

IAD - RELATÓRIO DO SEMINÁRIO

EDUCAÇÃO AMBIENTAL SUPORTADA POR UM AMBIENTE DE ENSINO INTELIGENTE.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS – UFAL
CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
MESTRADO EM MODELAGEM COMPUTACIONAL DE
CONHECIMENTO

Prof. Dr. Evandro de Barros Costa e
Prof. Dr. Frederico Luiz Gonçalves de Freitas

ALLAN GOMES DOS SANTOS
rrav5@yahoo.com.br
www.mcc007allangomes.cjb.net

Maceió/2004.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE INFORMÁTICA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO



Elaborado por

LUCIA MARIA MARTINS GIRAFFA

Orientação

DRA. ROSA MARIA VICCARI

PORTO ALEGRE

1999

EDUCAÇÃO AMBIENTAL SUPOSTADA POR UM AMBIENTE DE ENSINO INTELIGENTE.

Allan Gomes dos Santos

Universidade Federal de Alagoas - UFAL
Departamento de Tecnologia da Informação - TCI
Campus A. C. Simões. BR 104N, Km 97, Tabuleiro. 57.072-970, Maceió - AL - Brasil
rraav5@yahoo.com.br
www.mcc007allangomes.cjb.net

RESUMO

A maioria dos Sistemas Tutores Inteligentes (STI's) não apresenta o nível esperado de inteligência. Um dos motivos está no pouco conhecimento sobre o que é e como funciona a inteligência humana. Dessa forma, o grupo de pesquisa no qual este trabalho (Multi-Ecológico) está inserido trás contribuições científicas, que permitem resgatar antigos problemas, com a implementação de um sistema que utiliza uma arquitetura de Inteligência Artificial Distribuída (ramo da Inteligência Artificial) composta por uma sociedade de agentes que trabalham para atingir um objetivo comum (forma cooperativa). Dessa forma, através dos aspectos educacionais inerentes a todo o projeto de software educacional, se busca trazer inserido no contexto da pesquisa o emprego de agentes cognitivos modelados através de seus Estados Mentais (SEM), e, portanto buscar por exemplo melhoria da interação entre tutor e aluno e a possibilidade de investigação dos processos mentais em níveis mais elevados.

Este artigo situa-se na área de IA (Inteligência Artificial) aplicada à educação incluindo características inter-disciplinares tanto da própria IA com de IE (Informática na Educação), e apresenta a modelagem de um Sistema Tutor Inteligente (STI) através do uso da tecnologia de agentes (cognitivos e reativos) utilizando a arquitetura de SMA (Sistema Multiagentes) cujo objetivo é a utilização de técnicas de IA na elaboração e no desenvolvimento de um ambiente de ensino-aprendizagem inteligente. Enfim, os Sistemas Multiagentes (SMA) são utilizados para diminuir a distância entre os sistemas reais e os ideais, e procuram ajudar na modelagem e organização dos STI's, além de, muitas vezes apontar o melhor caminho a ser seguido pelo modelo pedagógico.

1. INTRODUÇÃO E MOTIVAÇÃO

O Multi-Ecológico (MCOE – Multi-agent Co-operative Environment) situa-se na área de IA (Inteligência Artificial) aplicada à educação incluindo característica inter-disciplinar tanto da

própria IA como de IE (informática na Educação), é um ambiente muito propício para a utilização da tecnologia de agentes inteligentes, por ser complexo e distribuído. A tecnologia de agentes inteligentes é um campo abrangente dentro da Inteligência Artificial, podendo ser aplicado nos mais diversos tipos de problemas, em particular, na elaboração e no desenvolvimento de ambientes de ensino-aprendizagem computadorizados que vêm se constituindo em objeto de investigação por parte dos pesquisadores da área de informática aplicada à educação (AIED), devido as suas potencialidades. Como este novo paradigma vem sendo estudado e fundamentado, suas várias definições possibilitam sua utilização em aplicações para simular o comportamento humano.

A utilização de agentes na modelagem e no projeto de STI permitem resgatar antigos problemas em aberto, com por exemplo a melhoria da interação entre tutor e aluno ea possibilidade de investigação dos processos mentais em níveis mais elevados, onde construir um STI com um modelo de estudante ideal, que ainda é a parte mais frágil de tais sistemas, precisa entender o processo que ocorre na cabeça do estudante durante a interação com o tutor artificial (agente cognitivo Ecologista) e reproduzi-lo na máquina. Esta tarefa, especialmente nas últimas décadas, com o desenvolvimento da IA permitiu a constituição das bases utilizadas para compor uma ciência da mente, onde através da observação da estrutura dos estados mentais sugeridos como uma metáfora do que possivelmente ocorre na mente humana, podemos construir modelos computacionais (software) para tentar entender como esses sistemas biológicos funcionam, e a partir disso, mesmo que a inteligência seja complexa de modelar, podemos achar um modo de entender melhor o que está acontecendo na mente de uma pessoa através de reações mentais simuladas por computador.

