

MILOS: Infraestrutura de Agentes para Suporte a Objetos de Aprendizagem OBAA

João Carlos Gluz¹, Rosa Maria Vicari²

¹Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada (PIPCA) – Unisinos – São Leopoldo – RS – Brazil

²Centro Interdisciplinar de Tecnologias na Educação (CINTED) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) – Porto Alegre – RS – Brazil

`jcgluz@unisinos.br, rosa@inf.ufrgs.br`

Abstract. *This work presents the MILOS infrastructure. This infrastructure will implement the functionalities needed to create, manage, search, use and publish learning objects compatible with OBAA metadata proposal. MILOS project starts from several innovative assumptions, integrating agent and ontology technologies to support the adaptability, interoperability and accessibility requirements specified by OBAA. The paper shows the technological foundations of MILOS, defines the assumptions of its project, and specifies main elements of the agent architecture that will support MILOS.*

Resumo. *Este trabalho apresenta a infraestrutura MILOS. Esta infraestrutura implementará as funcionalidades necessárias para a autoria, gerência, busca, uso e disponibilização de objetos de aprendizagem compatíveis com o a proposta de padrão de metadados OBAA. O projeto da MILOS parte de uma série de premissas inovadoras, combinando de forma integrada as tecnologias de agentes e ontologias para suportar os requisitos de adaptabilidade, interoperabilidade e acessibilidade previstos no OBAA. No trabalho são apresentadas as bases tecnológicas da MILOS, definidas as premissas do seu projeto, e especificados os principais elementos da arquitetura de agentes que servirá de base para a infraestrutura.*

1. Introdução

A proposta de padrão de metadados OBAA [25] foi definida de forma aberta e flexível, sendo compatível com o panorama de padrões educacionais e multimídia atuais. Espera-se que este padrão permita a interoperabilidade de Objetos de Aprendizagem (OA) nas plataformas Web, TV Digital e dispositivos móveis provendo a funcionalidade para uma ampla gama de aplicações educacionais multimídia e multiplataforma.

Os metadados OBAA foram definidos como uma extensão dos metadados IEEE-LOM [17], que incorpora, além dos 9 grupos de metadados definidos pelo IEEE-LOM, os seguintes novos grupos de metadados: (a) *metadados técnicos multiplataforma*: extensão do grupo de metadados técnicos do IEEE-LOM, que inclui o suporte multiplataforma aos OAs; (b) *metadados pedagógicos*: extensão do grupo de metadados educacionais do IEEE-LOM, com suporte para questões educacionais brasileiras; (c) *metadados de acessibilidade*: novo grupo de metadados de acessibilidade adaptados do padrão IMS AccessForAll; (d) *metadados de segmentação multimídia*: novo grupo de metadados com informações de segmentação de conteúdos multimídia, adaptados do padrão MPEG-7.

Para tornar realidade as diversas funcionalidades previstas pela proposta OBAA, é necessário um suporte computacional bastante poderoso. O projeto OBAA-MILOS tem como

objetivo implementar um protótipo de infra-estrutura de agentes que oferecerá este suporte para as funcionalidades previstas no OBAA. A infra-estrutura proposta, denominada MILOS - *Multiagent Infrastructure for Learning Object Support* – é baseada em uma arquitetura de agentes que implementa as funcionalidades necessárias aos processos de autoria, gerência, busca e disponibilização de OAs compatíveis com o OBAA. O objetivo de longo prazo do projeto OBAA-MILOS é especificar e implementar um protótipo de sistema multiagente capaz de suportar os requisitos de adaptabilidade, interoperabilidade e acessibilidade previstos pela proposta OBAA.

2. Base Tecnológica e Trabalhos Relacionados

A base tecnológica da infraestrutura MILOS é formada pela combinação das tecnologias de agentes e engenharia de conhecimentos. Ambas tecnologias tem raízes em pesquisas na área de Inteligência Artificial (IA), originadas nos anos setenta e oitenta, mas que tiveram um amplo desenvolvimento nos anos noventa. As versões mais recentes destas tecnologias, já consolidadas como técnicas de engenharia serão empregadas no projeto da MILOS.

A engenharia de ontologias [13], que é uma forma de engenharia de conhecimentos com ampla aplicação na Web Semântica através da linguagem OWL, permite especificar de forma rigorosa e padronizada as propriedades de um domínio de aplicação. Desenvolvimentos recentes na área de Lógicas Descritivas (DL – *Description Logic*, em inglês) [2], que, coincidentemente, forma a base formal de OWL, possibilitaram uma representação computacionalmente eficiente de conhecimentos.

Apesar das grandes possibilidades da engenharia de ontologias, este tipo de engenharia não permite a especificação completa de sistemas computacionais, uma vez que as ontologias não oferecem ou implementam os elementos ativos do sistema. A solução adotada no projeto da MILOS para resolver esta questão é baseada na utilização de agentes de *software* [27] para especificar e desenvolver os elementos ativos da infraestrutura. Atualmente a engenharia de software orientada a agentes [16] forma um corpo de conhecimentos que permite projetar e desenvolver sistemas baseados em agentes de *software* capazes de implementar diversos tipos aplicações.

