

# Sistema Heráclito: Suporte a Objetos de Aprendizagem Interativos e Dialéticos Voltados ao Ensino de Dedução Natural na Lógica Proposicional

Fabiane Penteadó<sup>1</sup>, João Carlos Gluz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Programa Interdisciplinar de Pós Graduação em Computação Aplicada (PIPICA) –  
Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS) –  
Caixa Postal 275 – 93.022-000 – São Leopoldo – RS – Brasil

jcgluz@unisinis.br, fabiane.pentead@gmail.com

**Abstract.** *Logic is a fundamental academic discipline for Computer Science courses. However, the persistency of high levels of repetition, and premature desistance shows that there is a lot that can be made to improve the teaching process of this discipline. Preliminary data shows that this situation can be aggravated in the distance learning modality. The Heraclito System is a learning system based on the integration of Learning Objects and Intelligent Learning Environments, which aims to help in the teaching process of Natural Deduction in Propositional Logic, a particularly critical topic of study in the Logic discipline. After introducing preliminary data showing evidences of high levels of repetition and premature desistance in Logic, the paper presents the foundations, related works, main characteristics, and the basic architecture of the Heraclito System.*

## 1. Introdução

A disciplina de Lógica é fundamental para a formação dos alunos de Computação e Informática, ajudando-os no desenvolvimento de suas habilidades de análise lógica, formalização e resolução de problemas. Estas habilidades, por sua vez, são necessárias para as atividades tão diversas quanto programação, análise e especificação de requisitos, projeto de bancos de dados, dentre outras áreas da Computação e da Informática.

Dados estatísticos de várias turmas de Lógica, além de dados empíricos obtidos através de oito anos de experiência docente ministrando Lógica em duas universidades distintas, apontam para índices muito altos de reprovação e desistência nesta disciplina. Dados compilados em uma Universidade brasileira, durante o período de 2007 ao primeiro semestre de 2011, apontam para uma média de aprovação de apenas 61% na disciplina de Lógica. Dos alunos restantes, 23% foram considerados desistentes, por terem cancelado a disciplina ou terem excesso de faltas, enquanto 16% assistiram a disciplina até o final, mas foram reprovados. Essa questão se torna ainda mais complexa nos cursos ministrados na modalidade a distância (modalidade EAD). Dados preliminares compilados durante o primeiro semestre de 2011, apontam para índices de desistência e reprovação muito piores: apenas 23% de aprovação na disciplina de Lógica, com 30% desistentes e 47% reprovados.

As desistências, em particular, tendem a ocorrer no início da disciplina, principalmente quando os conteúdos de Dedução Natural começam a ser ensinados no contexto da Lógica Proposicional. Na prática, as dificuldades começam quando conceitos como fórmula, regra de dedução e prova formal começam a ser ensinados.

Assim, o Sistema Heráclito pretende contribuir com a eventual melhoria deste quadro de desistências e reprovações, estando particularmente focado no suporte à relação professor-tutor-aluno no contexto da modalidade EAD, justamente no ensino da Dedução Natural na Lógica Proposicional, que é o momento mais crítico neste processo de ensino, pelo menos em relação as desistências.

O Sistema Heráclito se propõe a aplicar e estender os conceitos e tecnologias definidas pela proposta OBAA (Objetos de aprendizagem Baseados em Agentes Artificiais) [Viccari et al., 2009; 2010] no domínio de ensino de Lógica. O principal instrumento de interação entre o Heráclito e os alunos será através de Objetos de Aprendizagem (OA) compatíveis com o OBAA, capazes de fornecer apoio na resolução de problemas de demonstrações (provas) de argumentos através da Dedução Natural. Também serão pesquisadas e desenvolvidas ontologias, protocolos e serviços de suporte aos OAs do Sistema Heráclito, permitindo que os mesmos tenham facilidades de tutoria e suporte pedagógico inteligente, sem perder, entretanto, um grau básico de funcionalidade que ainda permita sua utilização em processos de ensino, sem o suporte dos serviços remotos OBAA.

## 2. Fundamentação da Pesquisa

Em termos tecnológicos, o projeto do Sistema Heráclito depende principalmente das tecnologias relacionadas aos objetos de aprendizagem, incluindo a proposta de metadados OBAA. Também são tecnologias importantes para o projeto, os agentes pedagógicos e a infraestrutura de agentes MILOS (*Multiagent Infrastructure for Learning Object Services*) [Gluz e Viccari, 2010], sendo construída para suportar os requisitos e funcionalidades dos OAs compatíveis com o padrão OBAA.