Os Sistemas Multiagentes são bastantes flexíveis, podem ser formados por diversos e distintos elementos, chamados no contexto do trabalho de agentes cognitivos e reativos. Tais agentes podem executar diferentes funções e modificar seu comportamento dinamicamente e reagirem à ações de acordo como foram modelados. Sistemas Multiagentes são capazes de resolver problemas complexos, principalmente aqueles que os sistemas tradicionais (arquitetura monolítica) não conseguem resolver, ou seja, sua principal restrição recai na incapacidade de manter um diálogo aberto com o aluno, enquanto que os sistemas que empregam as técnicas de IA (SMA) simulam algumas das capacidades cognitivas do aluno e utiliza os resultados como base das decisões pedagógicas a serem tomadas, propondo apresentar um comportamento o mais próximo possível ao de um professor humano.

Então, para adequar o projeto num contexto de ensino-aprendizagem propõe-se um Sistema Multiagentes naturalmente distribuído e cooperativo cujo objetivo é resolver problemas no ambiente dinâmico e interativo de aprendizagem inteligente “Multi-Ecológico”. O “Multi-Ecológico” é um sistema distribuído, que utiliza técnicas de Inteligência Artificial Distribuída (IAD), apresentando a modelagem de um STI através da abordagem do uso da tecnologia de agentes utilizando a arquitetura de SMA (Sistemas Multiagentes). O STI é concebido como um SMA híbrido composto por um ambiente formado por agentes reativos (SMAR – Sistema Multiagentes Reativos) e agentes (“Kernel’s”) cognitivos (SMAC – Sistema Multiagentes Cognitivo) e foi concebido e desenvolvido na PUCRS. Através da implementação de agentes, num ambiente de aprendizagem inteligente como o “Multi-Ecológico”, é possível fazer o acompanhamento das ações do aluno (agente cognitivo externo) num dado domínio. O STI modela o conhecimento do aluno sobre um tópico e a medida que realiza determinadas ações no sistema compara este conhecimento com o modelo de especialista do domínio.

Este relatório vem com o intuito de enfatizar a parte teórica do artigo, buscando pontos importantes dentro do texto que mais se enquadram com a proposta da disciplina Inteligência

Artificial Distribuída (IAD), e junto demonstrar o emprego e vantagens que trouxeram a utilização de um Sistema Multiagentes em um STI na concepção do projeto “Multi-Ecológico”.

Dessa forma, o relatório está composto por tópicos, que se sub-dividem da seguinte forma: tópico 2 apresenta um breve relato de sobre IAD e no contexto do projeto “Multi-Ecológico”, enquanto que o tópico 3 introduz os SMA e sua proposta para a construção de um ITS. No tópico 4 apresentam modelos de agentes com arquitetura SEM e no tópico 5 os aspectos da concepção e implementação do Multi-Ecológico. No tópico 6 contém algumas respostas à alguns questionamentos do seminário e no tópico 7 alguns relatos de trabalhos correlatos. Por fim, no tópico 8 apresentam-se as considerações finais.

2. INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL DISTRIBUÍDA (IAD)

A Inteligência Artificial Distribuída (IAD) é uma sub-área da IA que está relacionado com a solução cooperativa de problemas em um certo ambiente através de agentes distribuídos. As técnicas desenvolvidas em IAD permitem aplicações em diversos níveis:

- Desenvolvimento de novas aplicações baseadas em metodologias tradicionais de desenvolvimento de software, mas que se beneficiem das idéias da IAD;
- A expansão das funcionalidades de sistemas existentes através do encapsulamento destas aplicações em plataformas de IAD;
- Desenvolvimentos de sistemas que incorporem as técnicas de IAD da concepção até sua implementação.

A aplicação de IAD baseia-se na idéia de que a agilidade, flexibilidade, inteligência e desempenho de um sistema podem ser melhorados a medida que ela permite alcançar objetivos como:

- Construção de sistemas descentralizados ao invés de centralizados;
- Obtenção de soluções emergentes (resultado das interações entre agentes e/ou humanos) ao invés de totalmente planejadas;
- Execução concorrente ao invés de sequencial.

Muitos problemas reais são naturalmente e fisicamente distribuídos, por isso, a necessidade de soluções distribuídas e a exigência da capacidade de adaptação dos sistemas são alguns dos principais motivos que estimulam o desenvolvimento de sistemas inteligentes distribuídos.

A IAD está dividida em: Solução distribuída de problemas (SDP) e Sistemas multiagentes (SMA).

A SDP tem foco principal o problema, e objetiva à utilizar a capacidade de processamento e robustez oferecidas pela tecnologia de redes para atacar problemas de natureza distribuída ou muito complexos, tendo como exemplo o problema de controle de tráfego aéreo. Os agentes envolvidos em SDP são programados para cooperar, dividir tarefas e comunicar-se de maneira confiável, entretanto não é simples estabelecer estas propriedades.