A aplicação combinada de agentes e ontologias pode oferecer as tecnologias chave para suportar plataformas educacionais e conteúdos digitais inteligentes. As ontologias especificam as propriedades de domínios de ensino e aplicações educacionais, mas não oferecem ou implementam os componentes ativos de um sistema. Por outro lado os agentes de software são os componentes ativos do sistema, necessitando das ontologias para poder se comunicar entre si e executar suas tarefas. O uso combinado de ambas tecnologias é um diferencial importante do projeto da MILOS. Não existem na literatura exemplos que integrem ambos tipos de tecnologia em aplicações educacionais. Apesar disso, existem documentados na literatura vários casos de aplicação independente de tecnologias de agentes e também de ontologias em aplicações e sistemas educacionais.

A tecnologia de agentes inteligentes tem sido utilizada no projeto de sistemas educacionais como os tutores inteligentes (ITS – *Intelligent Tutoring Systems*) há um bom tempo [14, 9] Agentes inteligentes capazes de assumir papéis educacionais ou pedagógicos para facilitar ou auxiliar processos de ensino são denominados de Agentes Pedagógicos [14]. Sistemas baseados em agentes pedagógicos podem ser modelados em sistemas multiagente formados por agentes cooperativos trabalhando em conjunto e fazendo parte (ou formando) a arquitetura do sistema educacional. Segundo, o trabalho [9] arquiteturas baseadas nessa abordagem são variações da arquitetura tradicional dos ITS, usualmente dividida em módulos capazes de representar o domínio de ensino, o modelo do aluno e as estratégias de ensino do tutor, agora distribuídos entre os agentes do sistema. Cada agente é projetado para ser independente dos outros, possuindo um comportamento autônomo para atingir seus objetivos. Isso permite uma modularização de baixo

acoplamento do sistema. Essa modularidade permite gerenciar problemas maiores e mais complexos: cada agente se especializa no planejamento e resolução de problemas particulares de seu domínio de conhecimentos, enquanto que a interação entre os agentes do sistema, especificada por meio protocolos de negociação e coordenação, permite a resolução distribuída dos problemas gerais. A interação baseada em protocolos padronizados como a FIPA [7] induz a interoperabilidade do sistema, abrindo uma excelente possibilidade de reuso dos seus componentes. Como resultado dessas vantagens existe uma ampla literatura sobre aplicação de agentes e sistemas multiagente no projeto de ITS. Exemplos recentes desta literatura são os trabalhos [8, 4, 10, 22].

A tecnologia de agentes também tem sido aplicada no projeto de outros tipos de sistemas educacionais, com alguma ênfase no uso de agentes em Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA) e no suporte ao uso de OAs. Como exemplos recentes de aplicações na área de AVA destacam-se os trabalhos [1] e [6] que apresentam propostas arquiteturas multiagente para AVA. No contexto da aplicação da tecnologia de agentes para OA, se destaca a proposta dos objetos de aprendizagem inteligentes (ILO – *Intelligent Learning Objects*) [11, 3].

A aplicação de tecnologias relacionadas a Web Semântica no projeto de ambientes e sistemas educacionais é um fenômeno atual [18]. Apesar disso, a tecnologia de engenharia de ontologias, tem se mostrado útil na concepção de vários tipos de ambientes educacionais, incluindo, entre outros, autoria de conteúdos [19], ambientes *web* [23, 5] e modelos educacionais formais [15]. Nesse contexto, ontologias são tipicamente empregadas para definir as propriedades dos elementos e entidades relativas ao sistema educacional. Há uma tendência a seguir a estruturação dos ITS e dividir as ontologias educacionais em três tipos [23]: a) ontologias para o domínio de ensino, b) ontologias sobre métodos pedagógicas, e c) ontologias a respeito do modelo de aluno. Alternativamente, existem propostas bastante detalhadas de ontologias que integram aspectos dos três tipos citados acima, sendo capazes, por exemplo de modelar as várias propriedades de um processo de aprendizagem em diversos níveis de granularidade [20] ou descrever processos de aprendizagem colaborativa [15].

3. Premissas do Projeto

A expectativa básica a respeito dos serviços fornecidos pela MILOS é que seus usuários possam apenas dizer *o que* deve ser feito com o OA, sem a necessidade de entrar em detalhes de *como* isto deve ser feito. Para tanto, o projeto da infraestrutura MILOS assume uma premissa epistêmica inovadora que, secundada por um conjunto de avanços tecnológicos recentes, oferece um caminho para projetar e construir a infraestrutura. A premissa epistêmica fundamental da infraestrutura MILOS é considerar que:

(1) *Um objeto de aprendizagem é essencialmente um **objeto de conhecimento** apto a ser distribuído em sistemas de tecnologia educacionais.*

Existem várias definições possíveis para as propriedades de um objeto de aprendizagem, que podem variar de acordo com a abordagem ou aplicação pretendida para o objeto. O trabalho [12] oferece uma visão interessante de como estas definições poderiam ser organizadas. Neste contexto, a visão de OA como Objeto de Conhecimento (OC) oferecida acima, está em uma posição intermediária, cobrindo uma área mais ampla do que os objetos inteligentes (ILO), mas ainda ficando inserida no contexto dos OAs funcionais.