### 2.1. Objetos de Aprendizagem

A criação e a disponibilização de conteúdos para fins educacionais são dois temas muito pesquisados na literatura. Estes conteúdos são chamados de Objetos de Aprendizagem (OA). Os objetos de aprendizagem representam componentes educacionais que facilitam o projeto, desenvolvimento e entrega de material de aprendizado para cursos e disciplinas. Os OAs são definidos pela IEEE [IEEE-LTSC, 2002], como qualquer entidade digital ou não, que pode ser utilizada, reutilizada ou referenciada durante o aprendizado apoiado por computador. Também podemos reduzir o escopo do conceito para abranger somente objetos digitais, com o intuito de facilitar o entendimento, Wiley (2001) definiu os OAs como “qualquer recurso digital que pode ser reusado para suportar aprendizagem”.

Todas as definições estudadas se concentram no requisito da reusabilidade, fazendo deste um dos principais focos de trabalho e pesquisa atualmente. No entanto a comunidade de OAs também tem se concentrado no estudo de outros requisitos de grande importância como a acessibilidade e a interoperabilidade. Estes requisitos são importantes para permitir as entidades que promovem o ensino resguardar seus investimentos na produção de material educacional e compartilhar materiais de boa qualidade. Com essa intenção de atender aos requisitos dos OAs diversos grupos de pesquisa, incluindo organismos como o IEEE *Learning Technology Standard Committee* (LTSC) [IEEE-LTSC, 2002], IMS *Global Learning Consortium* (IMS) ([www.imsglobal.org](http://www.imsglobal.org)), *Advanced Distributed Learning Initiative* (ADL) ([www.adlnet.org](http://www.adlnet.org)) e, no Brasil, o projeto OBAA ([www.portalobaa.org](http://www.portalobaa.org)), tem conduzido pesquisas para promover padrões para OAs.

No projeto do sistema Heráclito será adotada a proposta de metadados definida pelo projeto OBAA, de forma a aplicar e estender os conceitos e tecnologias previstas nessa proposta para o domínio de ensino de Lógica Formal. A proposta de padrão de metadados OBAA foi definida com base no padrão IEEE-LOM [IEEE-LTSC, 2002], incluindo suporte

para a (a) *adaptabilidade e interoperabilidade* de OAs em plataformas digitais como *Web*, *TV Digital* e dispositivos móveis, (b) *compatibilidade* do padrão com o panorama de padrões internacionais, (c) *acessibilidade* aos OAs por todos os cidadãos, inclusive aqueles com necessidades especiais, e (d) *independência e flexibilidade tecnológica* do padrão, que não necessita de tecnologias proprietárias, e que permite que inovações tecnológicas sejam incorporadas, sem perder a compatibilidade com o material já desenvolvido. Os metadados OBAA resultantes dessa análise foram definidos como uma extensão dos metadados IEEE-LOM, formada pela adição de novos grupos de metadados: metadados técnicos multiplataforma, metadados pedagógicos, metadados de acessibilidade e metadados de segmentação de conteúdos multimídia.

## 2.2. Agentes Pedagógicos

Os agentes de software são originados das pesquisas em Inteligência Artificial Distribuída, sendo projetados para atender domínios complexos de problemas [Weiss, 1999]. Desde seu início a área de agentes e sistemas multiagente tem utilizado várias definições para o termo agente de software ou agente artificial. Uma definição em particular tem se firmado em trabalhos mais recentes. Essa definição tem sido adotada de maneira consistente em diversos textos mais recentes [Bordini, et al. 2007; Wooldridge, 2002; Weiss, 1999]. Seguindo a definição dada em [Wooldridge, 2002] um agente de software (ou um agente artificial) é um sistema computacional, situado em um determinado ambiente, que é capaz de executar ações de forma autônoma, a fim de satisfazer seus objetivos.

Os agentes individuais de um dado sistema multiagente podem ser projetados e desenvolvidos de várias formas distintas. Porém, uma arquitetura de agentes individuais bastante difundida, é baseada no modelo BDI que idealiza um agente de software como um agente racional com certas atitudes mentais de crença, desejo e intenção (*Belief-Desire-Intention* – BDI), representando respectivamente os estados motivacionais e deliberativos do agente. O modelo BDI representa uma arquitetura cognitiva para agentes inteligentes, baseada em estados mentais, e tem sua origem no modelo de raciocínio prático humano [Bordini et al., 2007]. Uma arquitetura baseada no modelo BDI representa seus processos internos através dos estados mentais acima citados, e define um mecanismo de controle que seleciona de maneira racional o curso das ações [Rao e Georgeff, 1991].