O foco principal dos SMA é o estudo das pressuposições básicas sobre agentes que garantem a possibilidade de ação cooperativa em sociedade, ou seja, o foco das pesquisas são os agentes.

2.1 IAD no contexto do projeto “Multi-Ecológico”

A constante busca por sistemas tomadores de decisões proporcionou o aparecimento e desenvolvimento de muitas áreas dentro da Inteligência Artificial. Uma destas áreas, desenvolvida nos últimos anos, denominou-se IAD, Inteligência Artificial Distribuída, que se contrapõem à inteligência artificial clássica cuja ênfase está na representação de conhecimentos e métodos de inferências, a IAD baseia seu modelo de inteligência no comportamento social sendo a ênfase transposta para as ações e interações entre entidades denominados agentes. Neste contexto, podemos distinguir a IA clássica (origem psicológica) tem seu estudo centrado no comportamento individual do ser humano, enquanto que a IAD (origem sociológica) utiliza um modelo de inteligência baseado no comportamento social, com ênfase nas ações e interações de agentes que podem ser entidades reais ou virtuais imersas num ambiente sobre o qual são capazes de agir.

Dessa forma, apresenta-se o “Multi-Ecológico”, sendo um ambiente de aprendizagem inteligente, que utiliza uma arquitetura de IAD composta por uma sociedade de agentes que trabalham para atingir um objetivo comum: agir contra a poluição resultante da ação dos elementos externos (poluentes) e manter o equilíbrio. O ambiente é uma sociedade heterogênea e fechada baseado no controle distribuído (conhecimento, dados e habilidades) entre seus diferentes tipos de agentes.

3. SISTEMAS MULTIAGENTES

Sistemas multiagentes é uma abordagem da IAD cujo foco da pesquisa são os agentes.

Um agente pode ser definido em termos de suas propriedades fundamentais e deve possuir um certo grau de autonomia para raciocinar e tomar decisões por sua própria vontade além de interagir com outros agentes. Por fim, um agente deve possuir um certo grau de independência para resolver um problema, nem que seja uma parte dele.

Não existe uma definição única para o conceito de agente, e isto ocorre porque os autores normalmente ligam a definição ao domínio da aplicação, às formas de cooperação e nos níveis de autonomia. A definição que melhor se adapta ao sistema multiagentes utilizado para a construção de um STI é:

“Um agente é um sistema computacional, posicionado em algum ambiente, que é capaz de agir com autonomia flexível visando atingir os objetivos para o qual foi projetado” (Jennings, 1994).

Existem diversos tipos de agentes, e eles podem ser de software ou de hardware, estacionários ou móveis, persistentes ou temporários, reativos ou cognitivos. Dessa forma, a classificação em acordo ao presente trabalho, e, também, de grande importância é quanto a eles serem reativos ou cognitivos. Os agentes reativos são baseados em modelos de organização biológica ou etológica, como por exemplo, as sociedades de formigas ou cupins. O modelo de funcionamento de um agente reativo é o de estímulo-resposta. Em geral, estes agentes não apresentam memória, não planejam suas ações futuras e não se comunicam com outros agentes, tomando conhecimento das ações dos outros agentes pelas mudanças ocorridas no ambiente. Os agentes cognitivos são baseados em organizações sociais humanas como grupos, hierarquias e mercados. Os agentes possuem uma representação explícita do ambiente e dos outros agentes,

dispõem de memória, e por isto são capazes de planejar ações futuras. Agentes cognitivos podem comunicar-se entre si diretamente, isto é, seus sistemas de percepção e de comunicação são distintos, o que não acontece nos reativos.

3.1 A arquitetura SMA proposta para a construção de um ITS

O emprego de SMA estão sendo utilizados para implementar diversos sistemas ITS, uma vez que cada componente do ambiente pode ser implementado como um agente independente, possuindo facilidades de interação com os outros agentes. A abordagem por agentes possibilita o desenvolvimento de diferentes raciocínios e a integração de várias ações para alcançar um determinado objetivo. Além disso, a utilização de SMA é uma boa opção para reduzir o custo destes sistemas, pois eles favorecem a modularização e a evolução.

Neste contexto, o projeto “Multi-Ecológico” suporta os SMA híbridos que sustentam a arquitetura geral proposta para modelar um ITS que são subdivididos em dois módulos: SMAR (constituídos de agentes reativos) e SMAC (constituídos de agentes cognitivos ou kernel)

