de sequência - Autoria de metadados de OAs de forma manual.

4.3.9 Autoria de metadados de OAs de forma semi-automática

Na autoria de metadados de OAs de forma semi-automática (Figura 30), as informações sobre o autor dos metadados e alguns valores dos elementos de metadados

dos OAs são obtidos automaticamente. As informações do autor são obtidas a partir do perfil do usuário, e os valores dos elementos de metadados são recuperados do conhecimento armazenado nas ontologias.

O usuário *Professor* através da interface gráfica ingressa algumas informações sobre o assunto do OA que vai ser “criado”. Com essas informações o agente *Gerenciador de Interface com o usuário* realiza uma requisição ao agente *Autoria de metadados de OAs* para obter os valores dos elementos de metadados. Posteriormente, o agente *Autoria de metadados de OAs* solicita ao agente *Gerenciador de Conhecimento* que obtenha os valores para esses elementos de metadados das ontologias, e solicita para o agente *Gerenciador de Recurso* a recuperação de informação do perfil do usuário. Esses valores de elementos de metadados encontrados são apresentados ao usuário através do agente *Gerenciador de Interface com o usuário* a fim de serem validados.

Os valores dos elementos de metadados que não forem recuperados automaticamente através das informações do perfil do usuário ou do conhecimento das ontologias serão preenchidos pelo *Professor*. Na tarefa de preenchimento o *Professor* pode ser apoiado através das definições e exemplos do uso dos elementos de metadados, conforme o processo de autoria de metadados de OAs por preenchimento manual explicitado na Seção 4.3.8. Posteriormente, o agente *Gerenciador de Interface com o usuário* solicita criar o OA ao agente *Autoria de metadados de OAs*. O *Autoria de metadados de OAs* envia o OA ao agente *Anotador* para ser anotado semanticamente e posteriormente armazenado no *Catálogo Local*.

No processo de autoria de metadados de OAs o usuário *Professor* pode solicitar a qualquer momento através da interface gráfica a recuperação de OAs com características similares, a fim de que se existir um OA semelhante, seja reutilizado.

Na Figura 30 é apresentado o diagrama de sequência que ilustra a interação entre os agentes para desempenhar as tarefas de autoria de metadados de OAs de forma semi-automática. Por motivos de clareza da figura, não é apresentada a mensagem enviada ao agente *Anotador* para anotar semanticamente os OAs.

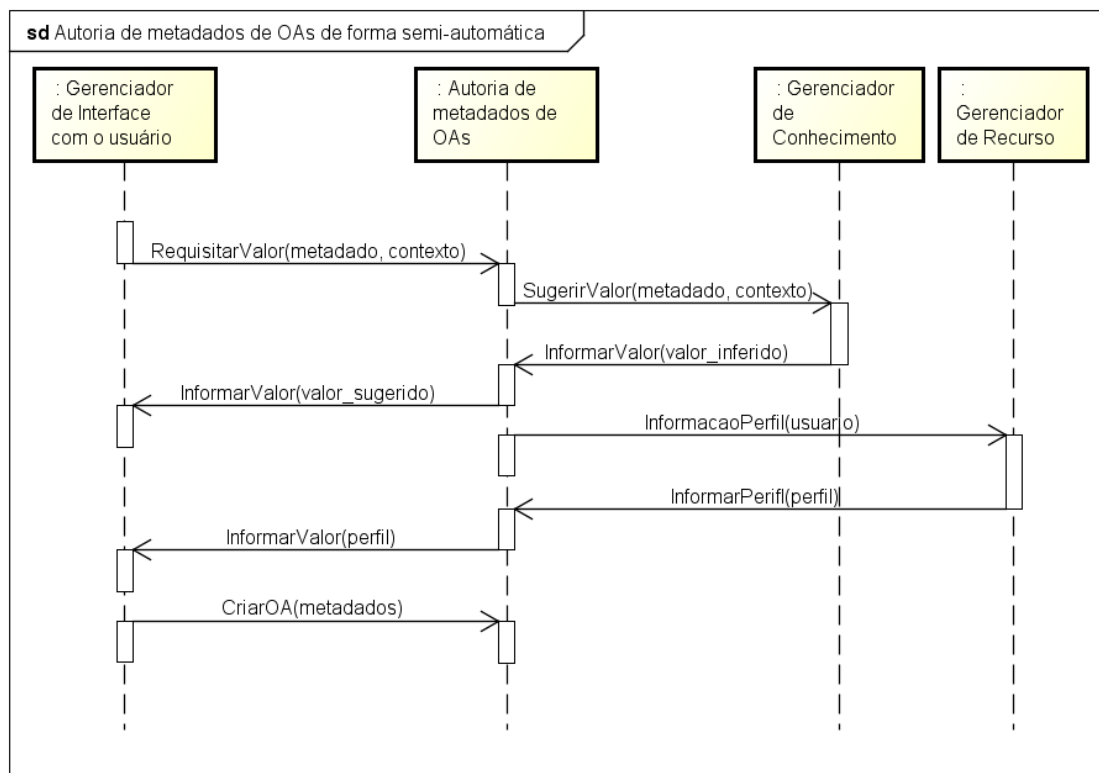


Figura 30 - Diagrama de seqüência - Autoria de metadados de OAs de forma semi-automática.

5 ONTOLOGIAS PARA A GESTÃO DE CONTEÚDOS EDUCACIONAIS

Neste capítulo são apresentadas as ontologias definidas para apoiar e suportar a integração de OAs de repositórios heterogêneos e as atividades de gestão de conteúdos educacionais em SWSGC. Na especificação da arquitetura foi proposta a utilização de quatro tipos de ontologias: a ontologia de *Materiais de Aprendizagem*, a de *Orientações Curriculares*, a de *Domínio* e a de *Padrão de Metadados*. Essas ontologias são utilizadas na descrição de OAs e na anotação semântica de OAs e de cursos, a fim de suportar as atividades de autoria de metadados de OAs e de cursos, bem como aprimorar a busca de OAs. Estas ontologias foram identificadas e desenvolvidas considerando os trabalhos apresentados no Capítulo 3, e também as orientações do PCN (Parâmetros Curriculares Nacionais) e as orientações curriculares de Matemática da Secretaria Municipal de Educação da cidade do Rio de Janeiro.

Nas próximas seções são apresentados os detalhes do desenvolvimento das ontologias, em termos das classes e dos relacionamentos definidos entre elas, bem como exemplos do conhecimento que pode ser representado por essas ontologias. Na sequência, são apresentados os relacionamentos existentes entre as diferentes ontologias, e finalmente, sua aplicação no processo de inferência de valores de elementos de metadados e no mapeamento entre os padrões de metadados. Nos exemplos apresentados, para a inferência e o mapeamento, é utilizado o padrão de metadados OBAA, que também é utilizado no estudo de caso, apresentado no Capítulo 6.

5.1 Descrição geral das ontologias

Com base no estudo e na análise dos trabalhos relacionados foi identificado um conjunto de quatro ontologias necessárias para apoiar e suportar a integração de OAs de repositórios heterogêneos e as atividades de gestão de conteúdos educacionais. Essas atividades estão relacionadas à autoria de metadados de OAs, à autoria de cursos, à busca e à anotação semântica de OAs, definidas nos SWSGC.

As quatro ontologias, apresentadas na Figura 31, estão divididas em duas categorias: ontologias próprias da aplicação e em ontologias gerais. As ontologias próprias da aplicação são desenvolvidas de acordo com as necessidades e o domínio da aplicação, enquanto as gerais podem ser reaproveitadas entre as diversas disponíveis na Web. As ontologias próprias da aplicação são: a ontologia de *Materiais de Aprendizagem* que é utilizada para organizar e estruturar os conteúdos educacionais dos cursos e a ontologia de *Orientações Curriculares* que orienta como pode ser realizado o processo de ensino-aprendizagem de uma disciplina ou curso. As ontologias gerais são: a ontologia de *Domínio* utilizada para descrever os conceitos dos diferentes domínios de conhecimentos que são tratados em um sistema de ensino, e a ontologia de *Padrão de Metadados* que permite descrever os OAs utilizados na aplicação a fim de que possam ser catalogados, recuperados e reutilizados.

Após a definição das ontologias, é necessário definir o relacionamento entre as diferentes ontologias, que pode significar, segundo Pernas et al. (2011), a inclusão de conhecimentos já existentes ou complementares para a ampliação da semântica nas aplicações computacionais. Nos SWSGC os relacionamentos entre conceitos das diferentes ontologias permitem a anotação semântica dos OAs e dos cursos, bem como a reutilização e o aprimoramento da busca de OAs. Assim, as ontologias identificadas estão relacionadas de acordo com o apresentado na Figura 31, onde os relacionamentos estão definidos e expressos através das setas.

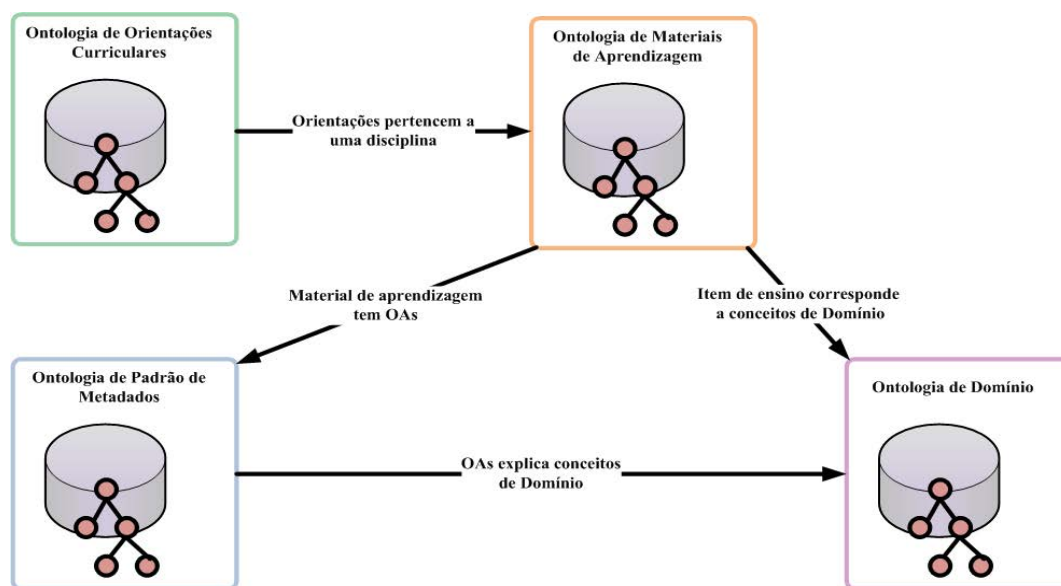


Figura 31 - Relacionamento entre as ontologias definidas para SWSGC.

A definição das ontologias e os relacionamentos entre elas são apresentadas em detalhe nas próximas seções. As ontologias foram implementadas utilizando o editor Protégé (versão 4.1.0) e estão descritas em OWL.

5.2 Ontologia de Materiais de Aprendizagem

A ontologia de *Materiais de Aprendizagem* descreve a organização e estrutura dos conteúdos educacionais a serem ensinados num domínio de ensino. Esta ontologia foi desenvolvida/definida tomando como base as orientações do PCN²³ e também as ontologias propostas nos trabalhos de Araujo (2003), Rossi (2011), Gluz e Xavier (2011) e Campos et al. (2011).

O PCN são orientações educacionais elaboradas pelo Governo Federal que visam contribuir para a implementação das reformas educacionais, definidas pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional²⁴ e regulamentadas por Diretrizes do Conselho Nacional de Educação. A fim de facilitar o trabalho na escola, apresenta um conjunto de práticas educativas e de organização dos currículos em termos de área de conhecimento. A organização dos conteúdos educacionais para cada área de conhecimento é realizada através de eixos ou de unidades temáticas.

Considerando o PCN e os trabalhos relacionados, a ontologia de *Materiais de Aprendizagem* é formada por seis classes que estão organizadas como uma estrutura de seis níveis:

- Área de Conhecimento – define a área de conhecimento que agrupa as disciplinas com características comuns;
- Disciplina – define a forma de organização do conhecimento e das competências, também conhecida como matéria no âmbito escolar;
- Unidade Temática – são as parcelas autônomas de conhecimento específico que podem ser organizadas dentro do projeto pedagógico de cada professor ou escola, em função das características dos alunos, do tempo e do espaço para sua

²³ <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro01.pdf>

²⁴ <http://legis.senado.gov.br/legislacao/ListaPublicacoes.action?id=102480>

realização;

- Módulo – define a subdivisão das unidades temáticas que agrupa os itens específicos a serem ensinados, em cada unidade temática;
- Item de ensino – define a unidade atômica da disciplina que representa cada item do conteúdo programático de um módulo;
- Material de aprendizagem – representam os recursos digitais a serem utilizados no ensino dos conteúdos educacionais de uma disciplina. Através desta classe é possível referenciar os OAs que são utilizados para o ensino dos conteúdos educacionais (Item de ensino).

Na Figura 32 é apresentada uma visão gráfica das classes definidas na ontologia de *Materiais de Aprendizagem*. O código OWL desta ontologia é encontrado no Apêndice A.

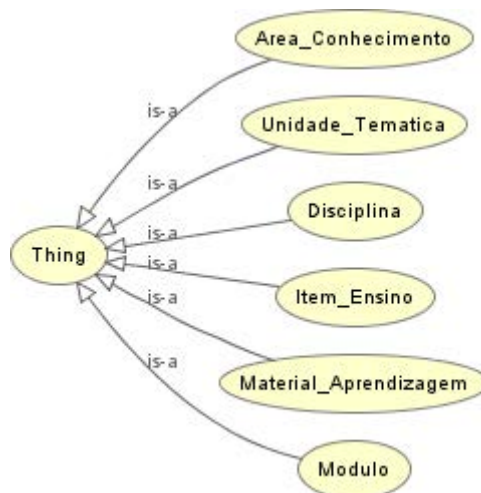


Figura 32 - Representação gráfica da ontologia de Materiais de Aprendizagem.

As classes definidas na ontologia de *Materiais de Aprendizagem* não têm uma hierarquia de classificação e sim uma relação de agregação, por exemplo, as Áreas de Conhecimento são formadas por Disciplinas, as Disciplinas são formadas por Unidades Temáticas, as Unidades Temáticas são formadas por Módulos, que por sua vez, são formadas por Itens de Ensino. Finalmente os Itens de Ensino contêm Materiais de Aprendizagem (Figura 32).

Seguindo a terminologia da OWL para as relações de agregação, que usam a palavra “has” (“tem” em português) para indicar relações deste tipo, foram definidos para cada classe, os atributos e as relações entre as classes, como ilustrado no Quadro 2.

Quadro 2 - Classes, atributos e relações da ontologia de Materiais de Aprendizagem.

Classes	Atributos	Relações <Range> Cardinalidade
Area_Conhecimento	Nome	areaTemDisciplina <Disciplina> 1..n
Disciplina	Nome Contexto Etapa Faixa_Etaria	disciplinaTemUnidade <Unidade_Tematica> 1..n
Unidade_Tematica	Nome	unidadeTemModulo<Modulo> 1..n
Modulo	Nome Assunto Indice	moduloTemItem<Item_Ensino> 1..n
Item_Ensino	Nome Sumula	itemTemMaterial<Material_Aprendizagem> 1..n itemTemAnterior<Item_Ensino> 1..1 itemTemProximo<Item_Ensino> 1..1
Material_Aprendizagem	Avaliacao	

Na ontologia de *Materiais de Aprendizagem* estão definidos atributos que ajudam a contextualizar o ambiente de ensino e que podem ser utilizados para a sugestão de valores de elementos de metadados na atividade de autoria de metadados de OAs, apresentados no Quadro 2. Assim, o atributo *Contexto* permite identificar o ambiente que o aprendizado da disciplina ocorre, por exemplo, ensino fundamental, universidade, treinamento, etc.. O atributo *Etapa* permite identificar qual é a etapa, dentro do contexto, no qual ocorre o ensino, por exemplo, 2_serie, 9_ano. O atributo *Faixa_Etaria* indica uma faixa de idade típica dos alunos nessa disciplina ou curso.

O atributo *Indice* indica a ordem na qual devem ser ensinados os módulos. E o atributo *Avaliação* indica um valor de quão útil foi esse material para a aprendizagem do aluno. Esta avaliação é realizada pelos alunos e pode ajudar a identificar os OAs que não estão contribuindo na aprendizagem dos conteúdos educacionais, a fim de que sejam trocados por outros OAs.

