
Construindo uma ontologia para pesquisa de Materiais e Objetos de Aprendizagem baseada na Web Semântica

Moysés Araújo¹, Maria Alice Grigas Varella Ferreira^{1,2}

¹Universidade Cruzeiro do Sul - Av. Dr. Ussiel Cirilo, 225, São Paulo, SP, Brazil

²Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Av. Prof. Luciano Gualberto, trav. 3, n. 158, CEP 05508-900, São Paulo, SP, Brazil

moysesar@uol.com.br, maria.alice.ferreira@poli.usp.br

Resumo: Para dar uma nova infra-estrutura a World Wide Web surgiu a tecnologia conhecida com Web Semântica, cuja finalidade é estruturar e organizar as informações para buscas mais inteligentes e eficientes, utilizando-se principalmente do conceito de ontologia. Este trabalho apresenta a construção de uma ontologia de materiais e objetos de aprendizagem baseada nas tecnologias da Web Semântica, de forma a que pesquisas mais “inteligentes” e estruturadas possam ser realizadas nestes materiais, armazenados em plataformas de ensino a distância ou em portais educacionais. Detalhes sobre um projeto piloto desenvolvido complementam o trabalho.

Palavras-Chave: Web Semântica, Ontologias, DAML+OIL, Educação a distância

1. Introdução

A Web é hoje uma grande biblioteca virtual, onde a informação sobre qualquer assunto está disponível a qualquer hora e em qualquer lugar, com ou sem custo, criando oportunidades em várias áreas do conhecimento humano, dentre as quais a Educação não é exceção. Entretanto, com a revolução que a Web tem possibilitado no acesso à informação, novas abordagens podem ser feitas para melhorar a qualidade e incrementar a eficiência da educação baseada na Web. Entre elas podem-se citar (DEVEDZIC, 2002):

- Compartilhamento e reutilização de materiais de aprendizagem entre aplicações;
- Estruturação dos materiais de aprendizagem através de pontos comuns de referência;
- Capacitação dos computadores para que possam compreender e interpretar os materiais de aprendizagem.

Atualmente, não existe nenhuma forma - automática - de compartilhar e reutilizar material de aprendizagem entre as aplicações. A maioria dos sistemas utiliza formatos, linguagens e vocabulários diferentes para representar e armazenar estes materiais. Assim sendo, os professores se vêm com um grande dilema a resolver:

- Como encontrar informações sobre materiais de aprendizagem para ilustrar as suas aulas, destinados a uma platéia cada vez mais exigente e acostumada aos padrões de qualidade da televisão e da Internet?
- Como reutilizar o material encontrado de forma fácil, sem ter de, a cada vez, produzir um novo material?

Inúmeros sistemas destinados à Educação a Distância têm sido descritos e pode-se constatar que trouxeram um grande desenvolvimento a esta área. Porém, a maioria deles se encontra muito aquém do que um professor necessita para facilitar os trabalhos de elaboração de aulas. Na maioria, são sistemas com finalidades administrativas, destinados às tarefas mais burocráticas do ensino, como administrar turmas de alunos, divulgar materiais didáticos, supervisionar salas de *chats*, promover videoconferências, aplicar testes através da rede etc. Na verdade, automatizam as tarefas mais comuns, e assim, mais bem definidas, relativas ao

problema educacional. O professor pode utilizá-las para aprimorar a sua metodologia educacional, porém elas não oferecem a este professor recursos facilitadores da tarefa maior: a divulgação de conhecimento.

As tarefas típicas dos professores, como preparar os roteiros de aulas e adquirir material didático adequado para fornecimento a seus alunos, continuam ainda delegadas a plano secundário. Ao professor cabe a tarefa de, em meio ao grande arsenal de conhecimento, continuar “redescobrir a roda” e preparando o seu material didático a partir do zero, a cada aula que necessita ministrar. A solução deste problema não é simples, porém, em torno dele têm sido desenvolvidas importantes pesquisas, visando busca, recuperação e adaptação de materiais didáticos. Uma das soluções possíveis é desenvolver aplicações educacionais nas quais os materiais de aprendizagem sejam baseados em ontologias.

Para estruturar os materiais de aprendizagem com pontos comuns de referência é necessário que os conceitos e relações estejam baseados em um vocabulário padrão. Com este vocabulário e usando as ontologias pode-se manter todas as partes que compõem os materiais de aprendizagem interligadas entre si. Para que os computadores possam compreender e interpretar os materiais de aprendizagem, as páginas que compõem as aplicações necessitam estar “anotadas” (do inglês “annotation”), ou seja, devem conter marcação semântica baseada em termos definidos por uma ou mais ontologias. Estas anotações possibilitam que pesquisas mais estruturadas possam ser realizadas nos materiais de aprendizagem.

Segundo Wiley (2001) “objeto de aprendizagem é qualquer recurso digital que possa ser reutilizado para suporte ao ensino. A principal idéia dos objetos de aprendizagem é quebrar os materiais de aprendizagem em pequenos pedaços, que possam ser reutilizados em diferentes ambientes de aprendizagem, no espírito da programação orientada a objetos.” Esta idéia possibilita que os materiais de aprendizagem tornem-se mais estruturados, organizados e que possam ser disponibilizados na Web em vários formatos diferentes, como hipertexto, vídeo, animações etc., só para citar os mais comuns, nos dias de hoje.