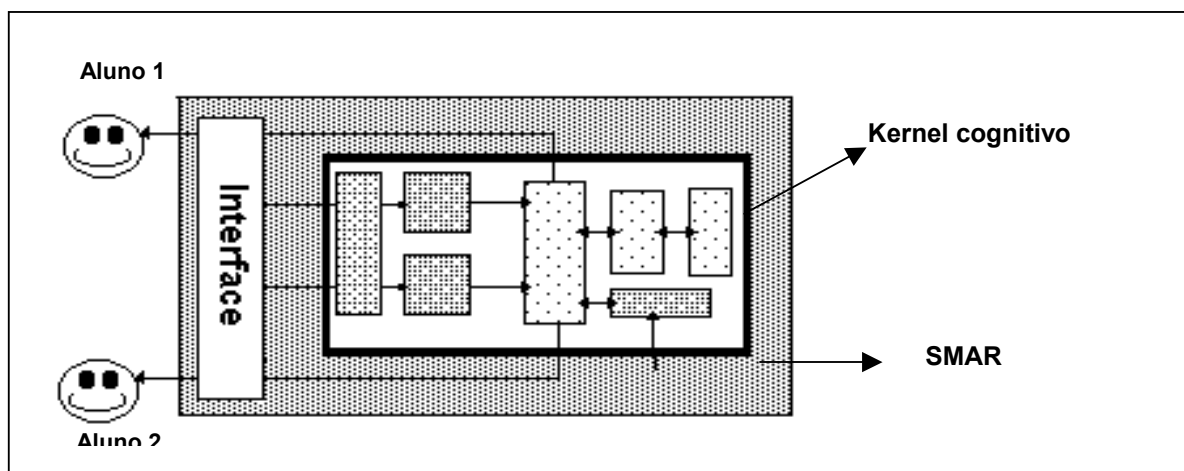


FIGURA 1: ARQUITETURA SMAC e SMAR

No Multi-Ecológico o SMAR é composto pelos elementos do cenário do jogo, constituindo-se de um conjunto de entidades simples (agentes reativos) que não possuem representação do seu ambiente, e foram modelados através do uso de técnicas de orientação para objetos. O SMAC ou kernel cognitivo está baseado num modelo organizacional humano (sociológico) mantendo uma representação explícita do seu ambiente e de outros agentes da sociedade, e, ainda, possui memória do passado, a sua comunicação entre os agentes é feita de modo direto e apresenta um mecanismo de controle deliberativo em que os agentes raciocinam sobre quais objetivos devem alcançar. Por fim, o kernel cognitivo é uma sociedade que contém tipicamente poucos agentes, ao contrário da configuração dos reativos.

Dessa forma, dentro do contexto do “Multi-Ecológico” podemos considerar que os agentes reativos são todos aqueles que sofrem as ações dos elementos poluidores e reagem conforme foram

modelados, e os agentes cognitivos são aqueles que se utilizam de estratégias para agir e possuem um conhecimento do ambiente.

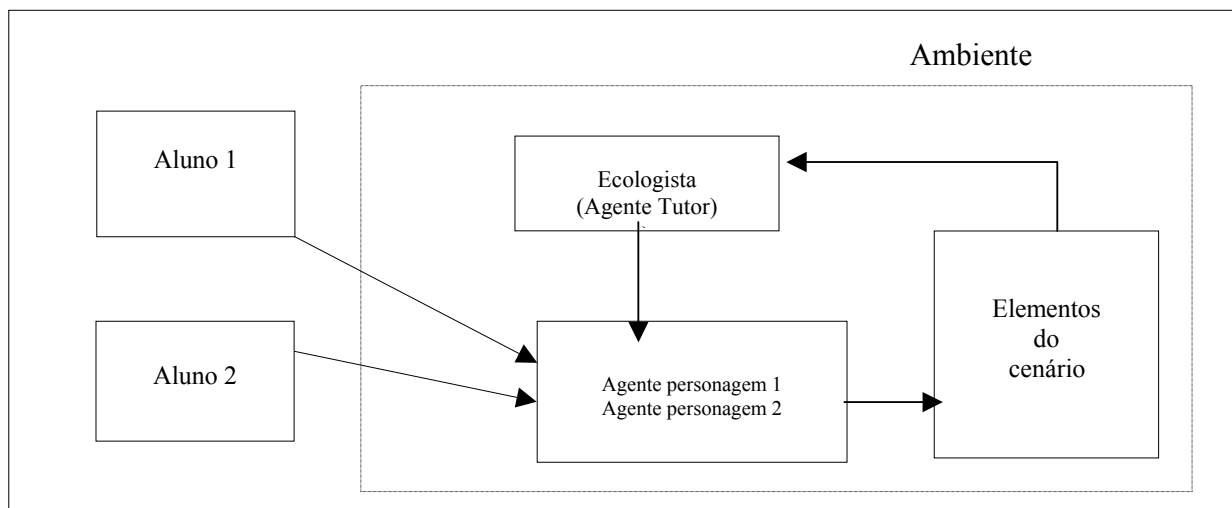


FIGURA 2: DISTRIBUIÇÃO DOS AGENTES NO AMBIENTE

O sistema trabalha com dois tipos de agentes cognitivos (aluno e ecologista), onde trabalham baseados em objetivos (manter o equilíbrio ecológico). A arquitetura montada no sistema para o agente cognitivo (Ecologista) contém planos de ações, crenças e intenções modelados de acordo com um critério específico. Os planos de ações do ecologista foram criados usando informações coletadas de especialistas específicos da área.