Os itens de ensino podem estar relacionados entre si, de forma que um item seja anterior ou próximo a outro. Essas relações permitem estabelecer a sequência na qual os itens de ensino devem ser ensinados. Isto é identificado através dos relacionamentos *itemTemAnterior* e *itemTemProximo*. Na Figura 33 é apresentado através de um diagrama de classes da UML os atributos e as relações de agregação entre as diferentes classes da ontologia de *Materiais de Aprendizagem* apresentados no Quadro 2.

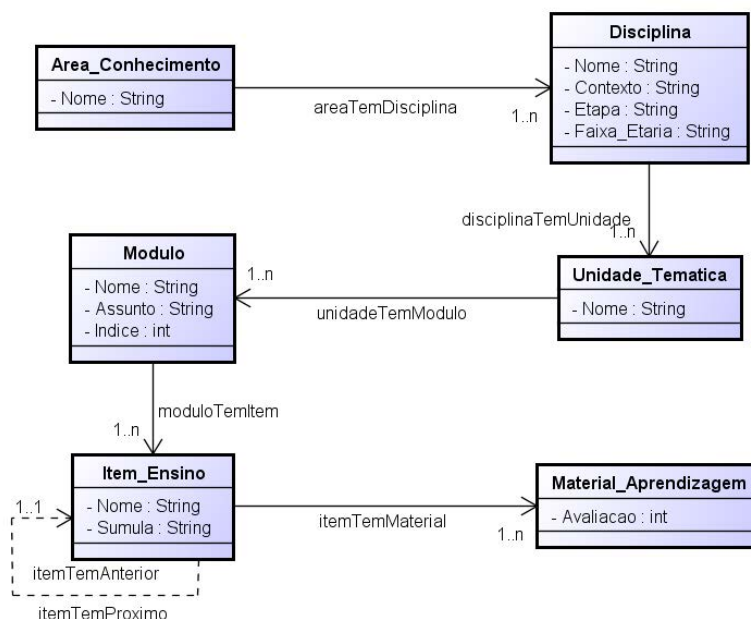


Figura 33 - Atributos e relações de agregação na ontologia de Materiais de Aprendizagem.

Considerando que o estudo de caso será realizado no ensino de Matemática para o nono ano do Ensino Fundamental Final, o Quadro 3 apresenta um exemplo que pode ser instanciado na ontologia de *Materiais de Aprendizagem* para um curso de Matemática do nono ano do Ensino Fundamental Final. A definição dos indivíduos foi definida baseada na informação do PCN de Matemática²⁵, nas orientações curriculares de Matemática da Secretaria Municipal de Educação do Rio de Janeiro e em livros didáticos sugeridos pelas referências dos padrões e das propostas curriculares.

Quadro 3- Exemplo de indivíduos instanciados na ontologia de Materiais de Aprendizagem.

<p>Area_Conhecimento: Matemática</p> <ul style="list-style-type: none"> • Disciplina: Matemática <ul style="list-style-type: none"> ○ Unidade_Temática: Álgebra e Funções <ul style="list-style-type: none"> ▪ Modulo: Equações de 2º grau <ul style="list-style-type: none"> • Item_Ensino: <ul style="list-style-type: none"> Coefficientes de uma equação de 2º grau, <ul style="list-style-type: none"> ○ Material_Aprendizagem: Mat015, Mat021, Equações de 2º grau completas, <ul style="list-style-type: none"> ○ Material_Aprendizagem: Mat021, Mat007. Equações de 2º grau incompletas, <ul style="list-style-type: none"> ○ Material_Aprendizagem: Mat078, Mat058, MAT063. Raízes de uma equação de 2º grau, <ul style="list-style-type: none"> ○ Material_Aprendizagem: Mat058 Mat019. Fórmula de Bhaskara <ul style="list-style-type: none"> ○ Material_Aprendizagem: Mat063, Mat027, Mat058.
--

²⁵ <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/matematica.pdf>

5.3 Ontologia de Orientações Curriculares

A ontologia de *Orientações Curriculares* descreve os conceitos que orientam o processo de ensino-aprendizagem de uma disciplina ou curso. Esta ontologia foi desenvolvida tomando como base as orientações curriculares de Matemática da Secretaria Municipal de Educação do Rio de Janeiro²⁶ e a ontologia de estratégias pedagógicas proposta por Gluz e Xavier (2011).

As orientações curriculares da Secretaria Municipal de Educação do Rio de Janeiro apresentam um quadro referencial dos objetivos e das habilidades a serem atingidos pelos alunos durante o processo de aprendizagem dos diferentes conteúdos educacionais. Estas orientações também apresentam formas de organizar, conduzir e avaliar o aprendizado.

Assim, a ontologia de *Orientações Curriculares* está estruturada da seguinte forma:

- Objetivo – objetivos que a orientação curricular pretende que o aluno consiga alcançar nos diferentes conteúdos educacionais da disciplina;
- Habilidade – habilidades e/ou competências que serão desenvolvidas pelo aluno no processo de aprendizado dos conteúdos educacionais;
- Conteúdo – conteúdo educacional ao qual se refere à orientação curricular;
- Atividade – sugestões da sequência de práticas que descrevem como os conteúdos educacionais devem ser abordados;
- Avaliação – forma como o conteúdo disciplinar pode ser avaliado;
- Orientação Curricular – diretivas de como o processo de ensino-aprendizagem pode ser realizado. Apresenta as formas de organizar, de conduzir e de avaliar o aprendizado.

Na Figura 34 é apresentada uma visão gráfica das classes definidas na ontologia de *Orientações Curriculares*. O código OWL desta ontologia é apresentado no Apêndice B.

²⁶<http://200.141.78.79/dlstatic/10112/2565802/DLFE-240336.pdf/OrientacoesCurriculares2.0.1.2.MATEMATICA.pdf>

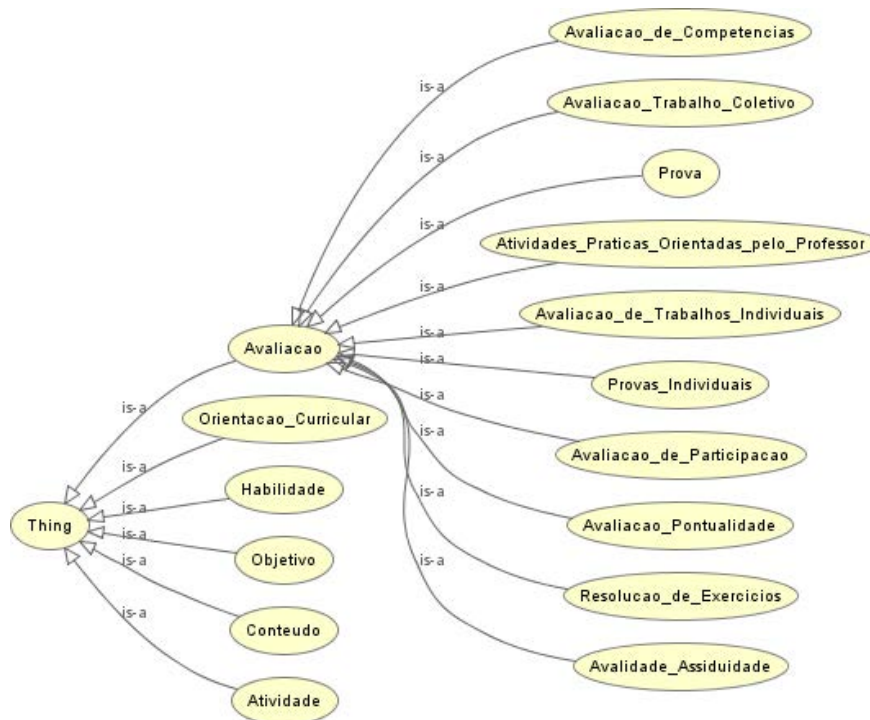


Figura 34 - Representação gráfica da ontologia de Orientações Curriculares.

Na ontologia de *Orientações Curriculares* a classe *Orientacao_Curricular* apresenta relações com as demais classes que, em conjunto, definem o conceito de orientação curricular. No Quadro 4 são apresentadas as classes, os atributos e as relações não hierárquicas definidas nesta ontologia.

Quadro 4 - Classes, atributos e relações não hierárquicas da ontologia de Orientações Curriculares.

Classe	Atributos	Relações <Range> Cardinalidade
Orientacao_Curricular		orientacaoTemObjetivo<Objetivo> 1..n orientacaoTemConteudo<Conteudo> 1..n orientacaoTemHabilidade<Habilidade> 1..n orientacaoTemAtividade<Atividade> 1..n orientacaoTemAvaliacao<Avaliacao> 1..n
Objetivo	Descricao	
Conteudo	Nome	
Habilidade	Descrição	
Atividade	Descrição Duracao Nivel_Interatividade Tipo_Interatividade TipoOA	
Avaliação		

Nesta ontologia estão definidos atributos que podem ser utilizados para a sugestão de valores de elementos de metadados na atividade de autoria de metadados de OAs, bem como para recomendar OAs a serem utilizados no ensino dos conteúdos educacionais dos cursos. Assim no Quadro 4 o atributo *Tipo_Interatividade*, da classe *Atividade*, define o modo como o processo de ensino-aprendizagem deve ser realizado, por exemplo: ativo, expositivo ou misto. O atributo *Nivel_Interatividade*, da classe *Atividade*, define o grau de interatividade do aluno no processo de ensino-aprendizado, por exemplo: muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto. O atributo *TipoOA* define o tipo de OA que pode ser usado no processo de aprendizado por exemplo, exercício, diagrama, apresentação, etc.. Estes atributos e os possíveis valores estão relacionados aos metadados educacionais do padrão LOM e do padrão OBAA.

Na Figura 35 é apresentado os atributos e as relações de agregação entre as diferentes classes da ontologia de *Orientações Curriculares*, apresentados no Quadro 4 através de um diagrama de classes da UML.

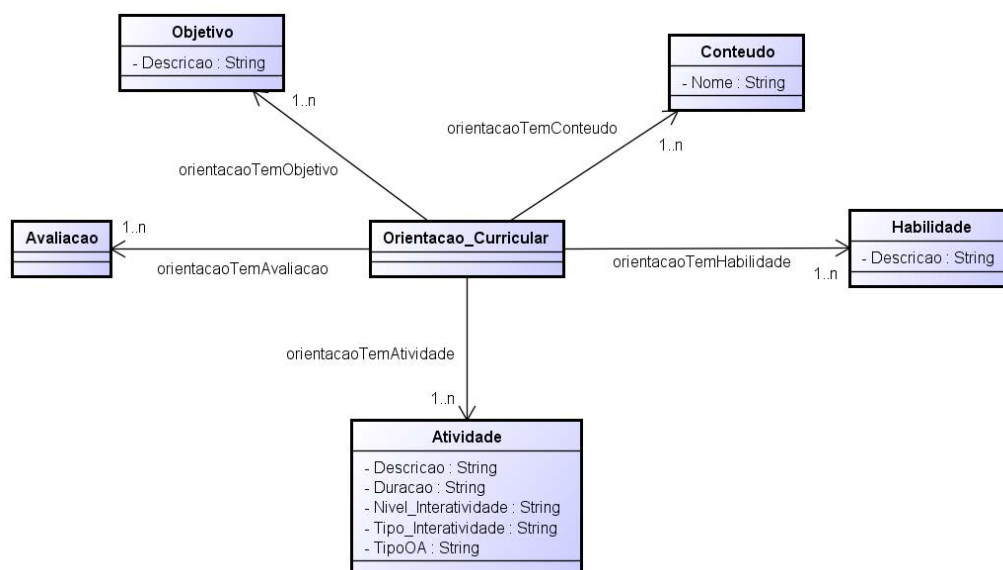


Figura 35 - Atributos e relações da ontologia de Orientações Curriculares.

O exemplo do Quadro 5 apresenta uma orientação curricular que pode ser representada nesta ontologia. A informação do exemplo foi obtida das orientações curriculares de Matemática da Secretaria Municipal de Educação do Rio de Janeiro e os planos de aula para Matemática do nono ano, disponíveis no site da Educopédia²⁷.

²⁷ <http://www.educopedia.com.br/>

Quadro 5 - Exemplo de uma orientação curricular.

Classe	Conteúdo
Objetivo	Desenvolver processos para o uso de equações e sistemas como meio de representar situações-problema e para realizar procedimentos algébricos simples.
Habilidade	Analisar uma situação que envolve uma equação de 2° grau. Identificar uma equação de 2° grau e seus coeficientes.
Conteúdo	Equações de 2° grau: coeficientes de uma equação de 2° grau
Atividade	Discussão sobre a importância da utilização das equações de 2° grau na resolução de problemas do dia a dia para os profissionais de engenharia e arquitetura. Apresentação de vídeos explicativos sobre equação de 2° grau (coeficientes e raiz). Leitura de texto sobre a história da equação do 2° grau. Desafiar os alunos a resolver exercícios de equações de 2° grau.
Avaliação	Avaliação de participação Prova

5.4 Ontologia de Domínio

A ontologia de *Domínio* descreve os conceitos pertencentes a uma área específica de conhecimento a qual o sistema é destinado, por exemplo, Matemática, Biologia, etc.. Em uma aplicação podem existir diferentes ontologias de domínio em função das áreas de conhecimento a que o sistema é destinado. Estas ontologias são utilizadas nos SWSGC para anotar semanticamente os conteúdos educacionais dos cursos e os OAs pelos conceitos que tratam ou explicitam. Geralmente, as ontologias de domínio são desenvolvidas com o propósito de serem reutilizadas por aplicações diferentes. Dessa forma essas ontologias costumam ser disponibilizadas na Web, por seus desenvolvedores, para o acesso de toda a comunidade.

Considerando que o estudo de caso é no ensino de Matemática para o nono ano do Ensino Fundamental Final, a ontologia de *Domínio* implementada está relacionada ao domínio da Matemática.

Uma pesquisa foi realizada visando identificar as ontologias de domínio disponíveis para o domínio de Matemática. A ontologia que mais se adaptou as necessidades do estudo de caso da aplicação por tratar conceitos mais gerais da área de

Matemática é a ontologia GeoSkills²⁸, desenvolvida dentro do projeto Intergeo²⁹. O Intergeo é um projeto da União Européia desenvolvido no período de 2007-2010, que visa fazer com que conteúdos digitais orientados ao ensino da Matemática na Europa sejam mais acessíveis utilizáveis e explorados (I2G, 2013).

Na construção da ontologia de *Domínio* de Matemática foram reutilizadas da ontologia GeoSkills algumas classes que fazem referencia ao domínio de Matemáticas. Na Figura 36 é apresentado graficamente um fragmento do primeiro e segundo nível da estrutura hierárquica da ontologia de *Domínio* para a área de Matemática.

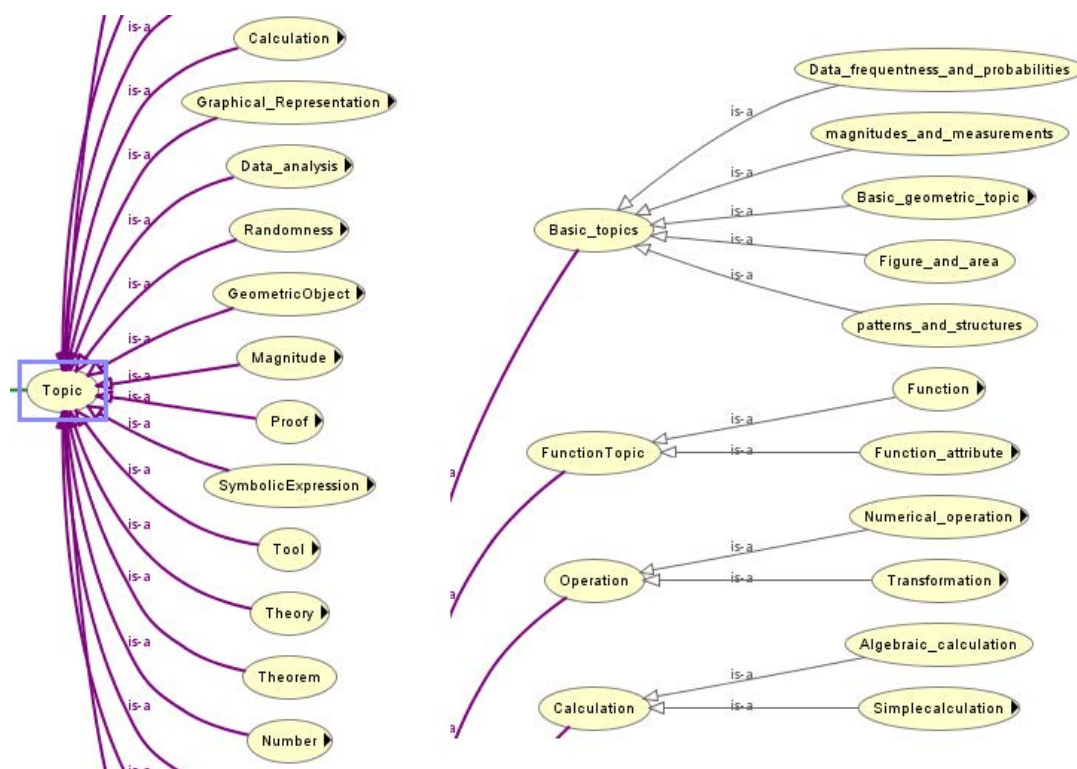


Figura 36 - Representação gráfica de uma parte da ontologia de Domínio em Matemática.