Portanto, os sistemas educacionais baseados na Web podem adotar uma nova abordagem em seu desenvolvimento, a utilização das tecnologias que formam a base da Web Semântica (XML, RDF e ontologias), com a utilização dos objetos de aprendizagem. A Web Semântica possibilitará novas dimensões para a educação baseada na Web, facilitando a pesquisa, o compartilhamento e o reuso dos materiais de aprendizagem.

Este artigo está organizado como se descreve a seguir. Esta introdução dedicou-se ao posicionamento do problema. No item 2, define-se ontologia, que constitui a base das plataformas educacionais focalizadas neste trabalho. No item 3 enfoca-se a Web Semântica e no item 4, a educação nela baseada. No item 5 discutem-se os materiais de aprendizagem. Nos capítulos 6 e 7 enfoca-se, respectivamente, a construção de uma ontologia e de uma plataforma ontológica específica para pesquisa de materiais de aprendizagem. No item 8 são colocadas algumas considerações finais sobre a pesquisa.

2. Ontologias

As próximas gerações de sistemas educacionais baseados na Web, deverão ser desenvolvidas com embasamento em ontologias e o desenvolvimento da Web Semântica também estará fortemente embasado em ontologias. Studer et al. (1998) e Chandrasekaram et al. (1999) fornecem definições e discussões sobre ontologias. Para este trabalho, podemos definir ontologias como “conjuntos de conceitos, termos e relações que podem descrever alguma área de conhecimento (domínio) e construir sua representação”. A importância de uma ontologia é esclarecer a estrutura de um conhecimento. Dado um domínio, sua ontologia forma o centro de qualquer sistema de representação do conhecimento daquele domínio. Sem ontologia, ou sem a conceituação do conhecimento, não pode haver um vocabulário que represente o conhecimento.

Então, o primeiro passo para projetar um sistema de representação de conhecimento eficiente e seu vocabulário, é realizar uma análise ontológica eficiente do domínio. Portanto, as ontologias permitem entender e explicar o domínio que está sendo analisado.

3. Web Semântica

O termo Web Semântica foi proposto por Tim Berners-Lee et al., que lhe deram a seguinte definição: “A Web Semântica não é uma Web separada, mas uma extensão da atual, na qual a informação é utilizada com significado bem definido, aumentando a capacidade dos computadores para trabalharem em cooperação com as pessoas” (BERNERS-LEE et al., 2001).

Por enquanto, é uma possibilidade ter dados na Web interconectados e com significados definidos, de modo que possam ser usados – automaticamente - pelos computadores, ou seja, se em determinada página da Web existir a palavra “banco” será possível distinguir se ela significa um “assento” ou um “estabelecimento comercial”. A Web atual é uma enorme fonte de informações passivas e desorganizadas e a Web Semântica destina-se a colocar ordem neste caos. Para que consultas e pesquisas possam ser executadas, muitas áreas de conhecimentos, distintas, são envolvidas no processo: a Inteligência Artificial que dá lógica e impõe as regras, os banco de dados, que integram as informações, e a plataforma computacional, que é a própria Internet. As páginas que compõem a Web devem estar estruturadas, para facilitar a explicação de seu significado. Para construir aplicações que envolvam a Web Semântica, Berners-Lee et al. (2001) propuseram uma arquitetura em camadas, que está representada na figura 1¹. Esta arquitetura, em suas camadas, define as tecnologias necessárias para que os conteúdos das páginas Web possam ser compreendidos pelos computadores.