4. MODELO DOS AGENTES COM ARQUITETURA SEM

“... é uma arquitetura genérica de agente cognitivo, deliberativo e autônomo, cuja característica fundamental é a especificação do agente através dos estados mentais (crença, desejo, intenção e expectativa)”. (Corrêa, 1994).

Esta proposta dada por Corrêa de uma arquitetura SEM (Sociedade dos Estados Mentais) coloca uma idéia de compreensão que cada agente é obtido através da determinação destes estados mentais.

A mudança de uma arquitetura tradicional de ITS possibilitou maior riqueza na observação do comportamento dos agentes através das mudanças que ocorrem nos estados mentais.

A representação formal e simbólica dos estados mentais dos agentes se baseia na Teoria das Situações desenvolvida por Barwise e Perry, em 1988. Esta teoria favorece o poder de representação dos estados mentais, aumenta o poder explicativo das interações e como consequência fornece uma melhor avaliação das transformações que ocorrem nos processos de ensino e aprendizagem.

O estudo da arquitetura SEM mostrou as possibilidades existentes na modelagem de agentes cognitivos com uso de estados mentais e evidenciou o potencial desta abordagem para tratar as

questões de múltiplas estratégias na construção de um tutor que possa oferecer assistência personalizada levando em consideração o estilo cognitivo do aluno.

A proposta da arquitetura do tutor leva em consideração o paradigma de ensino-aprendizagem centrado no aluno. Aonde se deseja aplicar técnicas e procedimentos da IA para ampliar as possibilidades de adaptação às necessidades do aluno no ambiente educacional

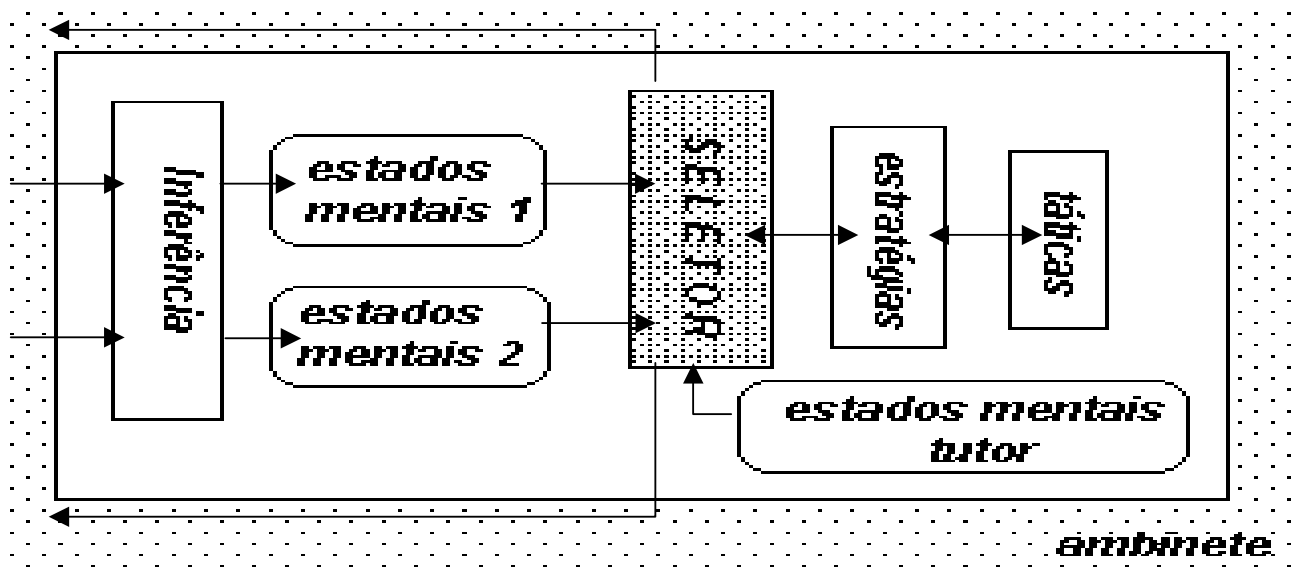


FIGURA 3: ARQUITETURA DO TUTOR

A diferença dessa arquitetura para as demais é a apresentação de um modelo de aluno construído de forma dinâmica, interativa e em tempo real.

5. A CONCEPÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DO MULTI-ECOLÓGICO E A FORMA DE ATUAÇÃO DE SEUS AGENTES

O Multi-Ecológico é versão ampliada e revisada de um projeto chamado Eco-Lógico: Ambiente interativo para o suporte ao ensino de educação ambiental (Giraffa, 1996), onde foi realizado um amplo trabalho interdisciplinar entre um professor de Ecologia de uma escola elementar da cidade de Porto Alegre, um agrônomo da Escola de Agronomia da UFRGS, uma das autoras (Lúcia Giraffa) e dois alunos de trabalho de conclusão do curso de bacharelado em Informática da PUCRS.