A aplicação de conceitos de agentes e sistemas multiagente na criação de Sistemas Tutores Inteligentes (*Intelligent Tutoring Systems* - ITS) [Self, 1990] ou Ambientes Inteligentes de Ensino (*Intelligent Learning Environments* - ILE) [Fernandez-Manjon et al., 1998] é um ponto que nos interessa especialmente, pois estes ambientes têm papéis pedagógicos ou educacionais, destinados a facilitar ou apoiar o processo de ensino, comumente denominados de *Agentes Pedagógicos* [Gürer, 1998]. Estes agentes podem ser agentes cooperativos que trabalham como suporte de um sistema educacional [Silveira e Viccari, 1999; Frasson et al., 2005; Bica et al., 2006; Viccari et al., 2003], ou então podem ser agentes animados ou personalizados que interagem diretamente com os usuários, para ajudá-los em processos de ensino/aprendizagem (por exemplo, o sistema Vincent [Paiva e Machado, 1999]. De acordo com [Giraffa e Viccari, 1998], as arquiteturas baseadas neste tipo de abordagem são variações da arquitetura funcional tradicional dos sistemas ITS/ILE: domínio de ensino, modelo de aluno e estratégias de ensino, onde um ou mais agentes implementam funções do tutor.

Em termos de pesquisa cognitiva, este campo de pesquisa contribuiu com um paradigma de modelagem que pode ser aplicado com sucesso na área da IA cognitiva, o paradigma de Modelo de Aluno (*Student Model*). A aplicação de métodos formais para entender e conceitualizar aspectos dos processos educacionais, trouxe as pesquisas em ITS e ILE próxima dos modelos cognitivos de agentes. Os trabalhos [Self, 1990; 1994; Dillenbourg

e Self, 1992] lançaram os fundamentos de aplicação de métodos formais na análise de modelos de aluno, deixando claro que há um profundo relacionamento entre as áreas a IA cognitiva e a pesquisa em sistemas ITS e ambientes ILE. Um modelo de aluno pode ser definido como a representação de certas características e atitudes dos alunos, necessárias para se atingir uma interação individualizada e apropriada entre o ambiente de ensino e o aluno. O modelo se constitui de uma descrição do conhecimento dos alunos, suas habilidades de aprendizagem, seus pontos fortes e fracos. Além destas informações, é comum que o modelo seja estendido para levar em consideração o domínio do conhecimento no qual o ITS/ILE e os alunos estão envolvidos, além de registrar o processo histórico de evolução das habilidades e conhecimentos dos alunos.

### 2.3. Infraestrutura MILOS

A arquitetura de software definida para o Sistema Heráclito deve estar integrada com a infraestrutura de agentes MILOS [Gluz e Viccari, 2010], devendo ser considerada um dos componentes desta infraestrutura. A MILOS é projetada em três grandes níveis de abstração: (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.

No nível de ontologias são especificadas, além da ontologia dos metadados OBAA, todas as demais ontologias sobre domínios de ensino e aplicações educacionais ou multimídia. Todas essas ontologias devem ser definidas em OWL.

O nível de agentes implementa o suporte as atividades de suporte ao ciclo de vida de um OA, incluindo suporte para autoria, adaptação, gerenciamento, publicação, localização e uso de OAs compatíveis com o OBAA. Esse suporte foi distribuído em quatro grandes sistemas multiagente: (1) *Sistema de Busca Federada*, que suporta as atividades de localização dos OAs, (2) *Sistema de Apoio Pedagógico*, que fornece apoio ao uso dos OAs em ambientes de ensino, (3) *Sistema de Autoria*, responsável pelo apoio as atividades de autoria de OAs, incluindo suporte a adaptação multiplataforma, e (4) *Sistema de Gerência*, responsável pelas atividades de armazenamento, gerenciamento, publicação/distribuição multiplataforma de OAs.

O Sistema de Apoio Pedagógico tem relação mais direta com o Sistema Heráclito. O objetivo deste sistema 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. Na prática, o Sistema Heráclito será o protótipo inicial do Sistema de Apoio Pedagógico da infraestrutura MILOS.

### 3. Trabalhos Relacionados

Em termos técnicos, as principais questões de pesquisa levantadas pelo Sistema Heráclito estão diretamente relacionadas ao estado da arte nas áreas de provadores automáticos de teoremas, e de ferramentas para verificação/edição de provas formais, com uma ênfase particular na busca e identificação de sistemas e ferramentas que possam ser utilizados como base para o agente especialista do domínio de ensino.