A visão de um OA como OC é consistente com os objetivos dos OA nos contextos de ensino. De um ponto de vista pragmático espera-se que um dado OA seja criado por alguém com conhecimento efetivo a respeito de um dado tópico ou assunto e que através do seu uso (interação), outras pessoas possam passar por um processo de apreensão de conhecimentos relativos ao assunto em questão. Em resumo, o OA incorporaria um conhecimento em particular

que se espera poder ser compartilhado por um grupo de pessoas. Uma abordagem sob a perspectiva sócio-histórica também é consistente com a visão de OA como objeto de conhecimento. Nesse caso o OA é essencialmente um instrumento (um artefato linguístico) usado pelas ações de mediação que compõe o processo de mediação de conhecimento entre sujeitos em interação [26]. Aqui o OA é visto como um objeto que faz parte de uma cena de atenção conjunta entre ambos os sujeitos [24], sendo o objeto social da atenção de ambos que irá permitir a apropriação de novos conceitos (novos conhecimentos).

Outras perspectivas, como por exemplo a visão do interacionismo simbólico aplicado a processos educacionais [21], também podem ser trazidas para justificar a visão de OA como OC, porém o problema mais importante com essa visão é muito mais de ordem tecnológica do que filosófica. Uma tecnologia capaz de tratar um OA efetivamente como um objeto de conhecimento poderia ser útil, ajudando os alunos ou professores usuários deste objeto a melhor aproveitá-lo ou reusá-lo, auxiliando *designers* de conteúdo educacional a projetar OA mais apropriados para as necessidades didáticas e pedagógicas dos seus usuários e facilitando o processo geral de catalogação, gerência e disseminação dos OA.

O problema é que este tipo de tecnologia ainda não está disponível, principalmente quando se leva em conta a diversidade de formatos possíveis para conteúdos educacionais, que podem incluir, desde simples textos (ou hiper-textos) expositivos, até conteúdos multimídia interativos, compostos de vídeos, áudios, imagens, programas de simulação, jogos lúdicos, etc.

Porém é importante lembrar que em todas as iniciativas atuais de padronização de OA, incluindo a proposta OBAA, estes objetos são tratados em dois níveis de abstração: 1) o nível dos conteúdos educacionais propriamente ditos, e 2) nível de metadados, que contém um conjunto de informações simbólicas a respeito destes conteúdos. Essa divisão permite executar um passo inicial no caminho que leva ao tratamento de um OA como um objeto de conhecimento. A premissa técnica deste passo, que é assumida tanto pela proposta OBAA quanto pelo projeto da infraestrutura MILOS é a seguinte:

(II) Sem perda de generalidade ou de aplicabilidade, é possível considerar que os metadados de um OA são estruturas simbólicas que podem ser objeto de tratamento pelas técnicas atuais de representação de conhecimento.

Essa pressuposição facilita o processo de tratamento dos OA como objetos de conhecimento e permite o desenvolvimento de aplicações inteligentes de autoria, catalogação, gerenciamento e adaptação multiplataforma de OA. O objetivo final do projeto da infraestrutura MILOS é desenvolver protótipos viáveis destas aplicações. Para tanto, o projeto da infraestrutura MILOS parte da ontologia dos metadados OBAA e faz uso extensivo das tecnologias de engenharia de ontologias e de engenharia de agentes para desenvolver aplicações inteligentes de manipulação dos OA. Agentes inteligentes de software, com suporte de mecanismos de inferência capazes de manipular os tipos de representações de conhecimento usados em OWL, serão os principais componentes ativos da infraestrutura MILOS. Ontologias adicionais, derivadas da ontologia de metadados OBAA serão definidas para domínios de ensino e aplicações educacionais.

4. A Arquitetura MILOS

Em termos arquiteturais a infraestrutura MILOS foi dividida em três grandes níveis de abstração (Figura 1): (a) *Nível das Ontologias*: responsável pela especificação dos conhecimentos que serão compartilhados entre os agentes da infraestrutura; (b) *Nível de Agentes*: responsável pela implementação do suporte aos requisitos de adaptabilidade, interoperabilidade e acessibilidade previstos na proposta OBAA; (c) *Nível das Facilidades de Interface*: responsável pela comunicação dos agentes da MILOS com servidores Web, ambientes virtuais, repositórios de OA, bancos de dados, serviços de diretórios e demais tipos de aplicações educacionais. As principais

entidades de cada nível, respectivamente ontologias, agentes e facilidades, desempenham papéis organizacionais específicos para que a arquitetura da MILOS possa operar.