O ambiente denominado Eco-Lógico foi implementado na ferramenta multimídia Toolbook e disponibilizado para as escolas da grande Porto Alegre. O acompanhamento das avaliações fornecidas pelos professores e alunos, as características lúdicas e o fato de ser um ambiente que permite a resolução de um problema onde o conhecimento está distribuídos no seus participantes, foram fatores decisivos para que o novo projeto envolvendo a pesquisa do uso de sistemas multiagentes para modelagem e implementação de ILE fosse realizados com base no projeto anterior.

A interação do aluno com o ambiente se dá através de uma atividade lúdica suportada por uma interface gráfica onde os elementos estão colocados de forma atrativa e acessível. Depois da definição da configuração inicial do jogo (elementos que irão causar poluição no lago e personagem), o aluno visualiza um lago em equilíbrio, o qual começa a sofrer ações dos elementos poluentes. O desafio do aluno é manter o equilíbrio e combater a ação dos elementos poluidores através das ferramentas que seu personagem possui. O período de duração do jogo é de 10 minutos (deve-se ao fato do jogo ser realizado durante o período de aula, importante para o planejamento escolar do professor).

O número de peixes nadando no lago é um dos indicadores de que a situação está sob controle e o ecossistema se mantém em equilíbrio. Além disso, o aluno poderá monitorar as condições do ambiente através de um controlador visual chamado Ecômetro (um tipo de termômetro ecológico) para ajudar o usuário na observação das condições do lago. Uma situação de equilíbrio projeta uma coloração verde no Ecômetro. Com a perda gradual do equilíbrio, a coloração torna-se amarela, e, finalmente, quando uma situação de perigo é prevista a coloração torna-se vermelha, sendo que, junto a esta, um alarme começa a soar. O número de plantas e microorganismos que habitam a água e sua transparência demonstram, também, a situação de equilíbrio.

Os peixes, as plantas e os microorganismos seguem um modelo de reprodução, a qual realiza-se quando o nível de equilíbrio do ambiente é mantido, caso contrário, sofrem os efeitos dos diferentes poluentes.

Os peixes são divididos em três grupos: A, B e C. O peixe C se alimenta de A, o peixe A se alimenta de microorganismo e o peixe B se alimenta de plantas. As plantas somente se reproduzem se o PH da água estiver estabilizado, não existindo elementos poluentes hidrossolúveis, e se o solo do lago fornecer nutrientes suficientes. Uma reação em cadeia pode ocorrer se algum destes elementos for afetado.





 Mãe Natureza	 Prefeito
<ul style="list-style-type: none">Acelerar decomposiçãoAdicionar mais plantasTrocar o fundo do lagoIntensificar a luz do sol	<ul style="list-style-type: none">Colocar lixeirasProibição (genérica)MultarRetirar licença
 Pescador	 Turista
<ul style="list-style-type: none">Pescar em área permitidaUtilizar equipamento adequadoRetirar lixo da águaDevolver peixes em reprodução	<ul style="list-style-type: none">Não jogar lixo no chãoNão levar recordações do lagoNadar no lagoTirar fotografias