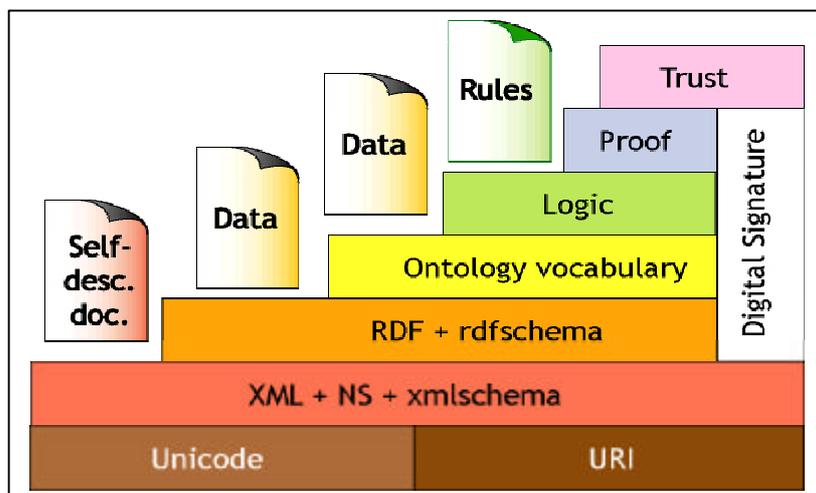


Fig. 1 – Arquitetura proposta para a Web Semântica

Na segunda camada, as tecnologias XML, *Namespaces* e XML Schema permitem que os documentos da Web sejam estruturados em uma hierarquia de árvore, baseada em marcas (*tags*), criadas pelo usuário. Na camada RDF (*Resource Description Framework* – Estrutura de Descrição de Recursos) os dados já têm significado e o RDF Schema propicia representação do conhecimento através de expressões lógicas. Trata-se de um padrão aberto, recomendado pelo W3C² (*World Wide Web Consortium*), para descrição de recursos Web. Na camada de ontologias, tem-se um vocabulário compartilhado, que pode ser usado para modelar um determinado domínio, isto é, o tipo de objetos e/ou conceitos que existem neste domínio, suas propriedades e relações. Isto permite que as máquinas “raciocinem” a respeito do significado

¹ <http://www.w3.org/2000/Talks/1206-xml2k-tbl/slide10-0.html>

² <http://www.w3.org/>

dos dados e possam inferir novos fatos. Para atender estas necessidades são necessárias linguagens que representem a semântica das informações na Web, possibilitando a troca de dados entre ambientes heterogêneos. Destaca-se aí a linguagem DAML+OIL (CONNOLLY et al., 2001), que foi empregada nesta pesquisa e detalha sua codificação. As demais camadas ainda estão em estudo pelo consórcio W3C e não são objeto de estudo, neste trabalho.

4. Educação baseada na Web e a Web Semântica

A arquitetura da Web Semântica provê um ambiente no qual o significado do conteúdo disponível na Web pode ser automaticamente interpretado e compreendido pelas máquinas, possibilitando novas formas de navegação e acesso ao conteúdo. Stojanovic et al. (2001) aponta que alguns aspectos da educação baseada na Web podem ser melhorados. Dentre eles pode-se citar: entrega, acesso, integração, distribuição e personalização. Estes aspectos facilitam a busca e a interação dos materiais de aprendizagem. Isto é possível porque a Web Semântica possibilita o uso de ontologias baseadas em metadados no desenvolvimento das aplicações baseadas na Web.

5. Materiais de aprendizagem e objetos de aprendizagem

Neste trabalho, é considerada a seguinte definição de materiais de aprendizagem: “Material de aprendizagem equivale a cada item do conteúdo programático de um módulo didático”. Por exemplo, na disciplina XML – Conceitos Básicos, apresentada na figura 2, tem-se que “HTML – Importância” e “HTML – Formato” são materiais de aprendizagem do módulo Linguagens de Marcação. Estes materiais de aprendizagem são compostos por um ou mais objetos de aprendizagem. Um objeto de aprendizagem pode ser uma figura, um gráfico, uma simulação etc., dependendo do assunto que se propõe ensinar. Atualmente, objetos de aprendizagem estão tornando-se um modelo padronizado de armazenamento e distribuição de informações em sistemas de ensino a distância através da Web, estando estruturados para uma integração direta com as tecnologias da Web Semântica.

<p>Módulo 2- Linguagens de Marcação</p> <ul style="list-style-type: none">2.1 – Definição2.2 – SGML2.3 – HTML – Definição2.4 – HTML – Importância2.5 – HTML – Formato2.6 – HTML – Vantagens e Limitações2.7 – Exercícios

Fig. 2 – Estrutura da disciplina XML – Conceitos Básicos

Não existe, entretanto, uma definição de consenso entre os autores que pesquisam sobre objetos de aprendizagem. Para fins deste trabalho será adotada a seguinte: “Objeto de aprendizagem é um tipo de componente dos materiais de aprendizagem, que pode ser independente da mídia utilizada, entendido como entidade digital e que pode ser acessado, simultaneamente, através da Web, por vários aprendizes”. Independentemente do tipo de aplicação educacional, segundo Longmire (2001), os objetos de aprendizagem apresentam as seguintes características: reuso, facilidade de pesquisa e atualização, modularidade e interoperabilidade.

Uma solução para atender estas características é a modelagem dos materiais de aprendizagem baseada em ontologias, utilizando a infraestrutura da Web Semântica, formada por componentes tais como metadados e linguagens de ontologia (DAML+OIL). Segundo Qin e Finneran (2001), esta abordagem permite que os materiais de aprendizagem possam ser representados em diferentes níveis de granularidade. Na figura 3, a Representação não refinada descreve de forma mais objetiva os documentos e os materiais de aprendizagem que formam os

documentos. Isto é feito pelo padrão Dublin Core Metadata (Dublin Core Metadata Initiative, 1999). A Representação mais refinada permite descrever uma coleção de documentos, os materiais de aprendizagem que formam os documentos e os objetos de aprendizagem que formam os materiais de aprendizagem. Isto é feito pelos padrões de metadados de *Learning Technology Standards Committee of the IEEE* (2002) e de *IMS Global Learning Consortium* (2001), que definem parâmetros técnicos e educacionais mais específicos dos materiais de aprendizagem. Utilizando ontologias, através da Web Semântica, na Representação mais refinada, pode-se representar e correlacionar os objetos que compõem os materiais de aprendizagem. Armazenando-se as relações entre os objetos é possível, aos usuários realizar pesquisas para recuperar e reutilizar estes objetos.