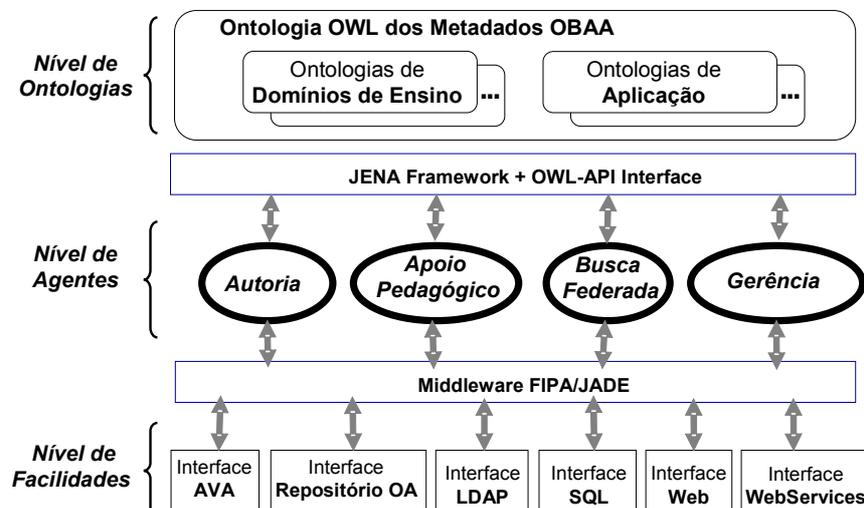


Figura 1 – Organização Geral da Infraestrutura MILOS

3.1. Papel das Ontologias

No nível de ontologias deverão estar especificadas, além da ontologia dos metadados OBAA, todas as demais ontologias sobre domínios de ensino e aplicações educacionais ou multimídia. Estas ontologias deverão ser obrigatoriamente definidas em OWL.

Uma ontologia descreve as propriedades e conceitos de um determinado domínio de conhecimentos. Para que as descrições, classificações e eventuais prescrições de uma ontologia a respeito de um domínio de conhecimentos tenham significado, deve ser possível representar e dar significado aos termos e atributos (predicados e relações) relevantes deste domínio. Em outras palavras deve ser definido a *terminologia* ou *glossário de termos* da linguagem. Existem vários domínios de conhecimento relevantes para os agentes da MILOS. Porém o domínio mais importante é formado pelos conhecimentos relativos aos objetos de aprendizagem, uma vez que o foco principal de trabalho dos agentes da MILOS são os próprios OAs. Este conhecimento não diz respeito apenas a conhecimentos técnicos externos sobre os objetos (p.ex.: conhecimento sobre como um objeto é armazenado, publicado, etc.), mas, principalmente, aos conhecimentos contidos no próprio objeto.

A premissa fundamental da MILOS é que seus agentes sejam capazes de tratar os OAs como objetos de conhecimento, tendo a capacidade de extrair, representar e manipular estes conhecimentos no nível de metadados. Dessa forma, embora a capacidade de manipulação dos conteúdos de um OA, ao menos no que se refere a tarefas simples como leitura, escrita, armazenamento e encapsulamento de conteúdos seja uma funcionalidade necessária aos agentes da MILOS, o tratamento simbólico no nível de representação de conhecimentos, ficará inicialmente restrito apenas aos metadados OBAA associados ao OA. Assumindo OWL como a linguagem de representação *default* para este domínio, falta agora estabelecer a terminologia que poderá ser usada para representar estes conhecimentos. Aqui a solução adotada pelo projeto da MILOS é definida pela seguinte diretriz:

(III) *Os metadados de OAs definem a terminologia principal adotada pelos agentes da MILOS. Os metadados correspondem aos atributos, propriedades e relações da terminologia, enquanto que os valores dos metadados correspondem aos termos da terminologia.*

As construções simbólicas elementares, disponíveis para tratamento de um OA em nível de conhecimento, são formadas pelos termos linguísticos definidos pela ontologia de metadados OBAA. É esta ontologia que providencia o vocabulário básico de termos linguísticos que podem ser aplicados aos OA, ou que os agentes (ou sistemas de agentes) podem usar para se referir aos OA. Na prática, a ontologia de metadados OBAA define, além da sintaxe RDF, o tipo de dado atribuído aos metadados.

Na arquitetura MILOS são previstas ontologias específicas para domínios de ensino, além de ontologias para os diversos tipos de aplicações que podem utilizar ou depender da MILOS.

As ontologias referentes aos domínios de ensino definem classificações, propriedades e relações específicas de um domínio de ensino. Podem existir diversas ontologias de domínio de ensino em uma dada infraestrutura. Porém, um requisito obrigatório das ontologias de ensino, é que suas definições eventualmente façam referência aos metadados dos OA. É esta amarração entre as estruturas definidas pela ontologia de ensino com a terminologia de metadados OBAA que permite que agentes possam interpretar os conhecimentos da ontologia de ensino, e, com base nestes conhecimentos, operar sobre os OAs.