Análises preliminares indicam a existência de alguns sistemas como: Coq ([coq.inria.fr](http://coq.inria.fr)) e HOL ([www.cl.cam.ac.uk/research/hvg/HOL/](http://www.cl.cam.ac.uk/research/hvg/HOL/)), que fornecem linguagens de especificação baseados em lógicas avançadas (Lógicas de Alta Ordem), capazes de oferecer apoio para a construção de provas nessas lógicas; Otter ([www.cs.unm.edu/~mccune/otter/](http://www.cs.unm.edu/~mccune/otter/)), Prover9/Mace4 ([www.cs.unm.edu/~mccune/prover9/](http://www.cs.unm.edu/~mccune/prover9/)), EProver ([www4.informatik.tu-muenchen.de/~schulz/E/E.html](http://www4.informatik.tu-muenchen.de/~schulz/E/E.html)) e SPASS ([www.spass-prover.org](http://www.spass-prover.org)), que são provadores automáticos de Lógica de Primeira Ordem; além dos editores/verificadores de provas JAPE ([www.cs.ox.ac.uk/people/bernard.sufrin/personal/jape.org/](http://www.cs.ox.ac.uk/people/bernard.sufrin/personal/jape.org/)) e Pandora ([www.doc.ic.ac.uk/pandora/](http://www.doc.ic.ac.uk/pandora/)).

O estudo desses sistemas, mostrou que todos apresentam deficiências importantes que inviabilizam sua utilização direta no Sistema Heráclito. Os sistemas Coq e HOL são essencialmente interpretadores de linguagens de programação baseadas em Lógicas de Alta Ordem muito poderosas, mas bastante complexas. Isso torna inviável a aplicação dessas ferramentas em turmas dos semestres iniciais de um curso de Computação. Os provadores automáticos citados (além de vários outros) utilizam sistemas avançados de prova (tipicamente baseados em Hiper-resolução) que são completamente inapropriados para atividades de ensino, além de serem praticamente intraduzíveis (pelo menos de uma forma que seja didaticamente aceitável) para demonstrações em Dedução Natural.

A situação em relação aos editores de prova também não é muito melhor. Os editores JAPE e Pandora são particularmente complexos de serem customizados e reusados em formas não previstas por seus autores, ao menos quando se considera que essa customização deva ser feita por um professor de Lógica e não por um especialista em programação. Esses editores também não tem capacidades de prova automática que são necessárias para um sistema automático de apoio pedagógico, que é o objetivo do Heráclito.

Na verdade, nenhum destes sistemas ou ferramentas atende o problema básico de representação de conhecimentos do Heráclito que é identificar quais estruturas e mecanismos de manipulação de provas formais baseadas em Dedução Natural, serão empregados na construção do modelo de aluno a ser empregado pelo sistema.

#### 4. Questão Educacional

Conforme comentado na seção introdutória, a questão mais geral que o Projeto Heráclito pretende abordar é um problema de Ensino Superior, relacionado a disciplina de Lógica, que atualmente forma parte do currículo definido pela SBC e MEC para os cursos de Bacharelado e Licenciatura em Computação, sendo ministrada tipicamente nos primeiro ou segundo semestre destes cursos.

O problema está relacionado aos altos índices de reprovação e desistência que ocorrem nesta disciplina, tanto no caso de ensino presencial, quanto em situação muito pior, no caso de ensino a distância. Os índices foram detectados em um levantamento feito durante o período de 2007 ao primeiro semestre de 2011, com base nas turmas de Lógica de dois professores distintos de uma universidade brasileira. O estudo considerou dados obtidos nas modalidades presencial e a distância (EAD). A Tabela 1 mostra os dados combinados de ambos os professores, no período de 2007 até 2011.

Embora os dados coletados estejam restritos a uma universidade, existe uma expectativa que este caso seja típico e possa ser generalizado para outras instituições de ensino superior. A experiência prévia de um dos professores ministrando a mesma disciplina em outra universidade, durante um período de quatro anos, indica um quadro similar, apesar de dados estatísticos não terem sido coletados.

Na Tabela 1, apesar de flutuações anuais, pode-se claramente perceber a manutenção de altos índices de reprovação e mais altos índices ainda de desistências por parte dos alunos. Esta tendência não é um artifício provocado apenas por um dos professores.