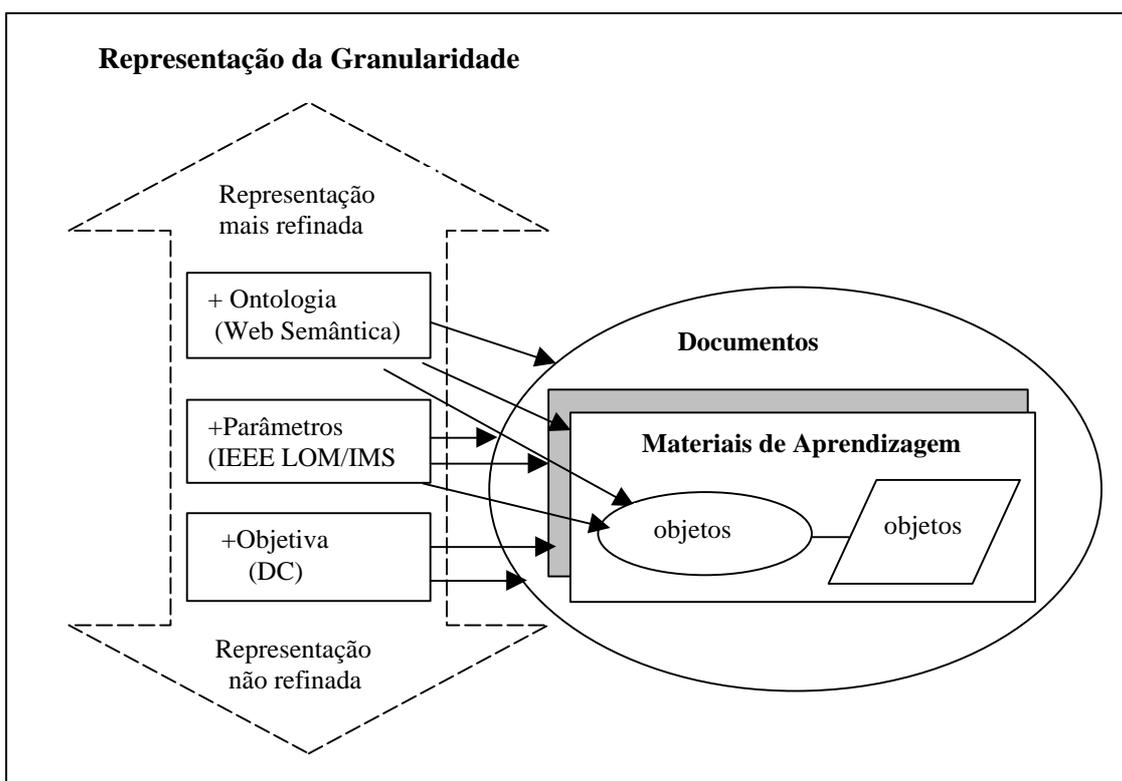


Fig. 3 – Representação da granularidade (QIN, 2001)

6. Construindo uma ontologia para pesquisa de materiais de aprendizagem

O principal objetivo desta ontologia é possibilitar uma representação semântica dos materiais e objetos de aprendizagem para que possam ser reutilizados, compartilhados e estruturados, de forma que os usuários do sistema (professores, alunos, administradores) possam realizar pesquisas “inteligentes” nestes materiais e objetos de aprendizagem. Esta ontologia deve prover um vocabulário que explicita os materiais de aprendizagem e permita anotá-los, bem como um conjunto de relacionamentos entre os termos do vocabulário, para propiciar inferências na base de conhecimento formada. Portanto, esta ontologia deve ser capaz de “responder” a questões de competência do tipo:

1. Quais os pré-requisitos de um determinado material de aprendizagem?
2. Existem materiais de aprendizagem similares entre si na plataforma?
3. Quais os tipos de objetos de aprendizagem que compõem os materiais de aprendizagem da plataforma?
4. Qual o formato dos objetos de aprendizagem que compõem os materiais de aprendizagem?

5. Quais as características dos objetos de aprendizagem que compõem os materiais de aprendizagem?

Para responder as questão de competência 1 e 2 é necessário estabelecer as seguintes relações referentes ao conceito de material de aprendizagem (autorrelacionamentos):

- as relações `mat_ePreRequisitoDe` e `mat_temPreRequisitoDe` são relações inversas, ou seja, se um material de aprendizado B tem como pré-requisito A, então A é pré-requisito de B. O mesmo raciocínio é aplicado para as relações `mat_temSimilaridadeCom` e `mat_eSimilarA`. Um material de aprendizagem é similar a outro, quando um mesmo assunto, por exemplo equações do segundo grau, pode ser tratado através de um texto, um gráfico ou uma animação.