5.5 Ontologia de Padrão de Metadados

A ontologia de *Padrão de Metadados* descreve os conceitos e as propriedades de um padrão de metadados educacional. Através dos conceitos desta ontologia é possível catalogar e codificar os OAs para serem localizados, utilizados e gerenciados.

²⁸ <http://i2geo.net/ontologies/dev/GeoSkills.owl>

²⁹ <http://i2geo.net>

Para o estudo de caso a ontologia de *Padrão de Metadados* corresponde ao padrão de metadados OBAA (VICARI et al., 2010). A ontologia do padrão de metadados OBAA foi escolhida por algumas características apresentadas no padrão OBAA tais como: a compatibilidade dos metadados com os principais padrões de metadados educacionais e multimídia, tais como o DCMI e o LOM; incluir suporte para a adaptabilidade e a interoperabilidade entre as diversas plataformas de operação como Web, TV Digital e dispositivos móveis e requisitos de acessibilidade para pessoas com necessidades educativas especiais (VICARI et al., 2010). Essas características permitem que o sistema possa ser estendido para incluir aplicações em TV Digital e em dispositivos móveis e/ou ser utilizado em sistemas de ensino para pessoas com necessidades especiais.

A ontologia do padrão OBAA é fornecida como parte do mesmo padrão, no servidor do grupo de Inteligência Artificial da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)³⁰. A proposta do padrão de metadados OBAA define extensões para a categoria educacional e técnica do padrão LOM e adiciona duas categorias: acessibilidade e segmentação multimídia. Na Figura 37 é apresentada uma representação gráfica da estrutura hierárquica da ontologia de padrão de metadados OBAA, onde é dado um destaque à equivalência entre os padrões LOM e OBAA.

5.6 Relacionamentos entre ontologias

Para atender os requisitos de gestão dos conteúdos educacionais em SWSGC é necessário efetuar os relacionamentos entre as diferentes ontologias. De acordo com Pernas et al. (2011), a especificação dos relacionamentos entre diferentes ontologias, pode significar a inclusão de conhecimentos já existentes ou complementares para ampliação da semântica nas aplicações computacionais.

³⁰ <http://gia.inf.ufrgs.br/ontologies/>

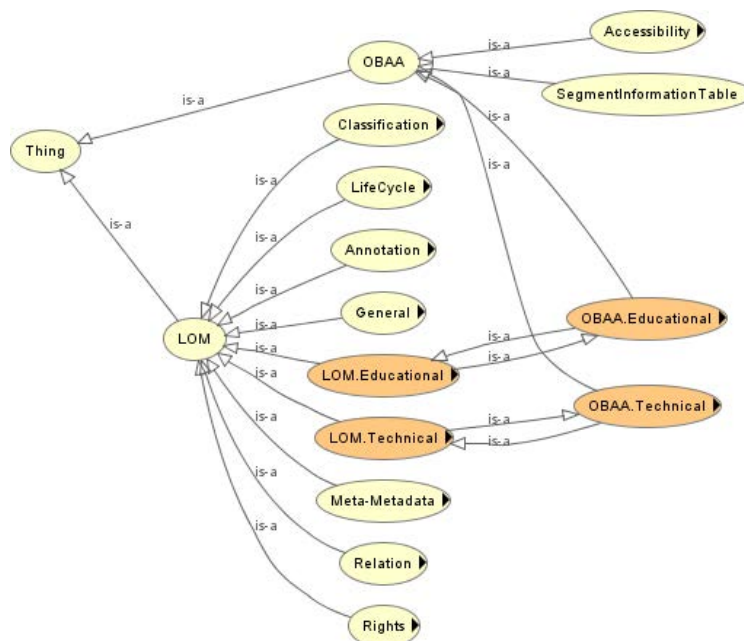


Figura 37 - Representação gráfica da ontologia de padrão de metadados OBAA.

Neste contexto, nos SWSGC a ampliação da semântica das ontologias para apoiar as atividades de gestão de conteúdo educacionais é realizada através do estabelecimento dos relacionamentos entre recursos das diferentes ontologias definidas. Através destes relacionamentos é possível realizar a anotação semântica de OAs e dos cursos, bem como apoiar os usuários na autoria de metadados de OAs e na recomendação de OAs a serem utilizados nos cursos. Através da anotação semântica dos OAs é possível aprimorar a busca e a reutilização de OAs. A seguir são descritas as relações estabelecidas entre as ontologias definidas.

5.6.1 Relações da ontologia de Domínio

Os relacionamentos entre a ontologia de *Domínio* foram estabelecidos com as ontologias de *Padrão de Metadados* e a de *Materiais de Aprendizagem*. Os conceitos descritos na ontologia de *Domínio* são utilizados para anotar os OAs que são descritos pela ontologia de *Padrão de Metadados*. Assim, é possível saber quais os conceitos do domínio que são explicitados por um OA. Para representar esta associação, uma propriedade denominada *objetoTemConceito* foi criada tendo como domínio a ontologia de *Padrão de Metadados* e como contradomínio os conceitos da ontologia de *Domínio*. Na Figura 38 é apresentado o relacionamento entre estas duas ontologias.

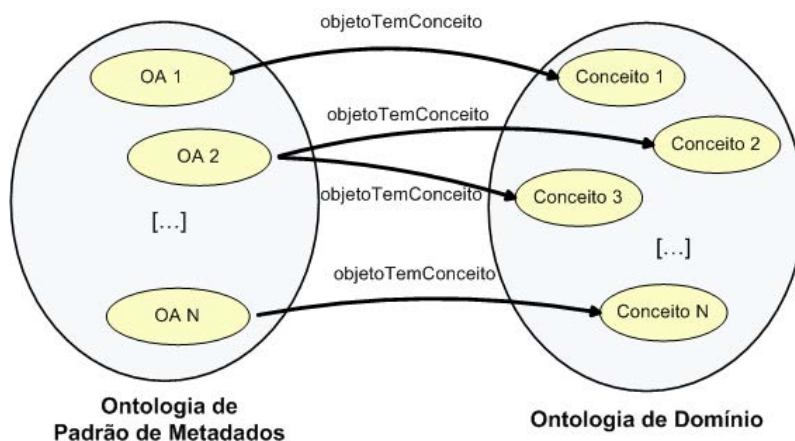


Figura 38 - Relacionamento da ontologia de Padrão de Metadados com a ontologia de Domínio.

A anotação dos OAs pelos conceitos da ontologia de *Domínio* permite criar um catálogo de OAs, que visa facilitar o processo de busca e recuperação de OAs.

Para a anotação semântica de cursos é necessário relacionar os conceitos do domínio com os conteúdos educacionais de uma disciplina. Neste contexto, as instancias da classe *Item_Ensino* da ontologia de *Materiais de Aprendizagem* podem ser anotados através dos conceitos da ontologia de *Domínio*. Assim, a propriedade *itemTemConceito* foi criada com o domínio na classe *Item_Ensino* e com o contradomínio nos conceitos da ontologia de *Domínio*. Na Figura 39 é apresentado este relacionamento considerando o domínio de Matemática.

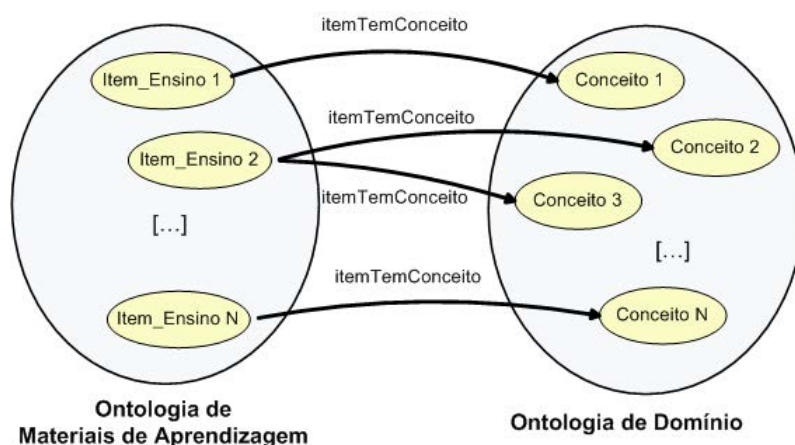


Figura 39 - Relacionamento da ontologia de Materiais de Aprendizagem com a ontologia de Domínio.

Na atividade de criação de cursos o relacionamento entre os conteúdos educacionais e os conceitos de domínio pode ser usado para formar a requisição de busca por OAs a serem adicionados aos cursos.

5.6.2 Relações da ontologia de Materiais de Aprendizagem

A aprendizagem dos conteúdos educacionais de um curso ou disciplina é possível através da interação do aluno com os OAs. Neste sentido, é necessário associar OAs aos cursos. Para isso, é necessário definir a propriedade *materialTemOAs* com o domínio na classe *Material_Aprendizagem* da ontologia de *Materiais de Aprendizagem* e como o contradomínio na ontologia de *Padrão de Metadados*. Na Figura 40 é apresentado este relacionamento.

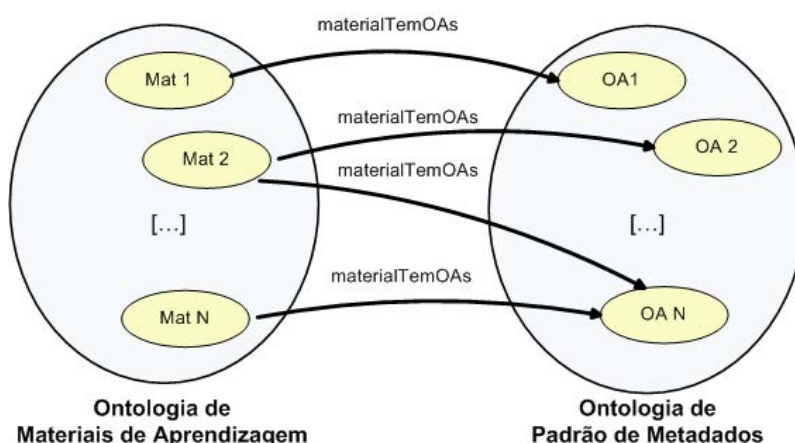


Figura 40 - Relacionamento da ontologia de Materiais de Aprendizagem com a ontologia de Padrão de Metadados.

Através desta relação o *Aluno* tem acesso aos OAs selecionados pelo *Professor* para a aprendizagem dos conteúdos de um curso ou uma disciplina.

5.6.3 Relações da ontologia de Orientações Curriculares

Considerando, que as orientações curriculares apresentam guias na organização dos conteúdos educacionais, na condução e na avaliação do aprendizado das disciplinas, a ontologia de *Orientações Curriculares* tem uma relação direta com a ontologia de *Materiais de Aprendizagem*.

Assim, para identificar quais orientações curriculares pertencem a uma disciplina foi criado o relacionamento *orientacaoPertenceDisciplina*, com o domínio na classe *Orientacao_Curricular* da ontologia de *Orientações Curriculares* e o contradomínio na classe *Disciplina* da ontologia de *Materiais de Aprendizagem*.

Na Figura 41 é apresentado este relacionamento.

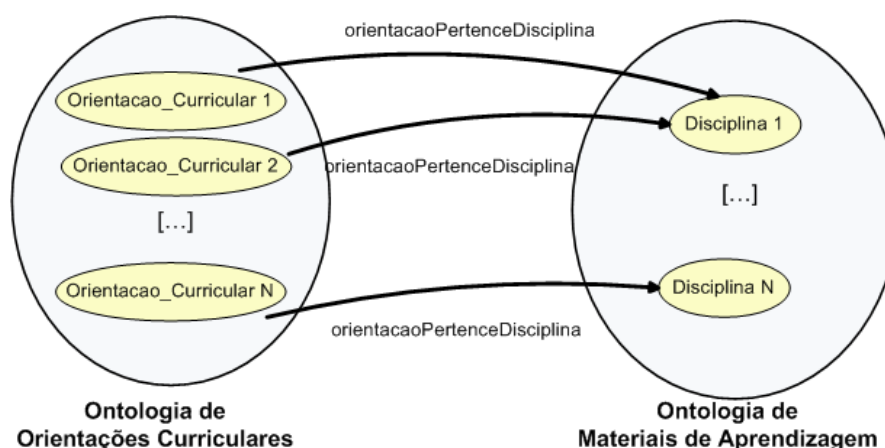


Figura 41 - Relacionamento da ontologia de Orientações Curriculares com a ontologia de Materiais de Aprendizagem.

Outra característica das orientações curriculares é servir de guia na construção dos conteúdos educacionais de um curso ou disciplina. Portanto, a classe *Conteudo* da ontologia de *Orientações Curriculares* é equivalente à classe *Item_Ensino* da ontologia de *Materiais de Aprendizagem*.

O conhecimento da ontologia de *Orientações Curriculares* pode ser utilizado para formar a requisição de busca de OAs na atividade de autoria de curso, de forma transparente para o usuário, bem como para sugerir valores de elementos de metadados na atividade de autoria de metadados OAs.

Para uma maior flexibilidade na recuperação e nas consultas do conhecimento mantido nas ontologias é recomendável que as propriedades que representam os relacionamentos entre as diferentes ontologias possuam suas respectivas propriedades inversas. Assim, no Quadro 6 são apresentadas as propriedades utilizadas nos relacionamentos entre as quatro ontologias e suas respectivas propriedades inversas.

Quadro 6 - Propriedades de relacionamento entre ontologias e suas propriedades inversas.

Propriedade	Propriedade inversa
objetoTemConceito	conceitoPertenceObjeto
itemTemConceito	conceitoPertenceItem
materialTemOAs	oasPertenceMaterial
orientacaoPertenceDisciplina	disciplinaTemOrientacao

5.7 Integração e anotação de OAs utilizando a ontologia de Padrão de Metadados

Um aspecto importante nos SWSGC consiste na integração e na anotação de OAs utilizando uma ontologia de padrão de metadados. Nesta seção é detalhada a aplicação das ontologias para a sugestão de valores de elementos de metadados na atividade de autoria de metadados de OAs, e para o mapeamento dos padrões utilizados nos *Repositórios Externos* para o padrão utilizado pelo sistema. Nesta seção o padrão OBAA é utilizado para exemplificar como pode ser realizada a integração e anotação de OAs.

5.7.1 Sugestão de valores de elementos de padrões de metadados educacionais

Uma das funcionalidades definida na arquitetura multiagente proposta para SWSGC é auxiliar o usuário na autoria de metadados de OAs através da sugestão automática de valores de elementos de metadados conforme o padrão de metadados utilizado no sistema. Em função do conhecimento armazenado nas ontologias de *Materiais de Aprendizagem* e *Orientações Curriculares* os valores de elementos de metadados que podem ser sugeridos automaticamente correspondem a metadados da categoria *Geral* e *Educational* do padrão OBAA.

Neste sentido, é necessário realizar um mapeamento entre os elementos de metadados do OBAA e as informações representadas pelas ontologias de *Materiais de Aprendizagem* e *Orientações Curriculares*, de forma similar ao realizado no trabalho de Gluz e Xavier (2011). No Quadro 7 e no Quadro 8 são apresentados os mapeamentos entre os metadados OBAA e os atributos das classes das ontologias de *Materiais de Aprendizagem* e *Orientações Curriculares*. Na representação do mapeamento das ontologias no Quadro 7 e Quadro 8 é utilizada a seguinte denotação: [nome da classe].[nome do atributo].