As ontologias de aplicação descrevem os conhecimentos específicos relativos as diversas aplicações de *software* possíveis no contexto da MILOS. O objetivo geral de uma ontologia deste tipo é representar os conhecimentos relativos a uma aplicação que realmente precisam ser compartilhados pelos agentes que implementam a aplicação. Em outras palavras, uma ontologia de aplicação não precisa nem deve especificar todos os conhecimentos que podem ser relacionados a aplicação, mas apenas aqueles que devem ser compartilhados entre os agentes do sistema multiagente que implementa a aplicação. No projeto da MILOS são previstos os seguintes tipos de ontologias de aplicação:

- Educacionais: - ontologias de métodos e estratégias didático/pedagógicas;
- ontologias de modelos/perfis de Alunos.
- Acessibilidade: - ontologias de métodos de acessibilidade para deficientes auditivos;
- ontologias de métodos de acessibilidade para deficientes visuais.
- Multiplataforma: - ontologias para autoria e interoperação Web/SBTVD;
- ontologias para autoria e interoperação Web/Móvel.
- Gerenciais: - ontologias para compatibilização com padrões legados;
- ontologias para publicação em múltiplas plataformas

A organização interna de cada uma das ontologias previstas acima é relativamente livre, desde que sejam satisfeitas as mesmas condições das ontologias de domínio de ensino de que cada ontologia especifique um mapeamento para os metadados OBAA.

3.2. Papel dos Agentes

O papel dos agentes na infraestrutura MILOS é implementar as funcionalidades e serviços que a infraestrutura deve disponibilizar aos seus diversos usuários. É importante diferenciar a atuação dos agentes do papel das ontologias: embora as ontologias possam especificar as propriedades de um domínio de aplicação, definindo inclusive as ações, percepções, algoritmos e heurísticas que são possíveis neste domínio, elas são especificações estáticas deste conhecimento. Assim são os agentes de software que transformam este conhecimento estático em comportamento dinâmico capaz de trazer benefícios aos seus usuários.

Os agentes da MILOS são processos de *software* situados em um determinado ambiente e capazes de executar ações autônomas neste ambiente de forma a poder alcançar seus objetivos de projeto [27]. As funcionalidades implementadas por um agente MILOS podem ser disponibilizadas de diversas formas. Isto implica a necessidade de definir interfaces entre estes agentes e os seus usuários. Também é necessário definir quais são os tipos de usuários que podem interagir com a MILOS. Nem todos os usuários da infraestrutura são seres humanos. Outros

agentes e sistemas de software podem fazer uso das funcionalidades da infraestrutura. Cada um destes tipos de usuários podem acessar estas funcionalidades através de diferentes interfaces.

Os usuários humanos da infraestrutura poderão acessar seus serviços diretamente através de uma interface *Web*, eventualmente compatibilizada para operar com dispositivos móveis e TV digital. Algumas funcionalidades da MILOS poderão ser acessadas indiretamente, por meio de AVAs como o *Teleduc* ou o *Moodle*, devidamente integrados a infraestrutura. Os agentes da MILOS terão a necessidade de acessar recursos externos como Repositórios de OAs, Bancos de Dados (BD), Serviços de Diretórios e outros tipos de recursos não disponibilizados por agentes. Neste caso devem ser definidas facilidades de interface específicas para cada tipo de recurso externo acessível aos agentes.

O mecanismo padrão de comunicação tanto entre os agentes da MILOS, quanto entre os agentes MILOS e outros agentes de *software* externos à MILOS é através dos protocolos de interação e linguagens de comunicação definidas pela FIPA [7]. Todo agente MILOS tem que disponibilizar uma interface de comunicação compatível como o padrão FIPA. Também é necessário que estes agentes sejam compatíveis com as ontologias OWL definidas como obrigatórias na proposta OBAA. *A priori*, todos os conteúdos das mensagens FIPA (e de eventuais mensagens *WebServices*) da MILOS devem ser compatíveis com formatos de linguagens de representação de informações ou conhecimentos definidos pelo W3C ou pela própria FIPA [7], preferencialmente adotando formatos com sintaxe XML.

3.3. Organização dos Sistemas Multiagente

Os agentes da infraestrutura MILOS devem incorporar conhecimentos que permitam aos seus usuários a execução de um conjunto importante de tarefas com base em seus conhecimentos profissionais e de aplicação, mas sem exigir conhecimento técnico sobre padrões de OA, metadados, etc. Espera-se que os usuários sejam capazes de desempenhar as seguintes tarefas com o apoio dos *softwares* e serviços da MILOS:

1. Autoria e eventual adaptação de OAs de forma a suportar requisitos de acessibilidade, de educação, multimídia e multiplataforma.
2. Armazenamento, gerenciamento e distribuição de OAs diretamente para os as plataformas tecnológicas suportados pelo OBAA.
3. Busca e localização de OAs relevantes para uma dada atividade.
4. Utilização dos OAs em atividades educacionais.

Essas atividades englobam todo o ciclo de vida de um OA, indo desde sua criação até seu uso e disponibilização. O suporte para essas atividades foi distribuído em quatro grandes sistemas multiagente:

- *Sistema de Busca Federada*: suporta as atividades de localização dos OAs.
- *Sistema de Apoio Pedagógico*: suporta as atividades de uso dos OAs.
- *Sistema de Autoria*: suporta as atividades de autoria de OAs, incluindo suporte a adaptação multiplataforma.
- *Sistema de Gerência*: suporta as atividades de armazenamento, gerenciamento, publicação/distribuição multiplataforma de OAs.