A questão de competência 3 refere-se aos objetos de aprendizagem que compõem os materiais de aprendizagem. Segundo a especificação de *Learning Technology Standards Committee of the IEEE* (2002, p. 25) e a especificação de *IMS Global Learning Consortium* (2001, p. 29), os tipos de objetos de aprendizagem são: Exercícios, Simulação, Questionário, Diagrama, Figura, Gráfico, Índice, Tabela, Texto Narrativo, Exame, Experiência, Enunciado de um Problema e Auto Avaliação. Estes conceitos são representados pelas seguintes relações:

- O relacionamento `mat_temObjetos` denota que os materiais de aprendizagem são compostos por um ou mais objetos de aprendizagem. Esta relação tem cardinalidade (1,n) e determina o seguinte axioma: “Todo material de aprendizagem tem um ou mais objetos de aprendizagem”.
- O relacionamento `obj_eParteDeMaterial_Aprendizagem` é um relacionamento inverso do relacionamento `mat_temObjetos` e indica que os objetos de aprendizagem podem pertencer aos materiais de aprendizagem. O relacionamento `é-um` indica que Exercício, Diagrama, Simulação e os demais objetos de aprendizagem são especializações de Objetos de Aprendizagem.

A questão de competência 4 refere-se aos formatos dos objetos de aprendizagem. Alguns formatos possíveis são Vídeo (avi, mpeg, mov etc.), Imagem (pic, pcx, jpeg etc.), Texto (html, Word etc.), Animação (Flash, avi etc.) e Áudio (wav etc.). Nesta ontologia, formato está representado como atributo do conceito Objeto de Aprendizagem. A questão de competência 5 refere-se a algumas características dos objetos de aprendizagem e que são as seguintes: formato (questão 4), tamanho, localização, palavras-chave, dificuldade, interatividade, contexto, responsável, descrição, título, linguagem, restrição e data. Estas características são alguns metadados extraídos da especificação de *Learning Technology Standards Committee of the IEEE* (2002) e da especificação de *IMS Global Learning Consortium* (2001). Também foram representados na forma de atributos dos objetos de aprendizagem porque estas características podem ser consideradas como propriedades destes objetos de aprendizagem, o que facilita sua codificação na linguagem DAML+OIL. A figura 4 mostra o modelo completo da ontologia – em UML - dos materiais de aprendizagem, aqui proposta. Baclawski (2001) discute a integração entre UML, DAML+OIL e Web Semântica.

7. Usando ontologias para pesquisa de Materiais de Aprendizagem

Para realizar pesquisas dos materiais de aprendizagem, codifica-se parcialmente o diagrama UML da figura 4 na linguagem DAML+OIL (figura 5). A figura 6 representa uma instância dos materiais de aprendizagem representados na figura 2. Para realizar pesquisas podemos utilizar um sistema de pesquisa que verifica a ontologia que contém os relacionamentos e as instâncias codificadas em DAML+OIL. Este sistema, denominado `AQ_Search`, encontra-se disponibilizado na página oficial da DAML (Darpa Agent Markup Language – <http://www.daml.org>). Desenvolvido com as ferramentas do pacote Java, é composto por uma interface gráfica, que permite aos usuários realizar as pesquisas e retornar os resultados.

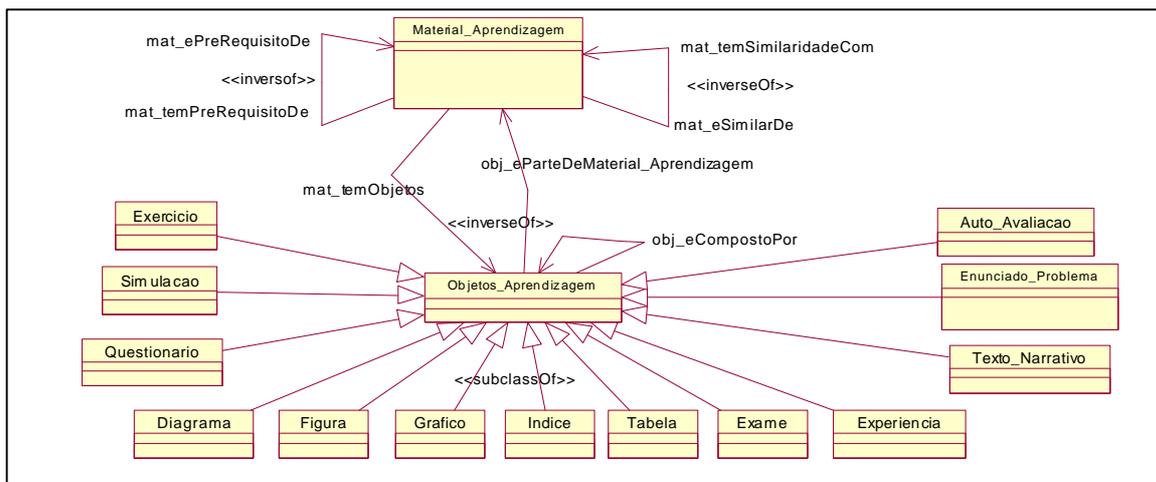


Fig. 4 – Ontologia dos Materiais e Objetos de Aprendizagem

As figuras 7 e 8 representam a seguinte pesquisa: “Qual material de aprendizagem é pré-requisito do material de aprendizagem SGML?”. Nesta pesquisa identificam-se os seguintes termos:

- Sujeito (Subject): representa o conceito ou a classe da qual solicitamos a informação – materiais de aprendizagem (Material_Aprendizagem), no exemplo.
- Predicado: que são as propriedades do sujeito – é pré-requisito de - no exemplo.
- Objeto: que são os valores do predicado – SGML – no exemplo.