Quadro 7 - Mapeamento entre o OBAA e a ontologia de Materiais de Aprendizagem.

Metadados OBAA	Ontologia de Materiais de Aprendizagem
<i>General.Keyword</i>	Disciplina.Nome; Unidade_Tematica.Nome; Modulo.Nome; Item_Ensino.Nome
<i>General.Language</i>	PT
<i>General.Description</i>	Item_Ensino.Sumula
<i>General.Title</i>	“Estudo sobre” + Item_Ensino.Nome + “em” + Modulo.Nome
<i>IntendedEndUserRole</i>	Disciplina.Etapa
<i>TypicalAgeRange</i>	Disciplina.Faixa_Etaria
<i>Context</i>	Disciplina.Contexto

Fonte: Adaptado de Gluz e Xavier (2011).

Quadro 8 - Mapeamento entre o OBAA e a ontologia de Orientações Curriculares.

Metadados OBAA	Ontologia de Orientações Curriculares
<i>InteractivityType</i>	Atividade.Tipo_Interatividade
<i>InteractivityLevel</i>	Atividade.Nivel_Interatividade
<i>LearningResourceType</i>	Atividade.TipoOA
<i>TypicalLearningTime</i>	Atividade.Duracao

Fonte: Adaptado de Gluz e Xavier (2011).

É importante destacar que alguns valores de elementos de metadados podem ser sugeridos de forma precisa ao usuário, em outros a sugestão pode ser um conjunto de opções de valores, por exemplo, o tipo de recurso de aprendizagem. Neste caso o usuário optará pelo valor mais adequado para o metadado. Considerando o exemplo de ensino de Matemática para o nono ano do Ensino Fundamental Final, no Quadro 9 é apresentado os valores que poderiam ser sugeridos na autoria de metadados de um OA para o conteúdo educacional de equações de 2º grau.

A proposta de especificação OBAA denominada *Lite* é uma versão reduzida de elementos de metadados do padrão OBAA, fácil de ser descrito pelos autores de OAs (SILVA, 2011). O conjunto de metadados selecionado no OBAA *Lite* corresponde a elementos das categorias *General*, *Technical* e *Rights* geralmente utilizados pelos professores na descrição de OAs. No Quadro 10 são apresentados os elementos de metadados da especificação OBAA *Lite*, bem como a forma de preenchimento a ser realizada em um sistema que adote este padrão.

Quadro 9 - Exemplo de metadados inferidos para um OA sobre equações de 2° grau.

General.Keyword: Matemática, Álgebra e Funções, Equações de 2° grau, coeficientes equação de 2° grau.
General.Language: PT
General.Description: uma equação quadrática ou equação do segundo grau é uma equação polinomial de grau dois. A forma geral deste tipo de equação é $ax^2 + bx + c = 0$.
General.Title: Estudo sobre coeficientes equação de 2° grau em equações de 2° grau
Educational.IntendedEndUserRole: nono ano
Educational.TypicalAgeRange: 13-15
Educational.Context: Ensino Fundamental Final
Educational.InteractivityType: ativo
Educational.InteractivityLevel: Ensino médio
Educational.LearningResourceType: Exercício/ Simulação
Educational.TypicalLearningTime: 15 min

Quadro 10 - Metadados OBAA Lite e forma de preenchimento em um SWSGC.

Metadado OBAA Lite	Descrição	Tipo preenchimento
<i>1. General</i>		
<i>1.2 Title</i>	Nome do OA.	Automático
<i>1.3 Language</i>	Idioma do OA.	PT
<i>1.4 Description</i>	Descrição do OA.	Automático
<i>1.5 Keyword</i>	Palavras ou frases que descrevam o OA.	Automático
<i>1.6 Coverage</i>	A época, cultura ou geografia que o OA se aplica.	Usuário
<i>4. Technical</i>		
<i>4.3 Location</i>	URL onde está armazenado o OA.	Usuário
<i>5. Educational</i>		
<i>5.2 Learning Resource Type</i>	Tipo de recurso de aprendizagem utilizado.	Automático
<i>5.5 Intended End User Role</i>	Principal usuário para o OA.	Automático
<i>5.6 Context</i>	Principal ambiente onde o OA pode ser usado.	Automático
<i>5.9 Typical Learning Time</i>	Tempo que o aluno levará para usar o OA.	Automático
<i>5.10 Description</i>	Comentários de como o OA é usado.	Usuário

Como pode ser identificado no Quadro 10, o sistema pode obter através do mapeamento entre o OBAA e as ontologias apresentado no Quadro 7 e no Quadro 8, valores para oito dos onze elementos de metadados do OBAA Lite. Adicionalmente três elementos de metadados: *TypicalAgeRange*, *InteractivityType* e *InteractivityLevel* que

não constam nesta especificação também podem ser sugeridos.

O conjunto de elementos de metadados apresentado no Quadro 7 e no Quadro 8 pode ser usado pelo sistema na atividade de criação de cursos para formar a requisição de busca de OAs a serem adicionados aos cursos.

5.7.2 Mapeamento de padrões de metadados

Considerando que um SWSGC pode recuperar metadados de OAs, localizados em diferentes repositórios, descritos com diferentes padrões de metadados ou simplesmente estruturados em uma base de dados relacional é necessário realizar o mapeamento destes metadados ou dados para o padrão utilizado na aplicação. Os padrões de metadados geralmente usados nos repositórios de OAs são: o DCMI e o LOM.

No estudo de caso é utilizado o padrão OBAA (VICARI et al., 2010) que é uma extensão do padrão IEEE-LOM (IEEE-LTSC, 2002), por conseguinte é necessário realizar o mapeamento dos metadados do padrão DCMI (DCMI, 2002) aos metadados do OBAA, tal como especificado no trabalho de Gluz e Vicari (2011). No Quadro 11 é apresentado como pode ser realizado esse mapeamento. Esta representação utiliza a seguinte denotação: [nome da classe].[nome do atributo].

Quadro 11 - Mapeamento entre o padrão de metadados DCMI e o padrão de metadados OBAA.

Elemento DCMI	Metadado OBAA	Comentários
<i>Title</i>	<i>General.Title</i>	
<i>Creator</i>	<i>LifeCycle.Contribute.Role [1]</i> <i>LifeCycle.Contribute.Entity[1]</i>	O primeiro elemento da lista ordenada de entidades que contribuíram com o OA deve corresponder ao criador do OA.
<i>Subject</i>	<i>General.Keyword</i>	
<i>Description</i>	<i>General.Description</i>	
<i>Publisher</i>	<i>LifeCycle.Contribute.Role [2]</i> <i>LifeCycle.Contribute.Entity[2]</i>	O segundo elemento da lista ordenada de entidades que contribuíram com o OA deve corresponder ao editor do OA.
<i>Contributor</i>	<i>LifeCycle.Contribute.Role [3]</i> <i>LifeCycle.Contribute.Entity[3]</i>	O terceiro elemento da lista ordenada de entidades que contribuíram com o OA deve corresponder ao elemento “Contributor” do DCMI.

<i>Date</i>	<i>LifeCycle.Contribute.Role [4]</i> <i>LifeCycle.Contribute.Date[4]</i>	O quarto elemento da lista ordenada de entidades que contribuíram com o OA informa apenas a data do objeto.
<i>Type</i>	<i>Educational.LearningResource</i>	
<i>Format</i>	<i>Technical.Format</i>	
<i>Identifier</i>	<i>General.Identifier</i>	
<i>Source</i>	<i>Relation.Kind[i]</i> <i>Relation.Resource[i]</i>	O relacionamento especial “ <i>Source</i> ” do DCMI é representado pelo elemento da lista de entidades relacionadas ao objeto, cujo tipo é “ <i>Is Based On</i> ”
<i>Language</i>	<i>General.Language</i>	
<i>Relation</i>	<i>Relation</i>	O relacionamento especial “ <i>Source</i> ” previsto no DCMI é representado pelo primeiro elemento da lista <i>Relation</i> .
<i>Coverage</i>	<i>General.Coverage</i>	
<i>Rights</i>	<i>Rights</i>	

Fonte: Adaptado de Gluz e Vicari (2011).

Para repositórios de OAs que não consideram nenhum padrão de metadados e armazenam a informação simplesmente em bases de dados relacionais, deve-se realizar um mapeamento específico para os metadados desse repositório. Neste caso também deve-se definir a forma de acessar esse repositório, que pode ser através de serviços Web ou do protocolo OAI-PMH.

Caso o acesso seja através do protocolo OAI-PMH o repositório precisa implementar o mecanismo de recuperação da informação na base de dados e disponibilização destes em forma de metadados. Isto pode ser realizado através do OAICat³¹. O OAICat fornece um *framework* para acessar repositórios utilizando o protocolo OAI-PMH³² (versão 2.0).

³¹ <http://www.oclc.org/research/activities/oaicat.html>

³² <http://www.openarchives.org/OAI/openarchivesprotocol.html>

6 DESENVOLVIMENTO DE UM SWSGC

Neste capítulo é apresentado o estudo de caso realizado, onde utilizando a arquitetura proposta foi desenvolvido um protótipo de um sistema multiagente Web semântico para a gestão de conteúdos educacionais. O protótipo tem o intuito de validar a arquitetura e as ontologias propostas através do desenvolvimento de um sistema para a gestão de conteúdo de um curso de Matemática do nono ano do Ensino Fundamental Final.

Nas próximas seções são apresentados os detalhes da implementação dos diferentes componentes da arquitetura proposta para o desenvolvimento do protótipo. Utilizando esse protótipo é apresentado um experimento para integrar e anotar OAs para a disciplina de Matemáticas do nono ano, recuperados do *Repositório Externo* Educopédia. Este protótipo também apresenta funcionalidades para auxiliar os professores na autoria de metadados de OAs e na construção de cursos, disponibilizando mecanismos de busca semântica a um repositório de OAs.

6.1 SWSGC para o ensino de Matemática

A arquitetura proposta para o desenvolvimento de sistemas multiagente Web semântico para a gestão de conteúdos educacionais proposta no Capítulo 4 foi utilizada no desenvolvimento de um protótipo para a gestão de conteúdos na disciplina de Matemática para o nono ano do Ensino Fundamental Final.

O protótipo foi desenvolvido de acordo com a arquitetura, sendo composto de três camadas. A *Camada Sistema Multiagente* foi implementada para a automação das atividades relacionadas à gestão de conteúdos educacionais tais como: Autoria de metadados de OAs, Autoria de Cursos, Anotação Semântica e Busca de OAs. A *Camada de Aplicação* desenvolvida consiste em um sistema Web com as funcionalidades para a autoria de metadados de OAs, autoria de cursos e busca de OAs. A *Camada de Recursos* consiste do *Repositório Externo* (Educopédia) os dados dos usuários e do *Repositório Semântico* onde estão as ontologias e o *Catálogo Local* de OAs. No *Catálogo Local* estão armazenados os OAs anotados semanticamente. Esses OAs estão relacionados à

disciplina de Matemática do nono ano do Ensino Fundamental Final, recuperados da plataforma Educopédia.

Nas próximas seções é apresentado em detalhes a implementação de cada uma das camadas da arquitetura proposta que foram desenvolvidas no protótipo e os vários recursos tecnológicos utilizados.

6.2 Camada de Recursos

A *Camada de Recursos* da arquitetura proposta representa as informações externas e locais utilizadas pelos agentes do SMA. No protótipo, essas informações correspondem à base de dados da aplicação (*Base de Dados*), a base de conhecimentos (*Repositório Semântico*) e a plataforma Educopédia (*Repositório Externo*).

A seguir, é apresentado como cada um desses componentes foi desenvolvido.

6.2.1 Base de Dados

A base de dados da aplicação foi desenvolvida utilizando o sistema de gerenciamento de banco de dados MySQL³³. Neste protótipo essa base mantém basicamente as informações sobre os usuários do sistema.

6.2.2 Repositório Externo

A plataforma Educopédia é uma plataforma online de aulas digitais, onde alunos e professores podem acessar atividades autoexplicativas de forma lúdica e prática (Educopédia, 2013). Na Educopédia, o material de aprendizagem é mantido numa base de dados relacional, desenvolvida em SQL Server 2008R2 e não está anotado por nenhum padrão de metadados.

³³ <http://www.mysql.com/>

Para o protótipo foi utilizada um *backup* da base de dados da Educopédia. A estrutura desta base foi analisada para identificar os elementos correspondentes ao padrão de metadados OBAA e posteriormente realizado o mapeamento da estrutura ao padrão OBAA. No Quadro 12 é apresentado esse mapeamento, onde a informação do banco de dados usada como metadados está representada da seguinte forma: [nome da tabela].[nome do campo].

Quadro 12 - Mapeamento da base de dados da Educopédia para o padrão OBAA.

Metadado OBAA	Informação do banco da Educopédia
<i>General</i>	
<i>General.Title</i>	Disciplina.dis_nome
<i>General.Keyword</i>	Disciplina.dis_nome; Aula.aul_nome;
<i>Technical</i>	
<i>Location</i>	Atividade.atv_conteudo

Para obter algumas informações não explícitas na base foram analisados os conteúdos dos materiais disponíveis nas interfaces da Educopédia, a fim de obter elementos de metadados adicionais.

Assim, depois dessa análise foram identificados os elementos de metadados e os valores que podem ser utilizados no mapeamento ao padrão OBAA, apresentados no Quadro 13.

Quadro 13 - Valores de metadados para o mapeamento dos materiais de aprendizagem recuperados da Educopédia.

Metadado OBAA	Valor
<i>General</i>	
<i>Structure</i>	“collection”
<i>AgregationLevel</i>	“2”
<i>General.Language</i>	“PT”
<i>Technical</i>	
<i>Format</i>	“texto HTML”
<i>Supportedplatforms</i>	“Web”
<i>Educational</i>	
<i>InteractivityType</i>	“mixed”
<i>LearningResourceType</i>	“exercise” “questionnaire” “simulation”
<i>SemanticDensity</i>	“medium”

<i>IntendedEndUse Role</i>	“learner” “teacher”
<i>Context</i>	“school”
<i>Difficulty</i>	“easy”
<i>Educational.Language</i>	“PT”

6.2.3 Repositório Semântico

No *Repositório Semântico* para o SWSGC foram definidas as seguintes ontologias: *Materiais de Aprendizagem* que descreve a organização dos conteúdos educacionais de uma disciplina, descrita na Seção 5.2; *Orientações Curriculares* que orienta o processo de ensino-aprendizagem de uma disciplina, descrita na Seção 5.3; *Domínio* que descreve os conceitos pertencentes a área de Matemática, descrita na Seção 5.4; e, a de *Padrão de Metadados OBAA* que descreve as informações relacionadas aos OAs, descrita na Seção 5.5. Os OAs anotados semanticamente formam o *Catálogo Local*.

Essas ontologias são compartilhadas entre os agentes do sistema, e usadas para a troca de informações, servindo como um vocabulário comum para descrever o conteúdo das mensagens trocadas entre os agentes. Os *frameworks* Protégé e Jena³⁴ foram utilizados para o desenvolvimento e a manipulação das ontologias. Essas ontologias forma desenvolvidas utilizando a linguagem OWL³⁵.

6.3 Camada Sistema Multiagente

Na *Camada Sistema Multiagente* foram implementados os seguintes agentes, de acordo com os papéis especificados na arquitetura para SWSGC: o *Gerenciador de Interface com o usuário* para fazer a interface entre os componentes da *Camada de Aplicação* e os outros agentes do SMA; o *Gerenciador de Recurso* para recuperar as informações dos materiais de aprendizagem do Educopédia; o *Gerenciador de*

³⁴ <http://jena.apache.org/>

³⁵ <http://www.w3.org/TR/owl2-overview/>

Conhecimento para gerenciar o *Repositório Semântico*; o *Buscador* para criar as requisições de busca de OAs do *Catálogo Local*; o *Anotador* para anotar semanticamente os OAs; o *Autoria de metadados de OAs* para criar novos OAs; e, o *Autoria de Curso* para anotar os conteúdos educacionais com os conceitos do domínio e adicionar OAs aos cursos.

A implementação dos agentes desta camada foi realizada com base nos diagramas utilizados para descrever os comportamentos dos agentes, apresentados no Capítulo 4, na Seção 4.2.1. Esses diagramas fazem parte da metodologia de desenvolvimento de software orientada a agentes Tropos, e foram criados com a ferramenta de modelagem TAOM4E, que é específica para a metodologia Tropos. Com base nesses diagramas, utilizando a ferramenta t2x tool³⁶, que é um *plug-in* do TAOM4E, foram gerados os códigos dos agentes.