O objetivo do *Sistema de Gerência* é oferecer suporte ao gerenciamento e publicação de OA nas distintas plataformas digitais suportadas pelo padrão OBAA (inicialmente Web, TV Digital e dispositivos móveis). O agente *Interface de Gerência* é a principal agente deste sistema. Através deste agente é possível efetuar operações de empacotamento de OAs com o auxílio de agentes de empacotamento específicos para cada padrão. Também é possível distribuir estes OAs para os servidores de conteúdo utilizados nas plataformas digitais suportadas pela proposta OBAA.

O principal objetivo do *Sistema de Busca Federada* (Figura 2) é estabelecer e gerenciar federações de catálogos de OA, implementando a busca por metadados na federação de forma transparente aos usuários. O papel do agente *Finder* é oferecer a interface de acesso ao sistema, incluindo tanto usuários humanos através de uma interface *Web*, quanto outros tipos de agentes através do protocolo de consulta da FIPA. O papel do agente *Librarian* é gerenciar o diretório local de informações (metadados) de objetos de aprendizagem. O agente *Cataloger* é responsável pelas buscas no diretório local e nos diretórios remotos federados a este.

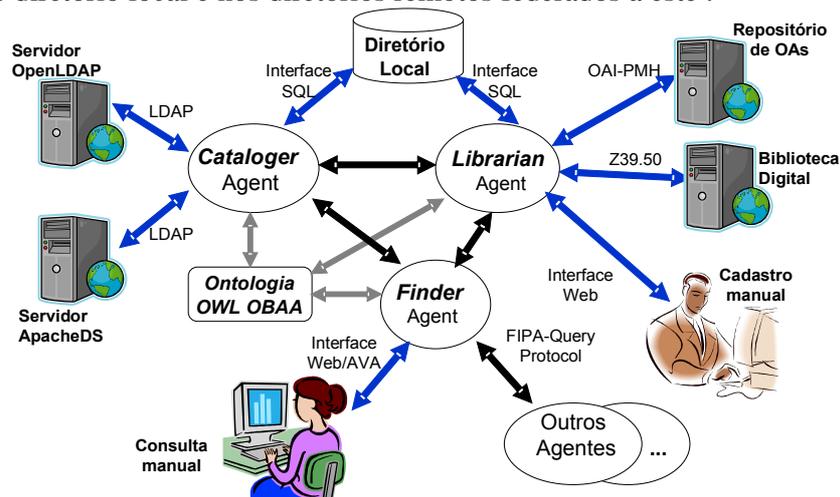


Figura 2 – Organização Básica do Sistema de Busca Federada.

O objetivo do *Subsistema de Apoio Pedagógico* (Figura 3) é oferecer suporte inteligente ao uso dos OAs. Isto inclui desde a disponibilização de mecanismos de busca de OA com suporte para o contexto semântico da busca, tal como definido por ontologia específica de domínio de ensino, chegando a disponibilização de mecanismos que facilitem ou auxiliem na aplicação de estratégias e táticas de ensino apropriadas ao OA, similares aos adotados pelos ITS.

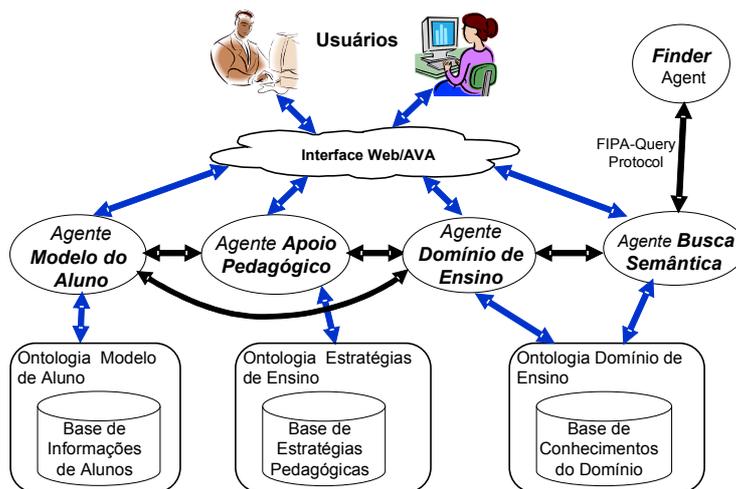


Figura 3 – Organização Básica do Sistema de Apoio Pedagógico.

As funcionalidades básicas dos ITS estão representadas na organização preliminar do *Sistema de Apoio Pedagógico* que segue a arquitetura clássica destes sistemas. O *Sistema de Apoio Pedagógico* também contém o agente *Busca Semântica* especializado na busca de material relacionado ao OA, mas que leva em conta o contexto de ensino em que este OA está inserido.