Estes valores estão representados na figura 7. Clicando-se no botão Add Clause, se tem o formato da pesquisa que será gerada, no caso a seguinte frase:

1: [Material_Aprendizagem] ?x mat_ePreRequisitoDe SGML

Clicando-se no botão Execute, temos o resultado exibido na figura 8. Nesta figura a máquina de busca apresenta no lado esquerdo, o resultado (Result Instances).

8. Conclusões

Os trabalhos atuais da comunidade da Web Semântica estão direcionados, principalmente, para a representação da informação na World Wide Web, de modo que estas informações possam ser usadas pelas máquinas, não só com propósitos de exibir informações, mas também para automação, integração, compartilhamento, pesquisas mais inteligentes e reutilização entre as aplicações. O modelo proposto é uma tentativa (inicial) para possibilitar estas pesquisas, não somente dos materiais de aprendizagem, mas para recuperar informações dos seus componentes. A construção da ontologia baseada na linguagem DAML+OIL, aliada com um agente de pesquisa possibilita a estudantes e professores acessar os materiais de aprendizagem e seus componentes de forma mais rápida e inteligente. A ferramenta aqui utilizada (AQ-Search), ainda é experimental e sua interface não é adequada ao público-alvo (professores e alunos). Esta ferramenta foi desenvolvida por pesquisadores da área de Inteligência Artificial e utiliza uma notação familiar a esta área do conhecimento, mas ainda distante do público das áreas educacionais. Desta forma, são necessárias ferramentas com interfaces mais amigáveis, sendo as pesquisas nesta direção bem vindas.

Nas próximas etapas desta pesquisa a linguagem DAML+OIL será substituída pela linguagem OWL (ANTONIOU, 2003), que possui mais recursos que a linguagem DAML+OIL. Por fim, pretende-se construir um portal semântico baseado em objetos de aprendizagem que possibilite

pesquisas semânticas destes objetos. Maiores detalhes deste trabalho encontram-se em Araújo (2003).

```

<daml:Class rdf:ID="Material_Aprendizagem">
</daml:Class>

<daml:DatatypeProperty rdf:ID="nome">
<daml:domain rdf:resource="#Material_Aprendizagem"/>
<daml:range rdf:resource="http://www.w3.org/2000/10/XMLSchema#string"/>
</daml:DatatypeProperty>

<daml:ObjectProperty rdf:ID="mat_temObjetos">
<rdfs:comment>Quais Objetos do material de aprendizagem</rdfs:comment>
<daml:domain rdf:resource="#Material_Aprendizagem"/>
<daml:range rdf:resource="#Objetos"/>
<daml:minCardinality>1</daml:minCardinality>
<daml:maxCardinality>n</daml:maxCardinality>
</daml:ObjectProperty>

<daml:ObjectProperty rdf:ID="mat_temPreRequisitoDe">
<daml:range rdf:resource="#Material_Aprendizagem"/>
<daml:domain rdf:resource="#Material_Aprendizagem"/>
</daml:ObjectProperty>