O código gerado é baseado na arquitetura de agentes BDI e é compatível com a plataforma de agentes Jadex³⁷ (versão 2.3). Esse código consiste apenas no esqueleto dos agentes e por isso, foram feitos os ajustes necessários para a implementação. Assim os agentes foram implementados em Java no ambiente de desenvolvimento Eclipse³⁸, utilizando o *framework* Jadex para o desenvolvimento dos agentes e o *framework* Jena para a manipulação das ontologias. Todos os agentes são registrados como serviços na plataforma Jadex através do DF, que oferece o serviço de páginas amarelas, onde os agentes procuram pelos serviços de outros agentes.

As mensagens trocadas entre os agentes seguem a estrutura e os protocolos especificados pela FIPA para a linguagem de comunicação dos agentes (FIPA ACL *Message Structure Specification*³⁹). Além da linguagem ACL também foi considerada uma recomendação da FIPA que especifica uma linguagem de conteúdo para mensagens FIPA, baseada no *framework* RDF–FIPA RDF *Content Language Specification*⁴⁰.

Nas próximas seções são apresentados os objetivos implementados nos agentes de acordo com o especificado na Seção 4.2.1.

³⁶ <http://selab.fbk.eu/morandini/home.html>

³⁷ <http://www.activecomponents.org>

³⁸ <http://www.eclipse.org/>

³⁹ <http://fipa.org/specs/fipa00061/SC00061G.html>

⁴⁰ <http://fipa.org/specs/fipa00011/XC00011B.html>

6.3.1 Agente Gerenciador de Interface com o usuário

No agente com o papel de *Gerenciador de Interface com o usuário* foi implementado os objetivos: *Gerenciar usuários* – responsável por validar as informações de acesso dos usuários no sistema; e, *Coordenar requisição* – responsável por atender as requisições do usuário, solicitadas através da *Camada de Aplicação*, e procurar os agentes com a capacidade de executar essas requisições e apresentar ao usuário as informações geradas por esses agentes.

6.3.2 Agente Gerenciador de Recurso

O agente com o papel de *Gerenciador de Recurso* é responsável por gerenciar o banco de dados da plataforma Educopédia. Nesse agente foi implementado o objetivo *Gerenciar rep. externos*, responsável por atender as requisições do agente *Anotador* para recuperar as informações dos OAs e realizar o mapeamento dessas informações para o padrão de metadados OBAA. O mapeamento é realizado de acordo com o especificado no Quadro 12 e no Quadro 13.

6.3.3 Agente Gerenciador de Conhecimento

O agente implementado com o papel *Gerenciador de Conhecimento*, gerencia o *Repositório Semântico* da aplicação dando acesso ao conhecimento armazenado nesse repositório e também permitindo a inclusão de novos conhecimentos. Nesse agente foram implementados os objetivos: *Gerenciar estrutura ontologias* – responsável por atender as requisições dos outros agentes para recuperar a hierarquia, as relações e os atributos das classes definidas nas ontologias; e, *Gerenciar conhecimento ontologias* – responsável por atender as requisições dos outros agentes para armazenar e recuperar instâncias das classes das ontologias. Esse agente manipula as ontologias utilizando o *framework* Jena e a linguagem de consultas SPARQL.

6.3.4 Agente Autoria de metadados de OAs

O agente implementado com o papel *Autoria de metadados de OAs* é responsável por oferecer ajuda aos usuários no preenchimento de elementos de metadados das categorias *Geral*, *Educational* e *Technical* de acordo com o padrão OBAA. Nesse agente foram implementados os objetivos: *Obter Informacao* – responsável por obter as definições, os exemplos e os possíveis valores para os elementos de metadados, solicitados pelo usuário, através de requisições ao agente *Gerenciador de Conhecimento*; *Validar OA* – responsável por comparar os valores ingressados pelo usuário com os valores que podem ser recuperados das ontologias de *Materiais de Aprendizagem e Orientações Curriculares*, como definido no Quadro 7 e no Quadro 8 da Seção 5.7.1, a fim de identificar erros de inconsistência, e notificar o usuário; e, *Solicitar anotar OA* – responsável por solicitar a anotação semântica do OA ao agente *Anotador*.

6.3.5 Agente Anotador

No agente com o papel *Anotador* foram implementados os objetivos: *Tratar novo dom.* – responsável por encontrar o agente *Gerenciador de Recurso* que gerencia o repositório da Educopédia e requisitar a recuperação de OAs relacionados aos conceitos de domínio, para serem anotados. Os conceitos de domínio estão definidos na ontologia de *Domínio* de Matemática; e, *Anotar OAs semanticamente* – responsável por atender requisições de outros agentes para anotar os OAs. Após receber os OAs, realiza uma análise de similaridade entre os conceitos do domínio e os valores dos elementos de metadados *Title*, *Description* e *Keywords*, do OA. Se o conceito for encontrado em algum desses elementos de metadados, cria o relacionamento entre o OA e o conceito do domínio. Este relacionamento é estabelecido entre OAs descritos na ontologia de *Padrões de Metadados* OBAA com instâncias das classes da ontologia de *Domínio* de Matemática. Posteriormente, solicita ao agente *Gerenciador de Conhecimento* o armazenamento do OA anotado, no *Catálogo Local*.

6.3.6 Agente Autoria de Curso

O agente com o papel *Autoria de Curso* é responsável por guiar o usuário na criação de cursos, atendendo as requisições do agente *Gerenciador de Interface com o usuário* e solicitando ao agente *Gerenciador de Conhecimento* o armazenamento, no *Repositório Semântico*, dos relacionamentos criados. Nesse agente foram implementados os objetivos: *Guiar anotacao conteudos educ.* e *Guiar adicao OAs curso*.

O objetivo *Guiar anotacao conteudos educ.* é responsável por fornecer ao usuário as informações necessárias para realizar a anotação dos conteúdos educacionais pelos conceitos da ontologia de *Domínio* de Matemática, e criar o relacionamento desses conteúdos educacionais de acordo com os domínios escolhidos pelo usuário. Este relacionamento é estabelecido entre as instâncias da classe *Item_Ensino*, da ontologia de *Materiais de Aprendizagem*, e as instâncias das classes da ontologia de *Domínio* de Matemática.

O objetivo *Guiar adicao OAs curso* é responsável por prover as informações a serem utilizadas pelo agente *Buscador*, para recuperar OAs que são utilizados pelo usuário na adição de OAs aos cursos. E criar o relacionamento do conteúdo educacional com os OAs selecionados pelo usuário. Este relacionamento é estabelecido entre instâncias da classe *Item_Ensino* da ontologia de *Materiais de Aprendizagem* e OAs descritos na ontologia de *Padrões de Metadados OBAA*.

6.3.7 Agente Buscador

No agente com o papel *Buscador* foi implementado o objetivo *Buscar OAs Catalogo Local* – responsável por atender as requisições do agente *Gerenciador de Interface com o usuário* para a busca de OAs no *Catálogo Local*. Para isso, cria a requisição de consulta baseado nas preferências do usuário, no conteúdo educacional, e nos conceitos do domínio relacionados a esse conteúdo educacional, obtidos através de uma requisição ao *Gerenciador de Conhecimento*. E solicita a busca dos OAs ao *Gerenciador de Conhecimento*.

No caso do usuário *Aluno*, a busca pode ser pelos OAs associados ao conteúdo do curso ou pelos OAs que tratam os conceitos do domínio que estão relacionados ao conteúdo educacional. Por exemplo, o conteúdo educacional *Equacoes_2_grau_completas*, está relacionado aos conceitos do domínio *Equations* e *System_of_equations*, nesse caso são recuperados os OAs que tratem esses dois conceitos.

No caso do usuário *Professor*, também pode ser realizada a busca pela expansão dos conceitos do domínio. Por exemplo, se o conteúdo educacional está relacionado aos conceitos *Equations* e *System_of_equations* (Figura 42), a expansão vai abranger as superclasses e subclasses desses dois conceitos, dessa forma a busca será por OAs que tratem os conceitos: *SymbolicExpression*, *Equations*, *Linear_Equation*, *System_of_equations*, *Quadratic_Equation* e *Linear_equations_system*.

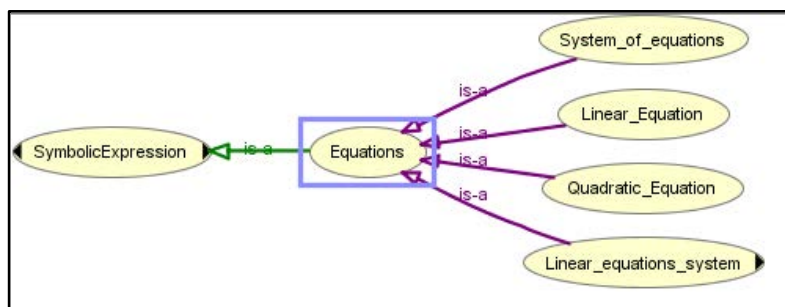


Figura 42 - Exemplo de superclasses e subclasse da ontologia de Domínio em Matemática.

Após serem encontrados os OAs são recuperadas as informações referentes ao nome, título, descrição, palavras chaves e localização dos OAs, a fim de serem apresentadas ao usuário.

6.4 Camada de Aplicação

No protótipo desenvolvido esta camada consiste de um sistema Web, onde as interfaces gráficas são representadas por um conjunto de páginas Web, e pelos componentes que gerenciam essas interfaces, tratando as requisições do usuário e controlando como as informações são apresentadas. Essas interfaces apresentam de forma visual as funcionalidades e recursos do sistema, e é através delas que os usuários

podem interagir com o sistema.

No protótipo, essa camada foi implementada utilizando o *framework* Apache MyFaces 2.1.5⁴¹, que é uma implementação da especificação JSF 2.1^{42 43}. O JSF consiste em uma especificação Java para aplicações Web, a qual estabelece padrões para a construção de interfaces de usuário baseadas em componentes.

Com a utilização desse *framework* as interfaces gráficas foram desenvolvidas utilizando a tecnologia XHTML⁴⁴, que podem ser visualizadas através de qualquer navegador Web (*browser*).

Para auxiliar o desenvolvimento das interfaces em XHTML foi utilizada a biblioteca de componentes JSF, RichFaces⁴⁵ (versão 4.3.1) que permite uma fácil integração de funcionalidades AJAX⁴⁶ (*Asynchronous Javascript and XML*) à aplicação, permitindo o desenvolvimento de páginas Web com conteúdo dinâmico. A utilização de AJAX para o desenvolvimento das páginas Web permite o tratamento de requisições assíncronas e que partes específicas da página sejam atualizadas ao invés de toda a página quando ocorre uma requisição, sem a necessidade de recarregar toda a página

6.5 Funcionamento do protótipo

No teste do protótipo, a *Camada de Aplicação* foi implantada e executada no servidor de aplicação Web Apache Tomcat⁴⁷ (versão 7.0.37). Enquanto todos os agentes implementados foram inicializados na plataforma Jadex. A comunicação entre os componentes da *Camada de Aplicação* e o SMA é realizada através do agente *Gerenciador de Interface com o usuário*.

⁴¹ <http://myfaces.apache.org/core21/>

⁴² <https://jaserverfaces-spec-public.java.net/>

⁴³ <http://www.oracle.com/technetwork/java/javaee/javaserverfaces-139869.html>

⁴⁴ <http://www.w3.org/TR/xhtml1/>

⁴⁵ <http://www.jboss.org/richfaces>

⁴⁶ <http://www.adaptivepath.com/ideas/ajax-new-approach-web-applications>

⁴⁷ <http://tomcat.apache.org/>

Ao ser inicializada a plataforma de agentes o *Anotador* é informado da existência da ontologia de *Domínio* em Matemática e procura no DF, o agente *Gerenciador de Recurso* responsável pelo repositório da Educopédia. O agente *Anotador* solicita a recuperação de OAs para os conceitos desse domínio ao agente *Gerenciador de Recurso* encontrado. Com os OAs recebidos o agente *Anotador* aciona o objetivo responsável por anotar os OAs semanticamente, gerando o *Catálogo Local*.

O protótipo foi desenvolvido considerando os cenários dos usuários *Aluno* e *Professor*. Quando um usuário ingressa no sistema, é carregada a página de autenticação, onde é informado o nome e a senha do usuário. Após o usuário submeter essa informação, o agente *Gerenciador de Interface com o usuário* efetua a validação e apresenta as interfaces de acordo com seus privilégios. Para o usuário com o perfil de *Aluno* é apresentada uma interface com a funcionalidade de busca de OAs. O usuário *Professor* tem acesso às interfaces que permitem criar cursos e novos OAs (Autoria de metadados de OAs). Essas interfaces incluem também a opção de busca de OAs.

Nas próximas seções são apresentados os cenários de aplicação do protótipo para as atividades relacionadas à gestão de conteúdos educacionais, especificadas na arquitetura proposta para SWSGC.

6.5.1 Autoria de Cursos

A interface de Autoria de Cursos está formada por um conjunto de quatro abas (Figura 43). Essas abas guiam o usuário nas tarefas de associar conceitos do domínio ao conteúdo educacional de um curso, bem como a busca e adição de OAs para o ensino desses conteúdos educacionais.

Para exemplificar a atividade de Autoria de Cursos é considerado o cenário no qual um *Professor* identifica os conceitos de domínio, relacionados ao conteúdo educacional Equações de segundo grau completas, e adiciona OAs para o ensino desse conteúdo, dentro do curso de Matemática para o nono ano do Ensino Fundamental Final.

Na interface de Autoria de Cursos (Figura 43), para identificar o conteúdo educacional, é apresentada uma guia de acordo com a ontologia de *Materiais de*

Aprendizagem. Através dessa guia, o *Professor* escolhe de forma interativa a Área de Conhecimento, Disciplina, Unidade Temática, Módulo e Conteúdo Disciplinar. Na Figura 43 é apresentado o cenário da Autoria de Curso onde é identificado o conteúdo educacional *Equacoes_2_grau_completas*.

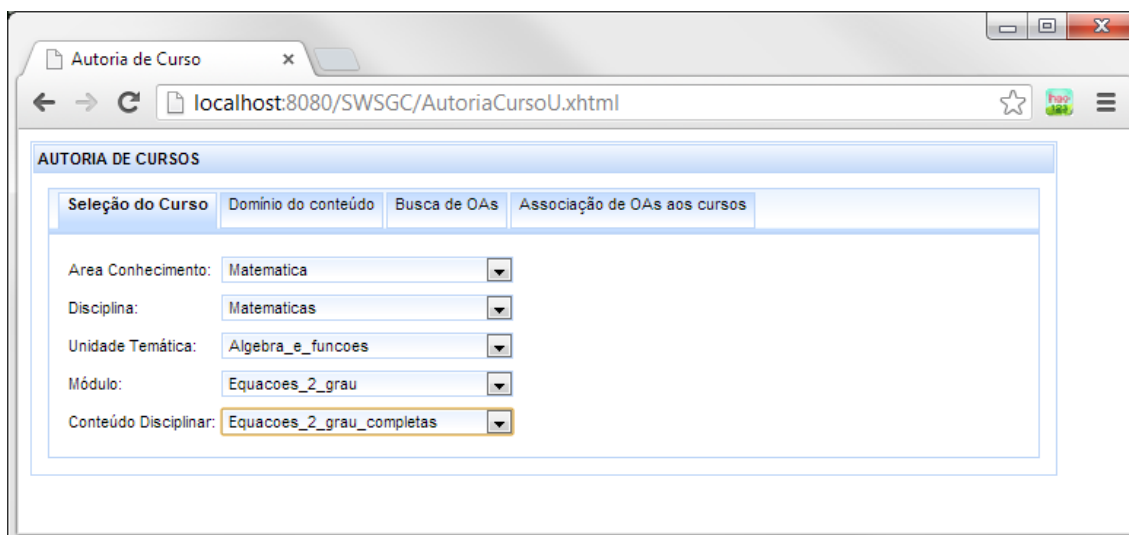


Figura 43 - Interface de Autoria de Cursos - Seleção de conteúdo educacional.