O objetivo do *Subsistema de Autoria* (Figura 4) é prover assistência para os processos de autoria de OA, incluindo autoria de metadados e conteúdos. Os agentes *Editor de Metadados OA* e *Editor de Conteúdos OA* incorporam as principais facilidades de edição do *Sistema de Autoria*. Estas facilidades são acessadas diretamente por meio de uma interface *Web*. Por trás da operação dos agentes de edição existe um conjunto variável de agentes *Wizards de Edição* que são responsáveis pelo apoio a atividades de autoria específicas. São previstos *wizards* que auxiliem a criação de OAs para domínios específicos de ensino, *wizards* de suporte para criação de OAs multimídia, multiplataforma e que atendam requisitos de acessibilidade. Os agentes de *Adaptação Multiplataforma* contêm conhecimentos para adaptar OAs de uma plataforma para outra.

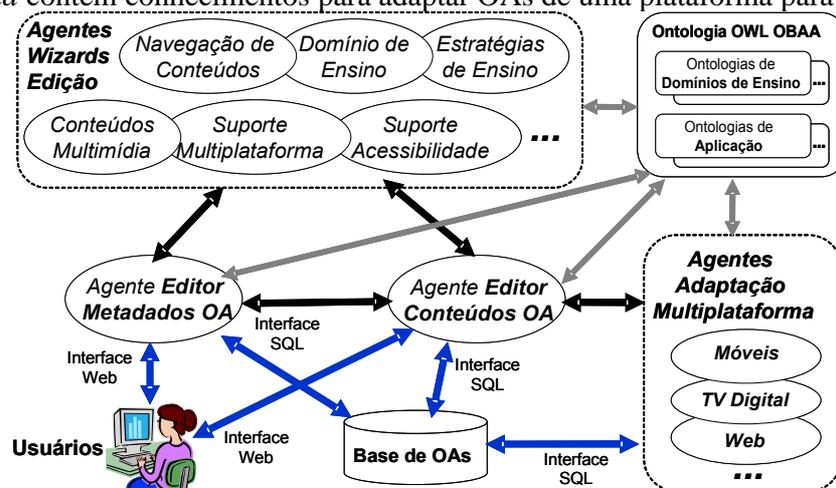


Figura 5 – Organização Básica do Subsistema de Autoria.

3.4. Papel das Facilidades

O terceiro nível, de serviços, justamente providenciará as *facilidades* de interface (no sentido to termo inglês *facility*, que indica alguma coisa que é construída, instalada ou estabelecida para servir um propósito particular) que permitirão que os agentes e sistemas multiagente da MILOS possam ser acessados por ambientes e aplicações educacionais, além de permitir que estes agentes tenham acesso aos repositórios de OAs, serviços de diretórios, bancos de dados e servidores *Web*. Na prática, as facilidades de interface previstas inicialmente fornecem acesso a algum tipo de serviço de *software* cuja interface de programação já está estabelecida ou padronizada, sendo necessário apenas implementar uma camada de acoplamento entre a interface do serviço e as percepções/ações dos agentes.

4. Considerações Finais

A infraestrutura MILOS delineada neste documento fornecerá o suporte técnico para que os objetos de aprendizagem compatíveis com a proposta de metadados OBAA sejam interoperáveis na *Web*, *TV-Digital* e dispositivos móveis. O projeto dessa infraestrutura toma uma posição em prol da abertura tecnológica, visando à maior adoção e desenvolvimento do OBAA como o futuro padrão nacional para objetos de aprendizagem

Para contemplar as particularidades das plataformas previstas pelo OBAA — naturalmente heterogêneas entre si — em um único padrão que as compatibilize é necessário lidar com os requisitos e complexidades de todas elas. Promover essa compatibilização atribuindo o máximo possível de liberdade para o desenvolvedor de conteúdo educacional resultou em um amplo conjunto de metadados (nem sempre obrigatórios) e recomendações técnicas. Espera-se que essa decisão de concepção permita uma ampla aceitação do padrão OBAA pela comunidade da Educação e também que a mesma auxilie a evolução do padrão para atender às demandas dessa comunidade. Não obstante, é preciso salientar que a operacionalização desta concepção passa pela aplicação inovadora de tecnologias avançadas de Engenharia de Ontologia e de Engenharia de Software de Agentes. Apesar de desafiador, o uso inovador destas tecnologias avançadas se constitui em um objetivo tecnológico ambicioso, proporcionando uma oportunidade única para o

Brasil se posicionar na vanguarda do desenvolvimento tecnológico e científico na aplicação de Tecnologias da Informação e Comunicação na área de Educação