**Tabela 1.** Dados combinados das turmas de Lógica – Modalidade presencial.

	Total de alunos	% Aprovados	% Reprovados	% Desistentes
<b>2007</b>	49	47%	16%	37%
<b>2008</b>	88	41%	24%	35%
<b>2009</b>	265	66%	18%	16%
<b>2010</b>	219	61%	10%	29%
<b>2011/1</b>	221	67%	16%	17%
<b>Total</b>	842	61%	16%	23%

Na modalidade presencial, os dados compilados do professor A compreendem o período de 2007 ao primeiro semestre de 2011, tal como mostrado na Tabela 2.

**Tabela 2.** Dados das turmas de Lógica do professor A – Modalidade presencial.

	Total de alunos	% Aprovados	% Reprovados	% Desistentes
<b>2007</b>	49	47%	16%	37%
<b>2008</b>	88	41%	24%	35%
<b>2009</b>	55	56%	9%	35%
<b>2010</b>	47	57%	15%	28%
<b>2011/1</b>	92	59%	22%	19%
<b>Total</b>	331	51%	19%	30%

Os dados compilados do professor B na modalidade presencial compreendem o período de 2009 ao primeiro semestre de 2011, tal como apresentado na Tabela 3.

**Tabela 3.** Dados das turmas de Lógica do professor B – Modalidade presencial.

	Total de alunos	% Aprovados	% Reprovados	% Desistentes
<b>2009</b>	210	68%	20%	12%
<b>2010</b>	172	61%	9%	30%
<b>2011/1</b>	129	73%	12%	15%
<b>Total</b>	511	67%	14%	19%

Da mesma forma que na tabela combinada, pode-se observar a manutenção dos altos índices de reprovação/desistência, com as desistências quase sempre sendo significativamente maiores que as reprovações.

Na modalidade EAD esta situação se torna ainda mais crítica. Dados nesta modalidade, compilados de 9 turmas ministradas pelo professor B no período do primeiro semestre de 2011 com um total de 129 alunos apontam para índices de desistência e reprovação muito piores: apenas 23% de aprovação, com 30% desistentes e 47% reprovados.

A análise acima indica que, mesmo no caso presencial, já existe uma necessidade de melhoria do quadro de desistências e reprovações. No caso da modalidade de EAD a situação é ainda mais complicada. Sem um apoio mais concreto para o ensino mediado por computador para esta disciplina, a tendência da situação é se manter ou até mesmo piorar.

Dessa forma, a expectativa do Sistema Heráclito é se ele possa contribuir com a eventual melhoria deste quadro de desistências e reprovações, estando particularmente focado no suporte à relação professor-tutor-aluno no contexto da modalidade EAD, justamente no ensino da Dedução Natural na Lógica Proposicional, que é um dos momentos mais difíceis neste processo de ensino, pelo menos em relação as desistências.

Em termos pedagógicos, o Sistema Heráclito também pretende verificar se um método dialético de ensino, embasado em uma pedagogia sócio-histórica pode ser generalizada para o contexto de ensino de Lógica. Este tipo de método de ensino já foi estudado e aplicado com sucesso em ambientes inteligentes de ensino como o AMPLIA [Viccari et al., 2003], MEDIATEC [Passerino et al., 2007] e E-MAT/Leibniz [Gluz et al., 2007], assim se espera que seja possível fazer a transposição destes conceitos para o Heráclito, através da adaptação dos conceitos da *Negociação Pedagógica* [Flores et al. 2005], empregada nesses ambientes, para o contexto de aprendizagem de Lógica.

#### 4. Objetivos do Sistema Heráclito

As questões de pesquisa levantadas pelo projeto Heráclito serão respondidas pelo projeto e desenvolvimento de um sistema computacional que possa oferecer um apoio computacional efetivo para o processo de ensino-aprendizagem de Dedução Natural na Lógica Proposicional, tanto na modalidade à distância quanto na presencial.

Para tanto, inicialmente será criado um conjunto de OAs capazes de oferecer apoio na elaboração de demonstrações formais sob as regras da Dedução Natural na Lógica Proposicional. Isso inclui não apenas conteúdos e didáticas de Lógica, mas também todo o ambiente de execução necessário para que esses OAs possam ser utilizados pelos alunos em seus computadores. O apoio básico oferecido pelo OA, quanto em operação isolada dos agentes pedagógicos do Heráclito, será similar a um editor/verificador gráfico de provas formais de Dedução Natural. A didática e os conteúdos a serem incorporados aos OAs iniciais do Heráclito serão baseados em um livro-texto que já está sendo empregado no ensino de Lógica na modalidade a distância [Gluz e Py, 2010].