Após selecionar o conteúdo educacional, é ativada a aba para relacionar os conteúdos educacionais aos conceitos do domínio. Nesta aba é apresentada uma guia, onde o *Professor* seleciona um conceito do domínio, que pode pertencer a qualquer nível hierárquico da ontologia de *Domínio* (Figura 44). Ao selecionar o botão *Aceitar* é apresentado as instâncias do conceito escolhido, que podem ser associados ao conteúdo educacional, selecionado. Ao selecionar o botão *Relacionar* (Figura 44), é estabelecido o relacionamento do conteúdo *Equacoes_2_grau_completas* com o conceito do domínio *System_of_equations_r*, e posteriormente armazenado no *Repositório Semântico*.

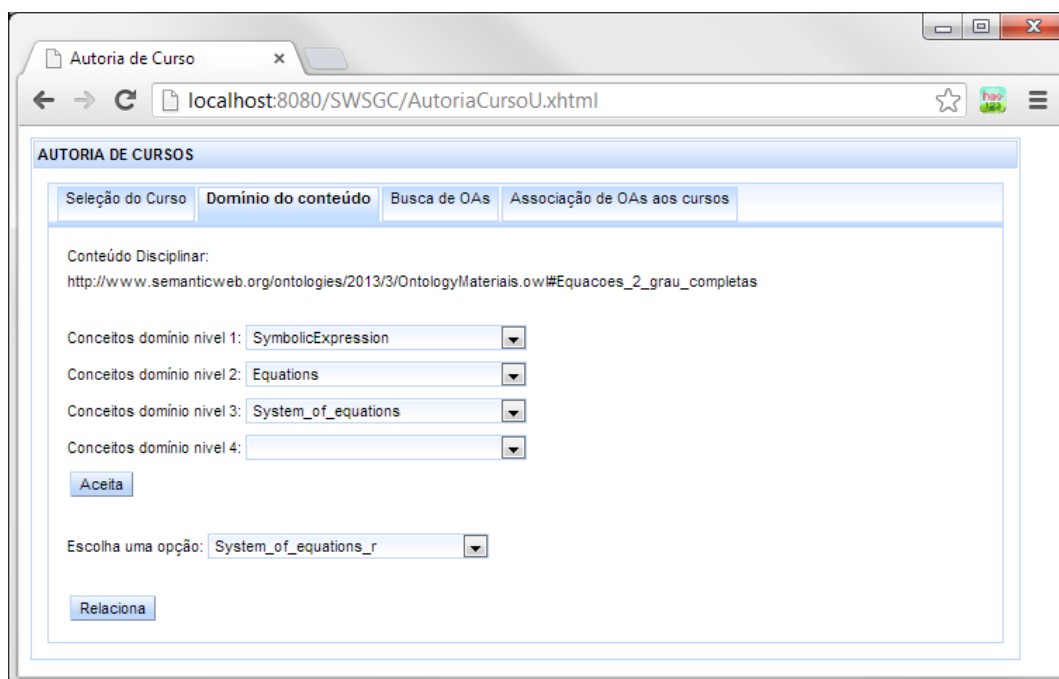


Figura 44 - Relação de conteúdos educacionais com os conceitos do domínio.

A última fase na Criação de Cursos consiste em associar OAs aos conteúdos educacionais. Para isso, é necessário buscar OAs no *Catálogo Local*. A aba Busca de OAs (Figura 45) apresenta ao usuário duas opções: Buscar por Conceito e Buscar por Conceitos Expandidos. Na primeira opção são apresentados OAs que tratam os conceitos de domínio aos quais está relacionado o conteúdo educacional. A opção Buscar por Conceitos Expandidos expande a busca de OAs as superclasses e as subclasses dos conceitos do domínio relacionados com o conteúdo educacional. Finalmente, na última aba o *Professor* escolhe os OAs a serem utilizados no ensino de *Equacoes_2_grau_completas* e ao selecionar o botão Associar, é estabelecido o relacionamento entre o conteúdo educativo e os OAs selecionados. Esse relacionamento é armazenado no *Repositório Semântico*. Na Figura 45 é apresentada a lista de OAs recuperados do *Catálogo Local* que podem ser associados ao conteúdo educativo *Equacoes_2_grau_completas*, utilizando a opção Buscar por Conceito.

OA	TITULO	DESCRICAO	KEYWORDS	LOCALIZACAO
equ_completa2				
equacoes_sem_solucao_Oa	Equacoes sem solucao	O que sao as equacoes sem solucao	• Algebra	http://www.tecmundo.com.br/
equacoes_conceito	Equacoes de 2 grau	Conceitos e exemplos de equacoes de 2 grau	• Matematicas • Equacoes	http://www.aulaclic.com.br
exercicios_equacoes_e_factoracao	Equacoes e factoracao (Exercicios)	Aplicacoes de equacoes e factoracao		http://www.elrincondelvaqo.com
raiz_equacao_2_grau	Equacoes 2 grau, raizes	Quais sao as raizes de uma equacoes de 2 grau	• 2 grau	http://elrincondelvaqo/matematica
expresoes_de_produto_zero	Expressoes de produto zero			http://tododealgebra.com

Figura 45 - OAs recuperados do Catálogo Local.

6.5.2 Autoria de metadados de OAs

Nas interfaces de Autoria de metadados de OAs (Figura 46 e Figura 47) são apresentados os formulários que guiam o usuário no preenchimento dos valores dos metadados das categorias *Geral*, *Educational* e *Technical* dos OAs de acordo com o padrão de metadados OBAA.

Para o cenário de Autoria de metadados de OAs, onde um *Professor* deseja criar um OA, através do preenchimento manual, para o conteúdo educativo de equações de segundo grau incompletas.

Na interface principal da Autoria de metadados de OAs (Figura 46), o *Professor* de forma interativa identifica o assunto do OA através dos parâmetros: Área de Conhecimento, Disciplina, Unidade Temática, Módulo e Conteúdo Disciplinar e seleciona a forma de preenchimento Criar OA (Manual).

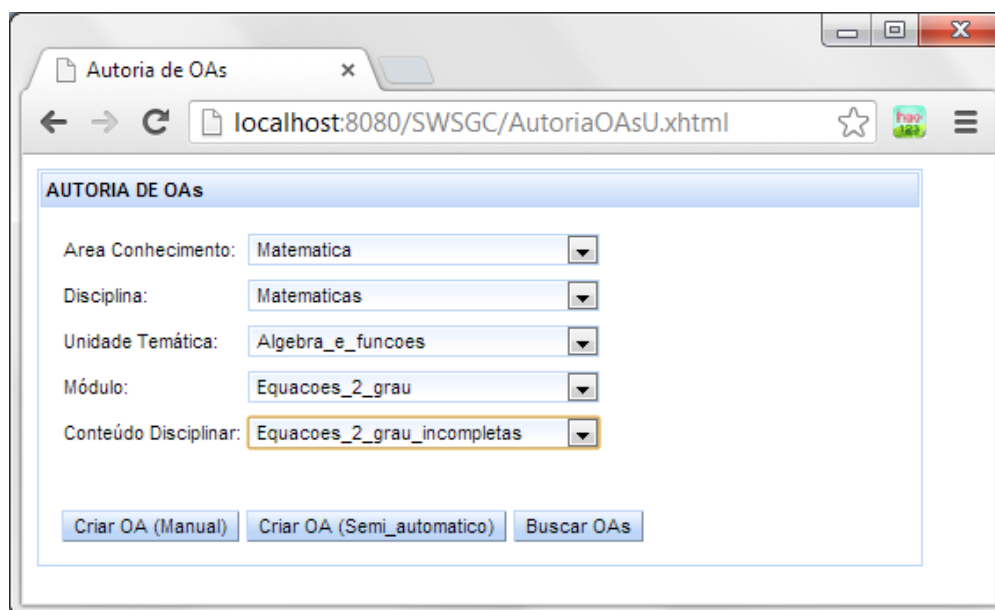


Figura 46 - Interface principal de Autoria de metadados de OAs.

Após selecionar a opção Criar OA (Manual) é apresentada a interface de Autoria de metadados de OAs de forma manual (Figura 47). As três primeiras abas permitem o ingresso manual dos metadados das categorias *Geral*, *Educational* e *Technical* do padrão OBAA. Ao lado dos elementos de metadados podem ser listados os possíveis valores para esse metadado de acordo com o especificado na ontologia de *Padrão de Metadados* OBAA. As definições, exemplos de uso de metadados e sugestões de valores de metadados são apresentados de acordo com as solicitações do usuário.

A quarta aba Validação OA é apresentada para o usuário depois que todos os valores de metadados forem submetidos. Após a validação do OA, são apresentadas as sugestões dos valores de metadados armazenado nas ontologias de *Materiais de Aprendizagem* e *Orientações Curriculares*, apresentados no Quadro 7 e no Quadro 8 da Seção 5.7.1, nos casos que sejam diferentes dos informados pelo usuário. Finalmente, é informado um nome para o OA e selecionado o botão Armazenar OA. Na Figura 47 é apresentada a aba de Metadados Educacionais para um OA que trata o conteúdo de equações de segundo grau incompletas.

The screenshot shows a web browser window with the address bar displaying 'localhost:8080/SWSGC/AutoriaManualU.xhtml'. The main content area is titled 'Autroia de OAS de forma manual' and contains a tabbed interface with four tabs: 'Metadados Gerais', 'Metadados Educacionais', 'Metadados Técnicos', and 'Validação OA'. The 'Metadados Educacionais' tab is active, showing a form with the following fields and values:

Field	Value	Buttons
Tipo de iteratividade	[Dropdown]	Definição, Exemplo, Valor
Tipo de recurso de aprendizagem	exercise	Definição, Exemplo, Valor
Nível de iteratividade	[Dropdown]	Definição, Exemplo, Valor
Densidade semântica	low	Definição, Exemplo
Público alvo	learner	Definição, Exemplo, Valor
Contexto	Ensino Fundamental	Definição, Exemplo, Valor
Faixa etária	13-14	Definição, Exemplo, Valor
Tempo de aprendizagem típica	20 min	Definição, Exemplo, Valor
Descrição	[Text Area]	Definição, Exemplo
Idioma	PT	Definição, Exemplo

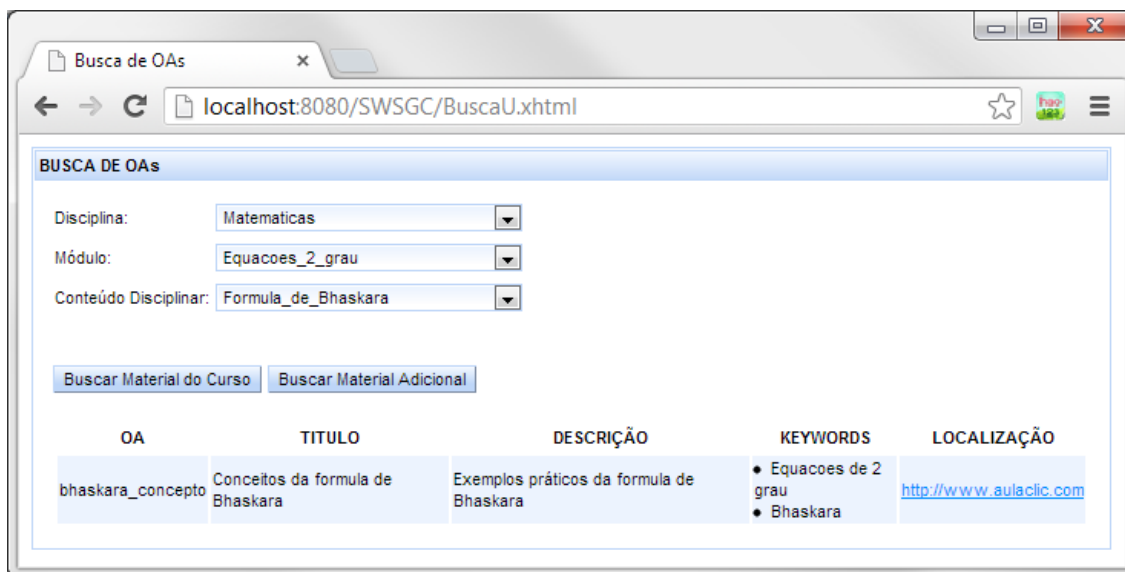
At the bottom of the form, there is a text area containing the description: "(\"en\", \"Teacher guidelines that come with a textbook.\")".

Figura 47 - Metadados educacionais de um OA sobre Equações de 2 grau incompletas.

6.5.3 Busca de OAs

A busca de OAs é uma atividade que pode ser realizada pelo *Aluno* e pelo *Professor*. A interface de busca (Figura 48) permite a realização da busca de OAs por conteúdos educacionais das disciplinas, podendo ser de dois tipos: Buscar Material do Curso e Buscar Material Adicional. Na opção Buscar Material do Curso são apresentados os OAs associados ao Conteúdo Disciplinar escolhido. Enquanto, na opção Buscar Material Adicional são apresentados os OAs que tratam os conceitos do domínio, relacionados ao Conteúdo Disciplinar escolhido.

Para o cenário de Busca de OAs, onde um usuário deseja visualizar os OAs relacionados ao conteúdo educacional Fórmula de Bhaskara. Na interface de busca de OAs (Figura 48), o usuário, de forma interativa escolhe os itens Disciplina, Módulo e Conteúdo Disciplinar, e seleciona o botão Buscar Material do Curso. O resultado da busca para o conteúdo educacional, Fórmula de Bhaskara é apresentado na Figura 48.



The screenshot shows a web browser window with the address bar displaying 'localhost:8080/SWSGC/BuscaU.xhtml'. The page title is 'Busca de OAs'. The search interface includes three dropdown menus: 'Disciplina' (Matematicas), 'Módulo' (Equacoes_2_grau), and 'Conteúdo Disciplinar' (Formula_de_Bhaskara). Below these are two buttons: 'Buscar Material do Curso' and 'Buscar Material Adicional'. The search results are displayed in a table with the following columns: OA, TÍTULO, DESCRIÇÃO, KEYWORDS, and LOCALIZAÇÃO.

OA	TÍTULO	DESCRIÇÃO	KEYWORDS	LOCALIZAÇÃO
bhaskara_concepto	Conceitos da formula de Bhaskara	Exemplos práticos da formula de Bhaskara	<ul style="list-style-type: none">• Equacoes de 2 grau• Bhaskara	http://www.aulaclic.com

Figura 48 - Resultado da busca por Material do Curso para o conteúdo Fórmula de Bhaskara.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS

O desenvolvimento das tecnologias da Web tem proporcionado a evolução e expansão dos ambientes de ensino baseados na Web. Essa expansão tem contribuído para o surgimento de diversas ferramentas e sistemas voltados para o processo de ensino-aprendizagem. Nesse contexto, surge a necessidade do desenvolvimento de abordagens que possibilitem integrar, interoperar e reutilizar os conteúdos educacionais.

As tecnologias da Web Semântica, ontologias e agentes inteligentes vêm sendo utilizadas para o desenvolvimento de SWBES. Esses sistemas fornecem ferramentas para auxiliar os alunos e professores na busca, na integração e no reaproveitamento dos conteúdos educacionais de diferentes fontes.

A fim de aprimorar os SWBES na integração e no reuso dos conteúdos educacionais, neste trabalho foi proposta uma arquitetura multiagentes para o desenvolvimento de sistemas Web semânticos para a gestão de conteúdos educacionais. A arquitetura proposta visa dar suporte a automação das atividades relacionadas à gestão de conteúdos educacionais, tais como, a busca de OAs, a autoria de metadados de OAs, a autoria de cursos e a anotação semântica de OAs.

Para a especificação da arquitetura de referência, foi realizado um levantamento bibliográfico com o objetivo de analisar os aspectos de um conjunto de trabalhos correlatos que tratam as atividades relacionadas ao gerenciamento de OAs. Essas abordagens exploram o uso de padrões de metadados, ontologias e agentes inteligentes. A partir desse estudo foram identificados e analisados os principais requisitos e aspectos relacionados às atividades de gestão de conteúdos educacionais. Esses requisitos e aspectos foram considerados para a definição e a especificação da arquitetura multiagente proposta.

Como parte desta arquitetura foi especificado um conjunto de ontologias necessárias para apoiar e suportar as atividades de gestão de conteúdos educacionais em SWSGC. Essas ontologias foram identificadas e especificadas com base nas ontologias apresentadas nos trabalhos correlatos e também nos documentos oficiais de orientações educacionais do Governo Federal e da Secretaria Municipal de Educação da cidade do Rio de Janeiro.