FIGURA 4: AGENTES COGNITIVOS

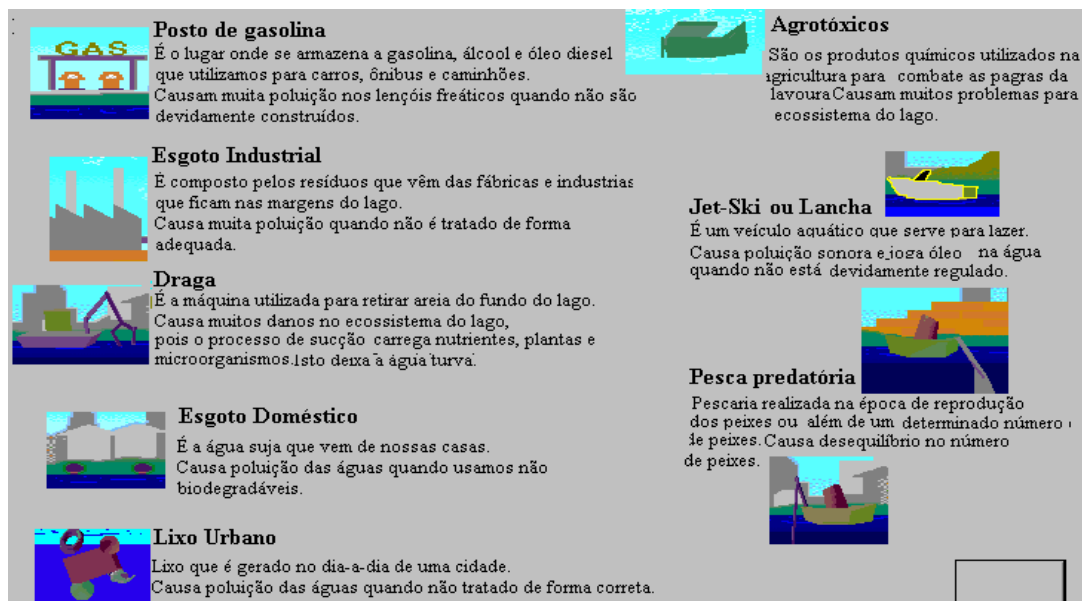


FIGURA 5: AGENTES EXTERNOS

O aluno escolhe um personagem para o representar no sistema e com ajuda do Ecologista combina estratégias para manter o equilíbrio do ambiente.

Por exemplo, se o aluno decide passar a draga no lago duas vezes (elementos poluidores), cada vez que ela passa o ambiente sofre um impacto, ou seja, perda de energia no sistema. O Ecologista e o aluno devem controlar estes efeitos usando as ferramentas de seus personagens. Se o aluno não age o Ecologista também não age e espera a ação do aluno.

Para poder auxiliar o aluno e garantir os objetivos pedagógicos do ambiente, ou seja, que o aluno observe as consequências dos elementos poluidores e as alternativas de combate, o Ecologista atua através de outro personagem. Somente dois personagens podem jogar no sistema ao mesmo tempo. A interferência do Ecologista ocorre sempre no sentido de auxiliar o aluno, mas sempre a partir da tomada de decisão que ele fez. Para evitar que as ações sejam contraditórias e o programa entre num laço do tipo “faz e defaz” foram colocadas algumas regras que o Ecologista deve seguir.

Ao passarmos o ponteiro do mouse sob qualquer elemento do cenário, informações a eles relacionadas aparecem, tais como: descrição de características e seu nível de energia. No caso dos peixes, o nível de energia afeta sua capacidade de reprodução, movimento e saúde.

O jogo é atualizado a cada ação do aluno ou após 30 segundos. O objetivo do processo de simulação é representar os resultados positivos ou negativos das ações do aluno e Ecologista depois do uso das ferramentas dos seus personagens.

Ao final do jogo, pode-se obter sucesso ou não, mas este resultado torna-se menos importante ao se observar a importância no estado cognitivo do aluno, ou seja, a possibilidade do aluno fazer diferentes escolhas e observar sua reação no ambiente, observando as estratégias usadas pelo Ecologista e assim construindo seu próprio conhecimento, testando hipóteses para manutenção do equilíbrio.

Ao término do jogo o Multi-Ecológico fornece um feedback de informação incluindo todas as ações e decisões do aluno e do Ecologista, as ferramentas selecionadas pelos personagens e seus efeitos durante o processo de simulação do jogo. Através desta documentação, o professor pode analisar os resultados de cada um dos alunos, suas crenças, suas mudanças e as estratégias que foram usadas para resolver o problema.



FIGURA 6: Interface do Multi-Ecológico

6. RESPOSTAS AOS QUESTIONAMENTOS DO SEMINÁRIO

1) IA está presente a partir de quando nos programas de ensino-aprendizagem em computação?

R:

CBT → CAI ⇒ ICAI (ITS) ⇒ ILE

Os primeiros sistemas voltados para o ensino através do computador foram o Treinamento Baseado em Computador (CBT - Computer Based Training) e Instrução Baseada em Computador (CAI – Computer Assisted Instructional). Usualmente, estes sistemas geravam conjuntos de

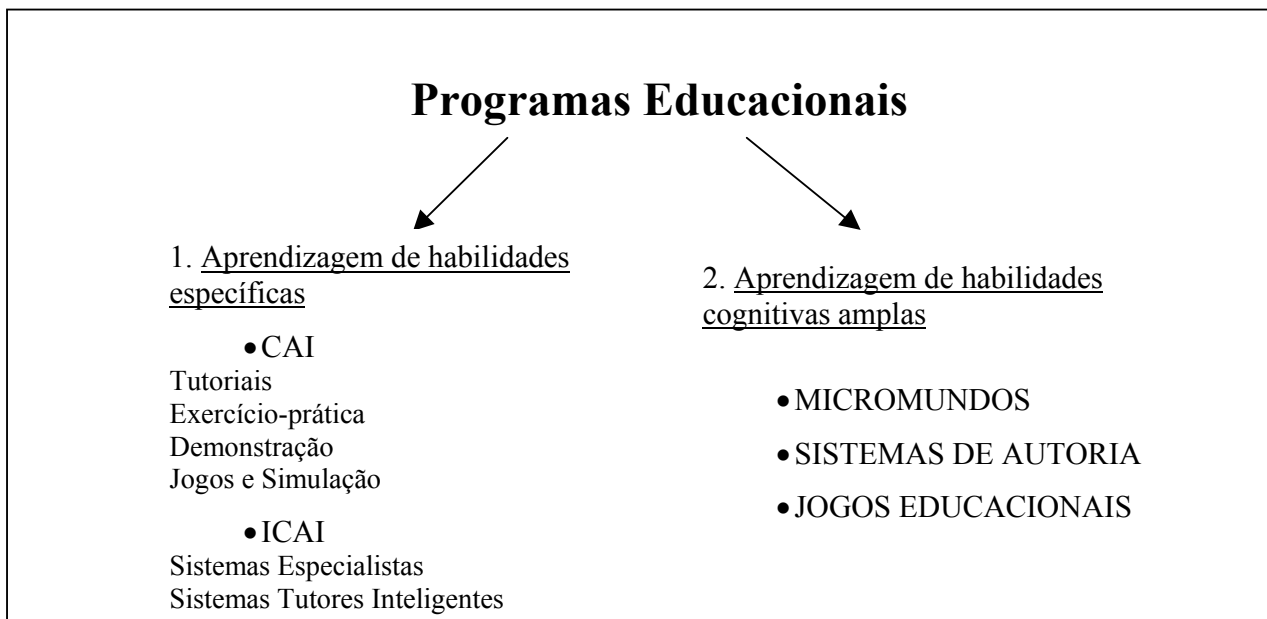
problemas projetados para aumentar o desempenho do estudante em domínios baseados em habilidades, como aritmética e recuperação de vocabulário.