Em uma segunda etapa pretende-se desenvolver o sistema de apoio pedagógico aos OAs, que será formado por um agente especialista no domínio de ensino de Lógica e por um agente de mediação pedagógica capaz de aplicar o conhecimento do agente especialista no processo de ensino-aprendizagem. O projeto destes agentes é um tema importante da pesquisa no Heráclito e está relacionado ao caráter dialético que se pretendem imprimir na interação dos OAs com os estudantes, ou seja, na própria interface homem-máquina do Sistema Heráclito. A combinação dos OAs com o sistema de apoio pedagógico, formará o protótipo inicial do Sistema Heráclito que será testado em situações reais de ensino, de forma que os métodos de ensino utilizados nos OAs possam ser avaliados empiricamente.

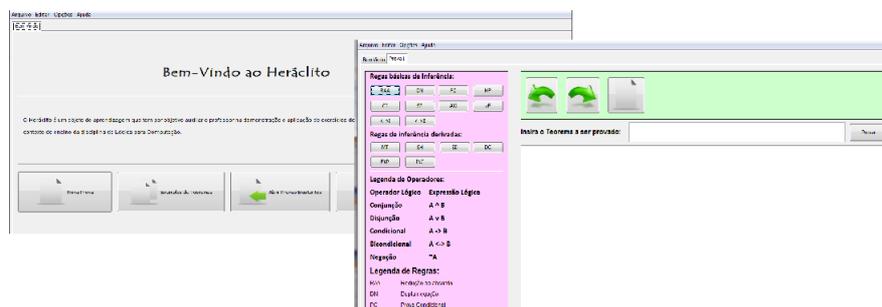
Posteriormente, será desenvolvida uma ferramenta *web* para autoria dos OAs Heráclito, que permita que os OAs sejam adaptados e customizados (ou criados do zero) diretamente pelos professores de Lógica. Cada professor pode ter sua visão particular sobre qual são os melhores métodos de ensino, sobre como os conteúdos devem ensinados e em que ordem. A principal característica dos OAs, que é sua reusabilidade, deveria vir em favor dessa visão, permitindo, no mínimo, uma fácil adaptação e customização dos materiais contidos no OA. Infelizmente isso não é necessariamente verdadeiro na maior parte dos casos. Mesmo quando os OAs estão disponibilizados sob uma licença aberta, as possibilidades de adaptação tipicamente dependem de boas habilidades de programação, além de bastante tempo para fazer a adaptação, algo fora da realidade da maior parte dos professores. Prevendo essas dificuldades, se está planejando para o Heráclito a inclusão de uma ferramenta *web* que facilitará o processo de autoria e customização dos OAs.

#### 5. Arquitetura do Heráclito

O Heráclito se apresenta aos seus usuários como um OA que têm por objetivo auxiliar os alunos da disciplina de Lógica, em como elaborar provas de argumentos formais por meio

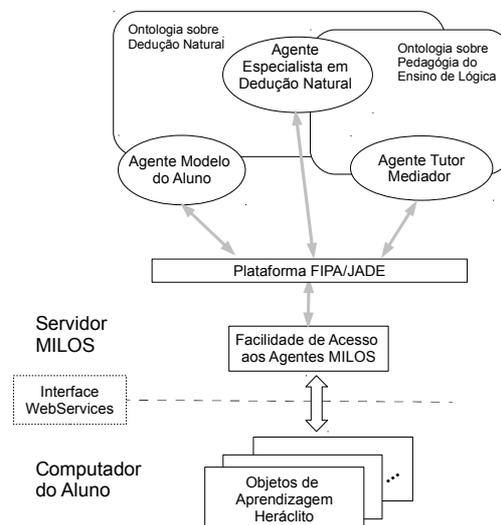
das regras da Dedução Natural. Um OA Heráclito é formado por uma *applet* Java que pode ser obtida do AVA usado na disciplina. A tela inicial do OA é formada por 4 botões (Fig. 1):

- *Nova Prova*: permite ao usuário iniciar uma nova prova a partir de um conjunto de opções de exercícios de demonstração selecionados pelo professor;
- *Exemplos de Provas*: acesso à argumentos já provados elaborados pelo professor com 3 níveis de complexidade: inicial, intermediária e avançada;
- *Abrir Provas Existentes*: acesso as provas feitas pelo aluno que foram testadas e salvas no computador (podendo ser abertas ou retomadas a qualquer momento);
- *Manual do Heráclito*: manual de instruções e de funcionamento da ferramenta.