Utilizando a arquitetura multiagente e as ontologias propostas, um protótipo de um SWSGC foi implementado. O objetivo principal do protótipo foi validar as atividades de integração e anotação de OAs para a disciplina de Matemática do nono ano do Ensino Fundamental Final, e também apresentar como os componentes da arquitetura proposta podem ser implementados. Os OAs utilizados para o teste do protótipo foram recuperados do repositório da plataforma Educopédia. Esses OAs foram anotados semanticamente utilizando a ontologia de domínio de Matemática, adaptada da GeoSkills. Para a anotação foi utilizado um método que verifica a existência do conceito do domínio nos valores dos elementos de metadados, correspondentes ao título, as palavras chaves e a descrição. O protótipo apresenta funcionalidades para auxiliar os professores na autoria de metadados de OAs e na construção de cursos, disponibilizando um conjunto de OAs através de mecanismos de busca semântica, baseados nos relacionamentos das ontologias propostas.

7.1 Principais contribuições

A principal contribuição desse trabalho é uma arquitetura multiagente de referência para o desenvolvimento de SWSGC. A arquitetura foi concebida a partir de um levantamento bibliográfico, onde foi analisado um conjunto de trabalhos que apresentam soluções para a gestão de conteúdos educacionais que utilizam conceitos da Web Semântica, ontologias e agentes. Assim, a arquitetura proposta buscou reunir os principais aspectos e contribuições apresentadas nesses trabalhos. No Quadro 14 é apresentada uma relação entre a arquitetura multiagente proposta e os trabalhos relacionados, onde podem ser visualizados os principais aspectos e funcionalidades, tratados por cada uma das abordagens.

A organização da arquitetura proposta separa a aplicação em três camadas: *Aplicação*, *Sistema Multiagente* e *Recursos*. Essa divisão permite que os componentes dessas camadas possam ser desenvolvidos de forma separada. Nesse sentido a *Camada de Aplicação* pode ser desenvolvida utilizando diferentes tecnologias para a apresentação das informações, como aplicações Web, *Desktop* ou para dispositivos móveis (ex. *smartphones* e *tablets*).

Quadro 14 - Relação dos principais aspectos e funcionalidades tratados pelas abordagens estudadas e a arquitetura multiagente proposta.

Aspectos \ Trabalho analisado	MILOS	AutoEduMat	BROAD	AgCat	Vian et al.	LINNAEUS	SROA	Arquitetura proposta para SWSGC
Integração de OAs	•			•	•		•	•
Anotação semântica de OAs através de ontologias de domínio					•			•
Autoria de metadados de OAs	•	•	•	•		•		•
Busca semântica de OAs	•		•		•			•
Interface com o usuário ou outros sistemas	•	•	•	•	•	•	•	•
Gerenciamento de conhecimento	•	•	•	•		•		•
Autoria de cursos	•							•

A *Camada Sistema Multiagente* foi concebida utilizando a metodologia de desenvolvimento de software orientada a agentes Tropos, além de utilizar o modelo arquitetural BDI. O modelo BDI fornece um nível de abstração que permite modelar e desenvolver agentes, onde a estrutura interna e o comportamento dos agentes são especificados em função dos objetivos, dos planos e das crenças. Nessa camada se destacam a especificação das funcionalidades e dos comportamentos que definem os papéis dos agentes nas atividades de gestão de conteúdos educacionais. Embora, os papéis dos agentes tenham sido especificados de forma genérica, esses podem ser adaptados para desenvolver os agentes de acordo com as necessidades da aplicação. Nessa camada a utilização de agentes com o papel *Gerenciador de Recurso* permite a integração de repositórios de OAs distintos e heterogêneos. Dessa forma, cada agente é responsável por implementar as interfaces e os protocolos de acesso e realizar o mapeamento para o padrão de metadados usado na aplicação. Assim, o acesso aos recursos desses repositórios é transparente para o usuário.

Na *Camada de Recursos*, está outra contribuição importante deste trabalho que foi a identificação de um conjunto de ontologias necessárias para apoiar a gestão de conteúdos educacionais. Entre as ontologias identificadas, duas são específicas da aplicação: a ontologia de *Materiais de Aprendizagem* – utilizada para organizar os conteúdos educacionais dos cursos, e a de *Orientações Curriculares* – utilizada para orientar o processo de ensino-aprendizagem. As ontologias gerais, de *Domínio* e de

Padrões de Metadados, podem ser reaproveitadas entre as diversas disponíveis na Web. Os relacionamentos definidos entre essas ontologias são utilizadas para a anotação semântica de OAs e cursos, permitindo aprimorar a recuperação de OAs.

7.2 Trabalhos futuros

Como trabalhos futuros, a arquitetura pode ser aprimorada, através do desenvolvimento de novos testes e casos de estudo. Como por exemplo, utilizar a arquitetura em sistemas mais abrangentes, a fim de testar a integração e interoperabilidade dos agentes e das ontologias nesses sistemas.

O protótipo desenvolvido no caso de estudo pode ser melhorado e estendido nos seguintes aspectos:

- A integração de outros repositórios que usem diferentes protocolos e padrões de metadados;
- O desenvolvimento de outros métodos de anotação com a utilização das técnicas de processamento de linguagem natural e de recuperação de informação;
- A implementação das funcionalidades para a configuração e o gerenciamento do sistema, para facilitar a inclusão de novas ontologias e de novos repositórios;
- Pesquisar e desenvolver técnicas para o monitoramento de mudanças no conteúdo dos *Repositórios Externos*, a fim de garantir a atualização dos OAs do *Catálogo Local*;
- Pesquisar e desenvolver formas para a avaliação da qualidade dos OAs, tanto relacionado ao conteúdo como a descrição dos metadados.
- Pesquisar formas de indexação e recuperação semântica para o *Catálogo Local* com grande volume de OAs.

REFERÊNCIAS

ANIDO, L.; FERNÁNDEZ, M.; CAEIRO, M.; SANTOS, J.; RODRÍGUEZ, J.; LLAMAS, M. Educational metadata and brokerage for learning resources. **Computers & Education**, v. 38, n. 4, p. 351-374, 2002.

ARAUJO, M. **Educação a distância e a Web Semântica: modelagem ontológica de materiais e objetos de aprendizagem para a plataforma COL**. 2003. Tese (Doutorado em Sistemas Digitais) - Escola Politécnica Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3141/td-22072005-165858/>> Acesso em: 15 jan. 2012.

BARCELOS, C.; GLUZ, J.; VICARI, R. An Agent-based Federated Learning Object Search Service. **Interdisciplinary Journal of E-Learning and Learning Objects**, v. 7, n. 1, p. 37-54, 2011.

BERGENTI, F.; GLEIZES, M.-P.; ZAMBONELLI, F. **Methodologies and Software Engineering for Agent Systems - The Agent-Oriented Software Engineering Handbook**. 2004. Springer, v. 11, 2008. 505 p.

BERNERS-LEE, T.; HENDLER, J.; LASSILA, O. Semantic Web: A new form of Web content that is meaningful to computers will unleash a revolution of new possibilities. **Scientific American**, v. 284, n. 5, p. 34-43, 2001.

BIOE. Banco Internacional de Objetos Educacionais, 2008. Disponível em: <<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/>>. Acesso em: 03 dez. 2012.

BITTENCOURT, I.; COSTA, E. Modelos e Ferramentas para a Construção de Sistemas Educacionais Adaptativos e Semânticos. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, v. 19, n. 01, p. 85-98, 2011.

BITTENCOURT, I.; ISOTANI, S.; COSTA, E.; MIZOGUCHI, R. Research directions on Semantic Web and education. **Interdisciplinary Studies in Computer Science**, v. 19, n. 1, p. 60-67, 2008.

BOLEY, H.; TABET, S.; WAGNER, G. **Design rationale of RuleML: A markup language for semantic web rules**. International Semantic Web Working Symposium (SWWS). p. 381-402. 2001.

BORDINI, R.; BRAUBACH, L.; DASTANI, M.; EL, A.; SEGHROUCHNI, F.; GOMEZ-SANZ, J.; LEITE, J.; POKAHR, A.; RICCI, A. A Survey of Programming Languages and Platforms for Multi-Agent Systems. **Informatica**, v. 30, p. 33-44, 2006.

BORST, W. **Construction of engineering ontologies for knowledge sharing and reuse**. Universiteit Twente, 1997.

BRAUBACH, L.; POKAHR, A.; LAMERSDORF, W. Jadex: A BDI-agent system combining middleware and reasoning. **In Software Agent-Based Applications, Platforms and Development Kits**, 2005. 143-168.

BRESCIANI, P.; GIORGINI, P.; GIUNCHIGLIA, F.; MYLOPOULOS, J.; PERINI, A. Tropos: An Agent-Oriented Software Development Methodology. **Autonomous Agents and Multi-Agent Systems**, v. 3, n. 8, p. 203–236, 2004.

CAMPOS, F.; BRAGA, R.; SOUZA, A. C.; SANTOS, N.; MATOS, E.; NERY, T. **Projeto BROAD: Busca semântica por objetos de aprendizagem**. ESUD 2011-VIII Congresso Brasileiro de Ensino Superior a Distância. Ouro Preto: UNIREDE. 2011.

CASTRO, J.; KOLP, M.; MYLOPOULOS, J. Towards Requirements-Driven Information Systems Engineering: The Tropos Project. **In Information Systems Journal**, v. 6, n. 27, p. 365-389, 2002.

CORCHO, O.; FERNÁNDEZ-LOPEZ, M.; GÓMEZ-PÉREZ, A. Methodologies, tools and languages for building ontologies. Where is their meeting point? **Data & Knowledge Engineering, Elsevier**, v. 46, n. 1, p. 41-64, 2003.

DCMI. Dublin Core Metadata. **Dublin Core Metadata Initiative**, 2002. Disponível em: <<http://www.dublincore.org>>. Acesso em: 22 jun. 2012.

DEVEDZIC, V. **Semantic Web and Education**. Springer, v. 12, 2006.

DOWNES, S. Design and reusability of learning objects in an academic context: A new economy of education. **USDLA Journal**, v. 17, n. 1, p. 3-22, 2003.

DZIEKANIAK, G. Mapeamento do uso de padrões de metadados por comunidades científicas. *Biblos*, Rio Grande, v.20. p. 229-243, 2007. Disponível em: <<http://www.seer.furg.br/ojs/index.php/biblos/article/view/732/225>>. Acesso em: 15 jun. 2012.

EDUCOPÉDIA, 2013. Disponível em: <<http://www.educopedia.com.br/>>. Acesso em: 04 maio 2013.

FEB. FEB-Federacao de Repositorios Educa Brasil, 2012. Disponível em: <<http://feb.ufrgs.br/>>. Acesso em: 03 dez. 2012.

GLUZ, J.; VICARI, R. Milos: Infraestrutura de agentes para suporte a objetos de aprendizagem OBAA. In: Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, 21., 2010, João Pessoa. **Anais eletrônicos...** João Pessoa, 2010. Disponível em: <<http://ceie-sbc.tempsite.ws/pub/index.php/sbie/article/view/1450/1215>>. Acesso em: 10 jun. 2012.

GLUZ, J.; VICARI, R. Uma Ontologia OWL para Metadados IEEELOM, DublinCore e OBAA. In: Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, 21., 2011, Aracaju. **Anais eletrônicos...** Aracaju, 2011. Disponível em: <<http://ceie-sbc.educacao.ws/pub/index.php/sbie/article/view/1589/1354>>. Acesso em: 10 jun. 2012.

GLUZ, J.; XAVIER, A. AutoEduMat: Uma Ferramenta de Apoio a Catalogação de Objetos de Aprendizagem de Matemática do Ensino Médio Compatíveis com o Padrão OBAA. In: Conferencia Latinoamericana de Objetos de Aprendizage y Tecnologias para la Educacion (LACLO), 6., 2011, Montevideo. **Anais eletrônicos...** Montevideo, 2011. Disponível em: <http://laclo2011.seciu.edu.uy/publicacion/laclo/laclo2011_submission_38.pdf>. Acesso

em: 20 jun. 2012.

GÓMEZ-PÉREZ, A.; FERNÁNDEZ, M.; VICENTE, A. **Towards a method to conceptualize domain ontologies**. European Coordinating Committee for Artificial Intelligence (ECCAI). 1996.

GONÇALVES, V. **A Web Semântica no Contexto Educativo**. 2007. Tese de Doutorado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores - Universidade do Porto, Porto, 2008. Disponível em: < <https://bibliotecadigital.ipb.pt/handle/10198/620> > Acesso em: 20 jan. 2012.

GOÑI, J.; PFEIFFER, M.; DE LUCENA, C. E-learning e a Web Semântica. In: Congresso da Rede Ibero-americana de Informática Educativa (RIBIE), 6., 2002, Rio de Janeiro. **Anais eletrônicos...** Rio de Janeiro, 2002 Disponível em: < ftp://ftp.inf.puc-rio.br/pub/docs/techreports/02_12_goni.pdf >. Acesso em: 10 nov. 2011.

GRUBER, T. A translation approach to portable ontology specifications. **Knowledge acquisition**, v. 5, n. 2, p. 199-220, 1993.

GRUNINGER, M.; FOX, M. Methodology for the Design and Evaluation of Ontologies. In: Workshop on Basic Ontological Issues in Knowledge Sharing, 1995, Montreal. **Anais eletrônicos...** Montreal, 1995. Disponível em: < <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.44.8723&rep=rep1&type=pdf> >. Acesso em: 20 nov. 2011.

HENDERSON-SELLERS, B.; GIORGINI, P. **Agent-Oriented Methodologies**. [S.l.]: Idea Group Publishing, 2005. 428 p.

I2G. **Geometría interactiva interoperable en Europa**, 2013. Disponível em: <<http://i2geo.net/>>. Acesso em: 10 abr. 2013.

IEEE-LTSC. Standard for learning object metadata - IEEE 1484.12.1-2002. **Learning Technology Standards Committee**, 2002. Disponível em: <<http://ltsc.ieee.org/wg12/>>. Acesso em: 20 jun. 2012.

ISOTANI, S.; MIZOGUCHI, R.; BITTENCOURT, I.; COSTA, E. Estado da Arte em Web Semântica e Web 2.0: Potencialidades e Tendências da Nova Geração de Ambientes de Ensino na Internet. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, v. 17, n. 1, p. 30-42, 2009.

JENNINGS, N. R. On agent-based software engineering. **Artificial intelligence**, v. 117, n. 2, p. 277-296, 2000.

JENNINGS, N. R.; BUSSMANN, S. Agent-based control systems. **IEEE control systems Magazine**, v. 23, n. 3, p. 61-73, 2003.

MCGUINNESS, D.; VAN HARMELEN, F. OWL web ontology language overview. **W3C recommendation**, v. 10, p. 10, 2004.

MIZOGUCHI, R. Tutorial on ontological engineering Part 2: Ontology development, tools and languages. **New Generation Computing, Springer**, v. 22, n. 1, p. 61-96,

2004.

MIZOGUCHI, R.; HAYASHI, Y.; BORDEAU, J. Inside theory-aware and standards-compliant authoring system. In: International Workshop on Ontologies and Semantic Web for E-Learning, 2007, California: **Anais...** California, 2007. p. 1-18.

MIZOGUCHI, R.; IKEDA, M.; SETA, K.; VANWELKENHUYSEN, J. Ontology for modeling the world from problem solving perspectives. In: Workshop on Basic Ontological Issues in Knowledge Sharing, 1995, Montreal. **Anais eletrônicos...** Montreal, 1995. p. 1-12.

MOTZ, R.; SAAVEDRA, R.; VALLESPER, D. Localizador de Objetos de Aprendizaje Distribuidos. In: Congreso Iberoamericano de Informática Educativa, 2010, Santiago de Chile. **Anais...** Santiago de Chile, 2010. p. 628-634.

OTÓN, S.; ORTIZ, A.; HILERA, J. SROA: Sistema de Reutilización de Objetos de Aprendizaje. **Revista Iberoamericana de Informática Educativa**, n. 5, p. 7-22, enero-junio 2007.

PERNAS, A.; DIAZ, A.; MOTZ, R.; PALAZZO, M.; DE OLIVEIRA, J. Situations and ontology networks to define adaptive actions in e-learning systems. In: IADIS International Conference on WWW/Internet, 2011, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2011. p. 237-244.

POLSANI, P. Use and abuse of reusable learning objects. **Journal of Digital information**, v. 3, n. 4, 2006.

RAO, A.; GEORGEFF, M. BDI agents: From theory to practice. In: First international conference on multi-agent systems (ICMAS), 1995, San Francisco **Anais...** San Francisco, 1995. p. 312-319.