Referência Bibliográfica

1. Arias, F.; Moreno, J.; Ovalle, D. Integration Model of E-Learning based on Pedagogical Software Agents and Collaborative Learning Environments. Proceedings of WCCE 2009. Bento Gonçalves, 2009.
2. Baader, F.; Horrocks, I.; Sattler, U. Chapter 3: Description Logics, In: Harmelen, F.; Lifschitz, V.; Porter, B. (eds). Handbook of Knowledge Representation. Elsevier, 2007.
3. Bavaresco, N.; Vian, J.; Silveira, R. A. Proposta de uma arquitetura para construção de Objetos Inteligentes de Aprendizagem baseados em agentes BDI. Anais do XX SBIE, Florianópolis, 2009.
4. Bica, F.; Verdin, R.; Viccari, R. M. Using the beliefs of Self-Efficacy to improve the Effectiveness of ITS: an Empirical Study. Proceedings of 5th Mexican Int. Conference on Artificial Intelligence. Mexico, 2006.
5. Bittencourt, I. I.; Costa, E.; Silva, M.; Soares, E. A computational model for developing semantic web-based educational systems. Knowledge-Based Systems, 22(4):302 – 315. AI in Blended Learning. 2009.
6. Campana, V. F.; Sanches, D. R.; Tavares, O. Agentes para Apoiar o Acompanhamento das Atividades em Ambientes Virtuais de Aprendizagem. Anais do XIX SBIE, Fortaleza, 2008.
7. FIPA. FIPA - Foundation for Intelligent Physical Agents. 2009. <<http://www.fipa.org/>>.
8. Frasson, C.; Chaffar, S.; Abdel Razek M.; Ochs, M. Emotion Recognition Agent for On-Line Learning Systems. Proceedings of FLAIRS 2005 Conference. 2005.
9. Giraffa, L.; Viccari, R. The Use of Agents Techniques on Intelligent Tutoring Systems. Proceedings of 18th International Conference of the Chilean Computer Science Society, Antofagasta, Chile: IEEE, 1998.
10. Gluz, J. C.; Flores, C.; Viccari, R. M. Formal Aspects of Pedagogical Negotiation in AMPLIA System. In: Nedja, et al. (Org.). Intelligent Educational Machines. Springer, 2006.
11. Gomes, E. R.; Silveira, R. A.; Viccari, R. M. Objetos Inteligentes de Aprendizagem: Uma Abordagem Baseada em Agentes para Objetos de Aprendizagem. Anais do XV SBIE. Manaus, 2004.
12. Gomes, S. R.; Gadelha, B.F. Castro, A. N. Objetos de Aprendizagem Funcionais: Uma Abordagem Prática. Anais do XX SBIE. Florianópolis, 2009.
13. Gómez-Perez, A.; Fernández-López, M.; Corcho, O. Ontological Engineering, Madrid: Springer, 2004.
14. Güreş, D. The Use of Distributed Agents in Intelligent Tutoring. Proceedings of 2nd ITS Workshop on Pedagogical Agents, San Antonio, Texas, 1998. p. 20-25.
15. Hayashi, Y.; Isotani, S.; Bourdeau, J.; Mizoguchi, R. Toward a Learning/Instruction Process Model for Facilitating the Instructional Design Cycle. Proceedings of WCCE 2009. Bento Gonçalves, 2009.
16. Henderson-sellers, B.; Giorgini, P. Agent Oriented Methodologies. Idea Group Publishing, 2005.
17. IEEE-LTSC. Std1484.12.1 IEEE Learning Technology Standard Committee (LTSC) Standard for Learning Object Metadata (LOM), 2002.
18. Isotani, S.; Mizoguchi, R.; Bittencourt, I.; Costa, E. Web 3.0 - Os Rumos da Web Semântica e da Web 2.0 nos Ambientes Educacionais. Anais do XIX SBIE, Fortaleza, 2008.
19. Isotani, S.; Isotani, N.; Isotani, S. Ontologias e Web Semântica no Suporte ao Ensino Colaborativo em Salas de Aula Presenciais. Anais do XIX SBIE, Fortaleza, 2008.
20. Mizoguchi, R.; Hayashi, Y.; Bourdeau, J. Inside Theory-Aware & Standards-Compliant Authoring System, Proceedings of SWEL'07, 1-18. 2007.
21. Nelkner, T.; Magenheimer, J.; Reinhardt, W. PLME as a Cognitive Tool for Knowledge Achievement and Informal Learning. Proceedings of WCCE 2009. Bento Gonçalves, 2009.
22. Richards, D.; Sklar, E. The use of agents in human learning systems. Procs. of AAMAS 2006. 2006.
23. Silva, M.; Barros, H.; Veras, D.; Pacca, H.; Ibert, I.; Barros, E.; Silva, A. Modelando um Sistema Educacional de MMC sob a perspectiva da Web Semântica. Anais do XX SBIE. Florianópolis, 2009.
24. Tomasello, M. The Cultural Origins of Human Cognition. Harvard University Press, 2001.
25. Viccari, R.; Gluz, J.; Passerino, L. M.; Santos, E.; Primo, T.; Rossi, L.; Bordignon, A.; Behar, P.; Filho, R.; Roesler, V. (2010) The OBAA Proposal for Learning Objects Supported by Agents. Proceedings of MASEIE Workshop – AAMAS 2010. Toronto, Canada, 2010.
26. Wertsch, J. Mind as Action. Oxford University Press, 1998.
27. Wooldridge, M.. An Introduction to Multiagent Systems. John Wiley & Sons, 2002.