**Figura 1.** Interface dos Objetos de Aprendizagem do Heráclito

Uma vez selecionado uma nova prova, aparece a tela de edição de provas (Fig. 1, à direita), que é a principal interface do Heráclito com o usuário. É nesta tela que os argumentos formais são provados. Nela pode-se usar os botões laterais com as regras de inferências básicas ou derivadas. A demonstração é elaborada passo-a-passo com base na aplicação das regras de inferência.



**Figura 2.** Arquitetura Preliminar do Sistema Heráclito

Um OA Heráclito é apenas uma parte do Sistema Heráclito como um todo. A arquitetura preliminar de todo o Sistema Heráclito é apresentada na Figura 2. Na Figura não está indicado o armazenamento do OA em um AVA em particular, ou a transferência e do

OA do AVA ao computador do aluno, porque tais processos são de responsabilidade do AVA (o Moodle, por exemplo, já suporta integralmente este tipo de operação).

Uma vez instalado no computador do aluno, um OA Heráclito poderá se comportar como um editor de provas que permite ao aluno resolver os problema de demonstração, mas não oferece um suporte pedagógico. Este tipo de funcionalidade está sempre disponível nos OAs Heráclito. Entretanto, caso o suporte pedagógico esteja habilitado pelo professor, então o OA pode ter acesso aos agentes de apoio pedagógico para o ensino de Lógica, disponibilizados pelo servidor MILOS. O padrão OBAA prevê a possibilidade que OAs possam usar serviços externos disponíveis em um servidor remoto. Os metadados OBAA permitem que sejam definidas todas as características necessárias para que o OA utilize um dado serviço, especificando os endereços de acesso, mensagens, protocolos de interação e ontologias empregada no serviço.

No caso dos OAs Heráclito, o acesso aos agentes de apoio pedagógico será disponibilizado por meio de uma interface *Web Service*. Os OAs Heráclito implementam um cliente de serviços, que acessa o provedor de serviços implementado pelo componente *Facilidade de Acesso aos Agentes MILOS*. Este provedor, por sua vez, implementa mecanismos de comunicação que convertem as requisições de serviços dos OAs Heráclito, em mensagens FIPA que podem então ser enviadas aos agentes MILOS por meio da plataforma de comunicação JADE.

## 6. Considerações Finais

Espera-se que a principal contribuição científica do projeto Heráclito seja oferecer um apoio computacional para o processo de ensino-aprendizagem de Dedução Natural na Lógica Proposicional, tanto na modalidade à distância quanto na presencial. O resultado pedagógico do projeto Heráclito será formado por um conjunto de OAs voltados ao ensino de Lógica, capazes de oferecer apoio na elaboração de demonstrações formais. O apoio oferecido pelo OA, quanto em operação isolada dos agentes pedagógicos do Heráclito será similar a um editor/verificador gráfico de provas formais.

O projeto Heráclito produzirá um sistema de apoio pedagógico com conhecimentos sobre Dedução Natural na Lógica Proposicional, capaz de atuar no processo de ensino-aprendizagem desta disciplina. Também será produzida uma ferramenta *web* para edição e customização de OAs, integrada a um agente inteligente de apoio a concepção e autoria de OAs. Todos os OAs produzidos poderão utilizar os serviços do sistema de apoio pedagógico, se este sistema estiver disponível em um servidor. Nesse caso o OA se torna automaticamente um completo tutor de ensino de prova formais.

Os OAs do projeto Heráclito serão compatíveis com a proposta OBAA, de forma que o sistema de agentes pedagógicos será integrado a infraestrutura MILOS de suporte a objetos OBAA. Isto também será um resultado importante da pesquisa porque permitirá testar em situações reais de ensino as capacidades do subsistema de apoio pedagógico da MILOS em fornecer serviços aos OAs.

## Referencias Bibliográficas

- Bica, F.; Verdin, R.; Viccari, R. M. Using the beliefs of Self-Efficacy to improve the Effectiveness of ITS: an Empirical Study. *Procs. of 5th Mexican Int. Conf. on AI*, Mexico, 2006.
- Bordini, R.; Hübner, J. ; Wooldridge, M. *Programming Multi-Agent Systems in AgentSpeak using Jason*. 2007.
- Dillenbourg, P.; Self, J.A. A framework for learner modelling. *Interactive Learning Environments*, n. 2, p.111–137, 1992.