```

Fig. 5 – Codificação em DAML+OIL do conceito Material_Aprendizagem

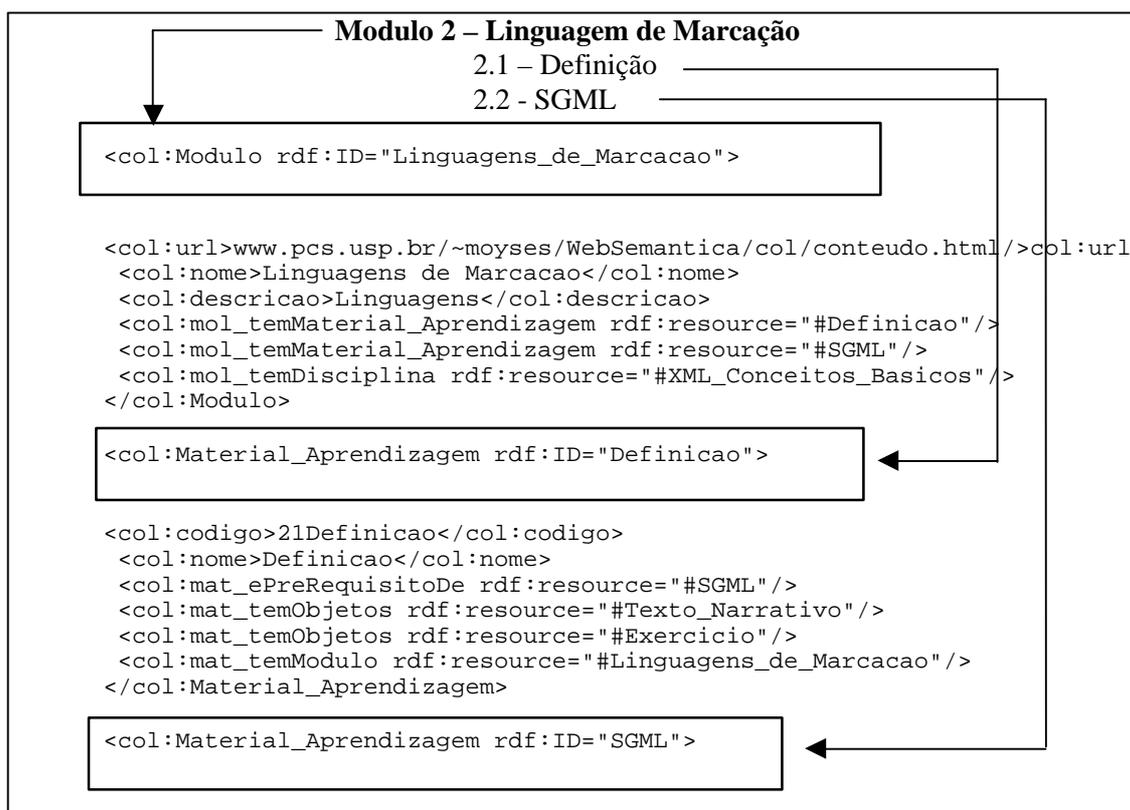


Fig. 6 – Anotação do conceito Material de Aprendizagem

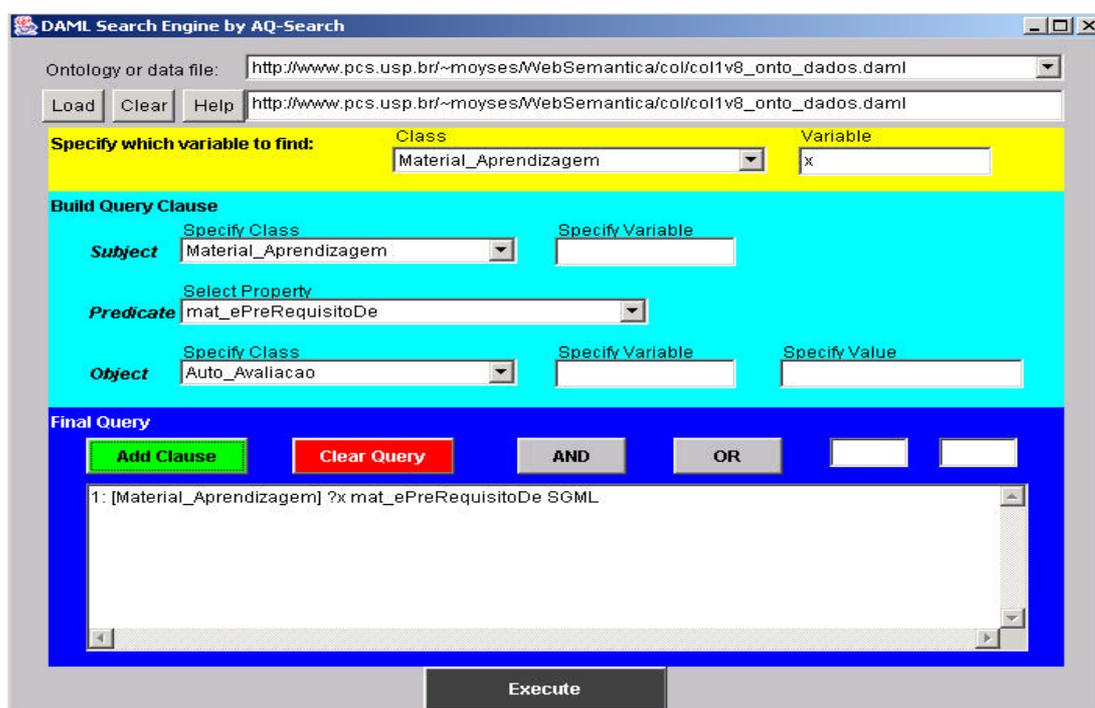


Fig.7 - Interface gráfica do sistema AQ-Search

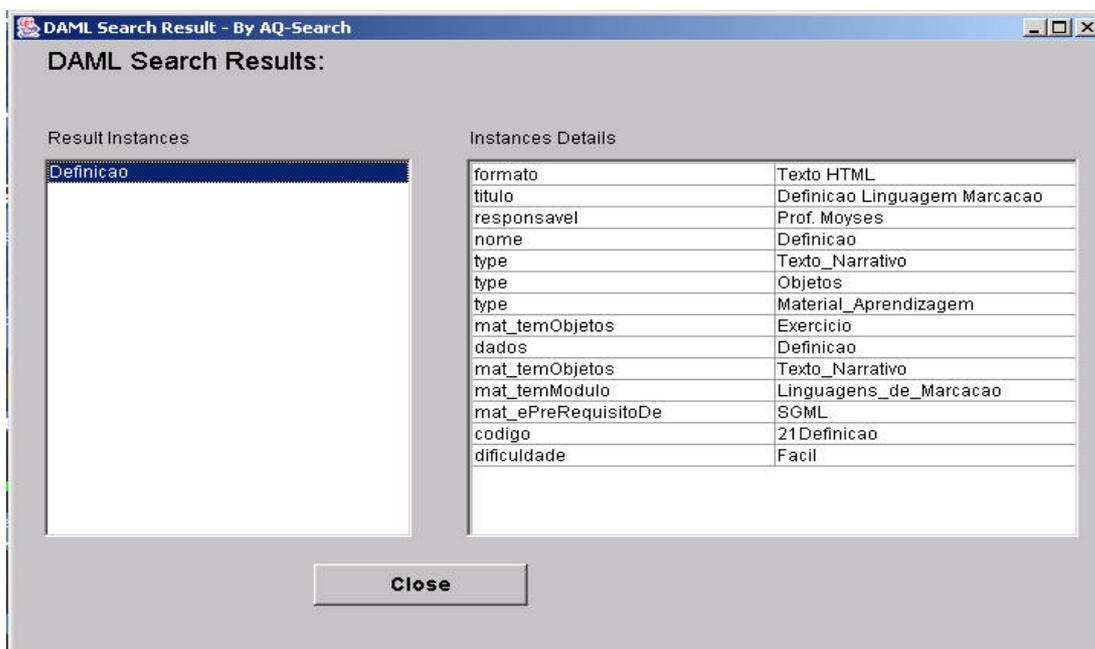


Fig. 8 – Interface gráfica com os resultados da pesquisa

9. Referências

ANTONIOU, G.; HARMELEN, F. Web Ontology Language: OWL. **Handbook on Ontologies in Information Systems**, Springer-Verlag, 2003.

ARAUJO, M. Educação a Distância e a Web Semântica: Modelagem Ontológica de Materiais e Objetos de Aprendizagem para a plataforma CoL. **Tese de Doutorado**. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

BACLAWSKI, K. et al. Extending UML to Support Ontology Engineering for the Semantic Web. **UML2001**, October 2001.

BERNERS-LEE, T.; HENDLER, J.; LASSILA, O. The Semantic Web. **Scientific American**. v. 284, n. 5, p. 28-37, 2001.

CHANDRASEKARAN, B.; JOSEPHSON, R.; BENJAMINS, V. R. What Are Ontologies, and Why Do We Need Them? **IEEE Intelligent Systems**. v. 14, n. 1, p. 20-25, Jan. 1999.

CONNOLLY, D. et al., **DAML+OIL(March 2001) Reference Description**, World Wide Web Consortium, Note 18, Dez. 2001a. Disponível em <<http://www.w3.org/TR/daml+oil-reference>>. Acesso em 01 Set. 2003.

DEVEDZIC, V. What does current web-based education lack. **Proceedings of the IASTED International Conference APPLIED INFORMATICS**. Innsbruck, Austria, Feb 2002.