ROSSI, L. **Uma arquitetura para sistema educacional baseado na Web Semântica**. 2011. 109f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho". São José de Rio Preto, 2011.

RUSSELL, S.; NORVIG, P. **Artificial Intelligence: A Modern Approach**. [S.l.]: Prentice Hall, 1995. 932 p.

SELF, J. **Computational mathematics: Towards a science of learning. Technical report, Computer Based Learning Unit**. University of Leeds. 1995.

SILVA, J. **Análise técnica e pedagógica de metadados para objetos de aprendizagem**. 2011. 189f. Tese (Doutorado em Informática na Educação) – Centro de Estudos Interdisciplinares em Novas Tecnologias na Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2011.

SILVA, M. **Educação online: teorias, práticas, legislação, formação corporativa**. Loyola, Edições, 2003.

SILVEIRA, E.; GLUZ, J. Sistema LINNAEUS: apoio inteligente para a catalogação e

edição de metadados de objetos de aprendizagem. In: Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, 23. 2012, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: < <http://ceie-sbc.tempsite.ws/pub/index.php/sbie/article/view/1771/1532>>. Acesso em: 10 jan. 2013.

STAAB, S.; STUDER, R. **Handbook on ontologies**. Springer Verlag, 2004.

STAAB, S.; STUDER, R.; SCHNURR, H.; SURE, Y. Knowledge processes and ontologies. **Intelligent Systems, IEEE**, v. 16, n. 1, p. 26-34, 2001.

STUDER, R.; BENJAMINS, V.; FENSEL, D. Knowledge engineering: principles and methods. **Data & Knowledge Engineering**, v. 25, n. 1, p. 161-197, 1998.

USCHOLD, M.; KING, M. **Towards a methodology for building ontologies**. Workshop on basic ontological issues in knowledge sharing. Montreal, Canada. 1995.

VIAN, J.; SILVEIRA, R. A.; FILETO, R. Sistema multiagente para indexação e recuperação aplicado a objetos de aprendizagem. In: Congresso Nacional de Ambientes Hipermídia para Aprendizagem, 2. 2009, Florianópolis. Anais... Florianópolis, 2009. Disponível em: < http://wright.ava.ufsc.br/~alice/conahpa/anais/2009/cd_conahpa2009/papers/final129.pdf >. Acesso em: 20 out. 2012.

VICARI, R. M.; BEZ, M.; SILVA, J. M. C.; RIBEIRO, A.; GUZ, J. C.; PASSERINO, L.; SANTOS, E.; PRIMO, T.; ROSSI, L.; BORDIGNON, A. Proposta Brasileira de Metadados para Objetos de Aprendizagem Baseados em Agentes (OBAA). **Revista novas tecnologas na educacao**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, 2010. Disponível em: < <http://seer.ufrgs.br/renote/article/view/15257/9015>>. Acesso em: 15 jan. 2012.

WARPECHOWSKI, M. **Obtenção de Metadados de Objetos de aprendizagem no Adaptweb**. 2006 69f Dissertação (Mestrado em Computação) – Instituto de Informática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2005.

WEISS, G. **Multiagent systems: A modern approach to Distributed Artificial Intelligence**. M.I.T. Press, 1999.

WEISS, G. Agent orientation in software engineering. **The Knowledge Engineering Review**, v. 16, n. 4, p. 349-373, Dezembro 2001.

WILEY, D. Connecting learning objects to instructional design theory: a definition, a metaphor, and taxonomy., 2001. Disponível em: <www.reusability.org/read/chapters/wiley.doc>. Acesso em: 20 jun. 2012.

WOOLDRIDGE, M. Agent-based computing. **Interoperable Communication Networks**, v. 1, n. 1, p. 71-97, 1998.

WOOLDRIDGE, M. **An Introduction to MultiAgent Systems**. John Wiley & Sons, 2002.

WOOLDRIDGE, M.; JENNINGS, N. R. Intelligent Agents: Theory and Practice. **The Knowledge Engineering Review**, v. 10, n. 2, p. 115-152, 1995.

ZHENG, L.; LIU, Y.; WANG, J.; YANG, F. Multiple Standards Compatible Learning Resource Management. In: IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, 8. 2008, Cantabria. **Proceedings...** Cantabria, 2008. p. 657-661.

APÊNDICE A – CÓDIGO OWL DA ONTOLOGIA DE MATERIAIS DE APRENDIZAGEM

O código da ontologia apresentado neste apêndice está codificado no formato Turtle⁴⁸ (*Terse RDF Triple Language*), por razões de visibilidade. O Turtle é uma sintaxe textual para RDF, que permite que os grafos RDF (sujeito, predicado e objeto) sejam apresentados em forma de texto compacto e natural. No formato Turtle a tripla sujeito, predicado e objeto estão separados por espaços em branco, onde o ponto final (.) encerra a tripla.

```
@prefix xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#> .
@prefix owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#> .
@prefix : <http://www.semanticweb.org/ontologies/2013/3/
  OntologyMateriais.owl#> .
@prefix xml: <http://www.w3.org/XML/1998/namespace> .
@prefix rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#> .
@prefix rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#> .
@base <http://www.semanticweb.org/ontologies/2013/3/OntologyMateriais.owl> .

<http://www.semanticweb.org/ontologies/2013/3/OntologyMateriais.owl> rdf:type
  owl:Ontology ;

    rdfs:comment "Autor: Bernarda Sandoval" ,
      "06/05/2013" .

#####
#
#   Object Properties
#
#####

### http://www.semanticweb.org/ontologies/2013/3/OntologyMateriais.owl#
  areaTemDisciplina

:areaTemDisciplina rdf:type owl:ObjectProperty ;
  rdfs:domain :Area_Conhecimento ;
  rdfs:range :Disciplina .

### http://www.semanticweb.org/ontologies/2013/3/OntologyMateriais.owl#
  disciplinaTemUnidade

:disciplinaTemUnidade rdf:type owl:ObjectProperty ;
  rdfs:domain :Disciplina ;
  rdfs:range :Unidade_Tematica .

### http://www.semanticweb.org/ontologies/2013/3/OntologyMateriais.owl#
  itemTemAnterior
```

⁴⁸ <http://www.w3.org/TR/turtle/>

```

:itemTemAnterior rdf:type owl:FunctionalProperty ,
                  owl:ObjectProperty ;
                  rdfs:domain :Item_Ensino ;
                  rdfs:range :Item_Ensino .

### http://www.semanticweb.org/ontologies/2013/3/OntologyMateriais.owl#
itemTemMaterial

:itemTemMaterial rdf:type owl:ObjectProperty ;
                  rdfs:domain :Item_Ensino ;
                  rdfs:range :Material_Aprendizagem .

### http://www.semanticweb.org/ontologies/2013/3/OntologyMateriais.owl#
itemTemProximo

:itemTemProximo rdf:type owl:FunctionalProperty ,
                  owl:ObjectProperty ;
                  rdfs:domain :Item_Ensino ;
                  rdfs:range :Item_Ensino .

### http://www.semanticweb.org/ontologies/2013/3/OntologyMateriais.owl#
moduloTemItem

:moduloTemItem rdf:type owl:ObjectProperty ;
                rdfs:range :Item_Ensino ;
                rdfs:domain :Modulo .

### http://www.semanticweb.org/ontologies/2013/3/OntologyMateriais.owl#
unidadeTemModulo

:unidadeTemModulo rdf:type owl:ObjectProperty ;
                   rdfs:range :Modulo ;
                   rdfs:domain :Unidade_Tematica .

#####
#
#   Data properties
#
#####

### http://www.semanticweb.org/ontologies/2013/3/OntologyMateriais.owl#
Avaliacao

:Avaliacao rdf:type owl:DatatypeProperty ;
            rdfs:domain :Material_Aprendizagem ;
            rdfs:range xsd:int .

### http://www.semanticweb.org/ontologies/2013/3/OntologyMateriais.owl#Indice

:Indice rdf:type owl:DatatypeProperty ,
          owl:FunctionalProperty ;
         rdfs:domain :Modulo ;
         rdfs:range xsd:int .

### http://www.semanticweb.org/ontologies/2013/3/OntologyMateriais.owl#
areaNome

:areaNome rdf:type owl:DatatypeProperty ;

```

```

    rdfs:domain :Area_Conhecimento ;
    rdfs:range xsd:string .

```

```

### http://www.semanticweb.org/ontologies/2013/3/OntologyMateriais.owl#
    assunto

```

```

:assunto rdf:type owl:DatatypeProperty ;
    rdfs:domain :Modulo ;
    rdfs:range xsd:string .

```

```

### http://www.semanticweb.org/ontologies/2013/3/OntologyMateriais.owl#
    contexto

```

```

:contexto rdf:type owl:DatatypeProperty ;
    rdfs:domain :Disciplina ;
    rdfs:range xsd:string .

```

```

### http://www.semanticweb.org/ontologies/2013/3/OntologyMateriais.owl#
    disciplinaNome

```

```

:disciplinaNome rdf:type owl:DatatypeProperty ;
    rdfs:domain :Disciplina ;
    rdfs:range xsd:string .

```

```

### http://www.semanticweb.org/ontologies/2013/3/OntologyMateriais.owl#etapa

```

```

:etapa rdf:type owl:DatatypeProperty ;
    rdfs:domain :Disciplina ;
    rdfs:range xsd:string .

```

```

### http://www.semanticweb.org/ontologies/2013/3/OntologyMateriais.owl#
    faixaEtaria

```

```

:faixaEtaria rdf:type owl:DatatypeProperty ;
    rdfs:domain :Disciplina ;
    rdfs:range xsd:string .

```

```

### http://www.semanticweb.org/ontologies/2013/3/OntologyMateriais.owl#
    itemNome

```

```

:itemNome rdf:type owl:DatatypeProperty ;
    rdfs:domain :Item_Ensino ;
    rdfs:range xsd:string .

```

```

### http://www.semanticweb.org/ontologies/2013/3/OntologyMateriais.owl#
    moduloNome

```

```

:moduloNome rdf:type owl:DatatypeProperty ;
    rdfs:domain :Modulo ;
    rdfs:range xsd:string .

```

```

### http://www.semanticweb.org/ontologies/2013/3/OntologyMateriais.owl#sumula

```

```

:sumula rdf:type owl:DatatypeProperty ;
    rdfs:domain :Item_Ensino ;
    rdfs:range xsd:string .

```

```

### http://www.semanticweb.org/ontologies/2013/3/OntologyMateriais.owl#
    unidadeNome

```



```
### http://www.semanticweb.org/ontologies/2013/3/OntologyMateriais.owl#Modulo
```

```
:Modulo rdf:type owl:Class ;  
  rdfs:label "Módulo"@pt ;  
  rdfs:subClassOf [ rdf:type owl:Restriction ;  
                    owl:onProperty :moduloTemItem ;  
                    owl:someValuesFrom :Item_Ensino  
                  ] ;  
  rdfs:comment "Subdivisão das unidades temáticas que agrupa os itens  
                específicos a serem ensinados, em cada disciplina"@pt .
```

```
### http://www.semanticweb.org/ontologies/2013/3/OntologyMateriais.owl#  
Unidade_Tematica
```

```
:Unidade_Tematica rdf:type owl:Class ;  
  rdfs:label "Unidade Temática"@pt ;  
  rdfs:subClassOf [ rdf:type owl:Restriction ;  
                    owl:onProperty :unidadeTemModulo ;  
                    owl:someValuesFrom :Modulo  
                  ] ;  
  rdfs:comment "Parcelas autônomas de conhecimento específico  
                que podem ser organizadas dentro do projeto  
                pedagógico de cada professor ou escola, em  
                função das características dos alunos e dos  
                tempos e espaços para sua realização."@pt .
```

```
### Generated by the OWL API (version 3.2.3.1799)  
http://owlapi.sourceforge.net
```

APÊNDICE B – CÓDIGO OWL DA ONTOLOGIA DE ORIENTAÇÕES CURRICULARES

```

@prefix xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#> .
@prefix owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#> .
@prefix
<http://www.semanticweb.org/ontologies/2013/3/OntologyCurricula.owl#> .
@prefix xml: <http://www.w3.org/XML/1998/namespace> .
@prefix rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#> .
@prefix rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#> .
@base <http://www.semanticweb.org/ontologies/2013/3/OntologyCurricula.owl> .

<http://www.semanticweb.org/ontologies/2013/3/OntologyCurricula.owl> rdf:type
owl:Ontology ;

    rdfs:comment "06/05/2013" ,

    "Autor: Bernarda Sandoval" .

#####
#
#   Object Properties
#
#####

### http://www.semanticweb.org/ontologies/2013/3/OntologyCurricula.owl#
orientacaoTemAtividade

:orientacaoTemAtividade rdf:type owl:ObjectProperty ;
    rdfs:range :Atividade ;
    rdfs:domain :Orientacao_Curricular .

### http://www.semanticweb.org/ontologies/2013/3/OntologyCurricula.owl#
orientacaoTemAvaliacao

:orientacaoTemAvaliacao rdf:type owl:ObjectProperty ;
    rdfs:range :Avaliacao ;
    rdfs:domain :Orientacao_Curricular .

### http://www.semanticweb.org/ontologies/2013/3/OntologyCurricula.owl#
orientacaoTemConteudo

:orientacaoTemConteudo rdf:type owl:ObjectProperty ;
    rdfs:range :Conteudo ;
    rdfs:domain :Orientacao_Curricular .

### http://www.semanticweb.org/ontologies/2013/3/OntologyCurricula.owl#
orientacaoTemHabilidade

:orientacaoTemHabilidade rdf:type owl:ObjectProperty ;
    rdfs:range :Habilidade ;
    rdfs:domain :Orientacao_Curricular .

```



```

                                rdf:first
                                "muito alto" ;
                                rdf:rest [
                                rdf:type
                                rdf:List ;
                                rdf:first
                                "muito baixo" ;
                                rdf:rest [
                                rdf:type
                                rdf:List ;
                                rdf:first
                                "médio" ;
                                rdf:rest
                                rdf:nil
                                ]
                                ]
                                ]
                                ]
                                ] .

```

```

### http://www.semanticweb.org/ontologies/2013/3/OntologyCurricula.owl#
tipoInteratividade

```

```

:tipoInteratividade rdf:type owl:DatatypeProperty ;
  rdfs:domain :Atividade ;
  rdfs:range [rdf:type rdfs:Datatype ;
    owl:oneOf [rdf:type rdf:List ;
      rdf:first "ativo" ;
      rdf:rest [rdf:type rdf:List ;
        rdf:first "expositivo" ;
        rdf:rest [rdf:type
          rdf:List ;
          rdf:first
          "misto" ;
          rdf:rest
          rdf:nil
          ]
        ]
      ]
    ]
  ] .

```

```

### http://www.semanticweb.org/ontologies/2013/3/OntologyCurricula.owl#tipoOA

```

```

:tipoOA rdf:type owl:DatatypeProperty ;
  rdfs:domain :Atividade ;
  rdfs:range [rdf:type rdfs:Datatype ;
    owl:oneOf [rdf:type rdf:List ;
      rdf:first "apresentação" ;
      rdf:rest [rdf:type rdf:List ;
        rdf:first "diagrama" ;
        rdf:rest [rdf:type rdf:List ;
          rdf:first "desenho" ;
          rdf:rest [rdf:type
            rdf:List ;
            rdf:first
            "enunciado
            problema";
            rdf:rest [
              rdf:type
              rdf:List ;
              rdf:first
              "exercício" ;

```



```
        :orientacaoTemObjetivo ;
    owl:someValuesFrom :Objetivo
] ,
[ rdf:type owl:Restriction ;
  owl:onProperty
    :orientacaoTemAvaliacao ;
  owl:someValuesFrom :Avaliacao
] .
```

```
### http://www.semanticweb.org/ontologies/2013/3/OntologyCurricula.owl#Prova
```

```
:Prova rdf:type owl:Class ;
      rdfs:subClassOf :Avaliacao .
```

```
### http://www.semanticweb.org/ontologies/2013/3/OntologyCurricula.owl#
Provas_Individuais
```

```
:Provas_Individuais rdf:type owl:Class ;
                    rdfs:subClassOf :Avaliacao .
```

```
### http://www.semanticweb.org/ontologies/2013/3/OntologyCurricula.owl#
Resolucao_de_Exercicios
```

```
:Resolucao_de_Exercicios rdf:type owl:Class ;
                        rdfs:subClassOf :Avaliacao .
```

```
### Generated by the OWL API (version 3.2.3.1799)
http://owlapi.sourceforge.net
```