- Fernandez-Manjon, B., Cigarran, J. M., Navarro, A.; Fernandez-Valmayor, A. Using Automatic Methods for Structuring Conceptual Knowledge in Intelligent Learning Environments. *Procs. of ITS98*, p. 264 – 273, 1998.
- Flores, C.; Seixas, L.; Gluz, J. C. ; Vicari, R. A Model of Pedagogical Negotiation. *Lecture Notes in Computer Science*, Heidelberg, v. 3808, n. 2005, p. 488-499, 2005.
- Frasson, C.; Chaffar, S.; Abdel Razek, M.; Ochs, M. Emotion Recognition Agent for On-Line Learning Systems. *Procs. of FLAIRS 2005 Conference*, 2005.
- Giraffa, L.; Viccari, R. The Use of Agents Techniques on Intelligent Tutoring Systems. *Procs. of 18th Int. Conf. of the Chilean Computer Science Society*, Antofagasta, Chile, 1998.
- Gluz, J. C.; Cabral, T.; Baggio, P.; Livi, P.; Mallman, R. Pedagogical Negotiation and Solidarity Assimilation Groups in Action: the Combined Efforts of E-M@T and Leibniz to Aid Calculus Students. In Vicari, R. et al. (Org.). *Agent-Based Tutoring Systems by Cognitive and Affective Modeling*. IGI Global, 2007
- Gluz, J. C.; Vicari, R. M. MILOS: Infraestrutura de Agentes para Suporte a Objetos de Aprendizagem OBAA. *Anais do XXI SBIE*, 2010.
- Gluz, J.C.; PY, M. *Lógica para Computação*. Editora Unisinos, 2010.
- Gürer, D. The Use of Distributed Agents in Intelligent Tutoring. *Procs. of 2nd ITS Workshop on Pedagogical Agents*, San Antonio, Texas, pp. 20-25, 1998.
- IEEE-LTSC. Std1484.12.1 IEEE Learning Technology Standard Committee (LTSC) Standard for Learning Object Metadata (LOM). IEEE, 2002.
- Paiva, A.; Machado, I. Life-long training with Vincent, a web-based pedagogical agent. *International Journal of Continuous Engineering Education and Life-long Learning*, 1999.
- Passerino, L.; Gluz, J.; Vicari, R. MEDIATEC Mediação Tecnológica em Espaços Virtuais para Apoio ao Professor Online. *RENOTE*. Revista Novas Tecnologias na Educação, v. 5, p. 1, 2007.
- Rao, A.S.; Georgeff, M. P. (1991). Modeling rational agents within a BDI-architecture. *Procs. of KR&R-91*, p. 473-484. San Mateo, CA: Morgan Kaufmann Publishers, 1991.
- Self, J. A. Theoretical Foundations for Intelligent Tutoring Systems. *Journal of Artificial Intelligence in Education*, 1(4), p.3-14, 1990.
- Self, J. A. Formal approaches to student modelling. In Mccalla, G.; Greer, J. (Eds.), *Student Modelling: The Key to Individualized Knowledge-Based Instruction*, Springer, Berlin. p. 295-352, 1994.
- Silveira, R.; Viccari, R. Eletrotutor - A Distance Learning Multiagents Architecture. *Procs. of Int. Conf. on Web Based Modeling and Simulation*, San Francisco, 1999.
- Vicari, R. M.; Flores, C. D.; Seixas, L.; Silvestre, A.; Ladeira, M.; Coelho, H. A Multi-Agent Intelligent Environment for Medical Knowledge. *J. of AI in Medicine*, v.27. Elsevier, p.335-366, 2003.
- Viccari, R.; Gluz, J.; Santos, E.; et al. Projeto OBAA – Rel. Técnico RT-OBAA-01 – Proposta de Padrão para Metadados de Objetos de Aprendizagem Multiplataforma. UFRGS/CINTED, 2009. Disponível em <<http://www.portalobaa.org/obaac/padrao-obaa/relatorios-tecnicos/RT-OBAA-01.pdf/view>>.
- Viccari, R.; Gluz, J.; Passerino, L.; et al. The OBAA Proposal for Learning Objects Supported by Agents. *Procs. of MASEIE Workshop – AAMAS 2010*, Toronto, Canada, 2010.
- Weiss, G. *Multiagent systems: A modern approach to distributed artificial intelligence*. Londres: MIT Press, 1999.
- Wiley, D. Connecting Learning Objects to Instructional Design Theory: A Definition, A Metaphor, and A Taxonomy. 2001. In Wiley, D. *The Instructional Use of Learning Objects: Online Version*. Disponível em <<http://reusability.org/read/chapters/wiley.doc>>.
- Wooldridge, M. *An Introduction to Multiagent Systems*. John Wiley & Sons, 2002.