DUBLIN CORE METADATA INITIATIVE. **Dublin Core Metadata Element Set**, version 1.1. 1999. Disponível em <<http://dublincore.org/documents>>. Acesso em 18 Out. 2002.

IMS GLOBAL LEARNING CONSORTIUM, **IMS Learning Resource Meta-Data XML Binding**, Version 1.2.1 Final Specification, 28 Set. 2001. Disponível em <<http://www.imsglobal.org>>. Acesso em 20 Fev 2003.

LEARNING TECHNOLOGY STANDARDS COMMITTEE of the IEEE, New York, 15/07/2002. **Draft Standard for Learning Object Metadata**. Disponível em: <http://ltsc.ieee.org/wg12/index.html>. Acesso em 9 Abr. 2003.

LONGMIRE, W. **A primer on learning objects**. 2001. Disponível em <<http://www.learningcircuits.org/mar2000/primer.html>>. Acesso em 19 Set. 2002.

QIN, J.; FINNERAN, C. Ontological Representation for Learning Objects. **Proceedings of the Workshop on Document Search Interface Design and Intelligent Access in Large-Scale Collections**, Portland, OR. Jul. 2001.

STOJANOVIC, L.; STAAB, S.; STUDER, R. eLearning based on the Semantic Web. In: World Conference on the WWW and Internet, Orlando, Oct. 2001. **WebNet 2001**. Disponível em: <http://www.aifb.uni-karlsruhe.de/WBS/Publ/2001/WebNet_1stsstrst_2001.pdf>. Acesso em: 10 Maio. 2004.

STUDER, R.; BENJAMINS, V.; FENSEL, D. Knowledge Engineering: Principles and Methods. **IEEE Transactions on Data and Knowledge Engineering**. v. 25, n. 1-2, p. 161-197, 1998.

WILEY, D. A. Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor, and a taxonomy. In D. A. Wiley (Ed.) **The instructional use of learning objects**. 2001. Disponível em <<http://reusability.org/read/chapters/wiley.doc>>. Acesso em 25 Maio 2003.