Nestes sistemas, a instrução não era individualizada para as necessidades do estudante. A proposta era apresentar um problema ao estudante, registrar a resposta e avaliar seu desempenho. Enquanto CBT e CAI podiam ser parcialmente efetivos em ajudar os estudantes, eles não forneciam o mesmo tipo de atenção individualizada que podia ser oferecida por um tutor humano (exemplos de projetos que não usam técnicas de IA: Ecologia, desenvolvido pela Ática Multimídia; Decision Environments, desenvolvido por Tom Snyder).

Assim, segundo McArthur (1993), “... esta atenção poderia ser alcançada através de um sistema que pudesse raciocinar sobre o domínio e sobre o estudante”.

Neste sentido, surgiu uma nova proposta de sistemas: os sistemas tutores inteligentes (ITS – Intelligent Tutoring Systems).

Os diversos sistemas tutores inteligentes (ITS) em suas implementações utilizaram agentes inteligentes, uma vez que cada componente do ambiente (Multi- Ecológico, por exemplo) pode ser implementado como um agente independente, possuindo facilidades de interação com os outros agentes, possibilitando o desenvolvimento de diferentes raciocínios e a integração de várias ações para alcançar um determinado objetivo, trabalhando de maneira concorrente e autônoma.



Neste contexto, com o surgimento de novos paradigmas de programação, especialmente o paradigma de agentes, fez com que novas possibilidades de investigação fossem disponibilizadas aos pesquisadores de inteligência artificial em educação (AIED), e tem-se mostrado interessante para pesquisar os aspectos dinâmicos da interação entre o tutor artificial e o aluno, e, também, inerente a dinâmica do sistema (Multi-Ecológico) que foi ampliada e os movimentos são mais próximos dos reais.

2) Que avanço as técnicas de IA (emprego de SMA) foram importantes na melhoria do projeto Multi-Ecológico?

R: A evolução dos sistemas ITS contempla vários aspectos entre eles, a estruturação e a representação do conhecimento.

A arquitetura destes sistemas, que, por exemplo, implementa um ambiente lúdico de aprendizagem inteligente (Multi-Ecológico), começou a mudar com uma nova abordagem pedagógica (método construtivista) e foi reforçada pelo uso das técnicas de agentes para sua modelagem e implementação. O uso de arquiteturas Multiagentes (SMA) permitiu no projeto compor uma sociedade de agentes heterogêneos (reativos e cognitivos) que tivesse um ganho de qualidade tanto no aspecto de representação do domínio, aumentando as possibilidades pedagógicas do ambiente, quanto nas possibilidades de se construir modelos de aluno e tutor artificial mais robustos, onde o dinamismo do sistema e os movimentos se aproximassem dos reais.

Várias vantagens foram obtidas com a utilização das técnicas de IA, mais, ainda, com a forma de emprego de agentes que se preocupa com a interação e comportamento sociais (IAD), estando voltada para a construção de inteligência grupal. Entretanto, limitações se apresentam em qualquer projeto e necessitam de um estudo mais amplo para diminuí-la ou saná-la. Dessa forma, neste projeto a limitação mais importante é em construir um modelo ideal cognitivo do aluno.

3) O que é uma arquitetura SEM (Sociedade dos Estados Mentais) no projeto? O que são estados Mentais? Quais são?

R: Um segmento da pesquisa em IA tem explorado modelos de agentes baseado em crenças, desejos e intenções. As arquiteturas que seguem este paradigma são conhecidas como arquitetura SEM (Sociedade dos Estados Mentais). As idéias básicas da abordagem desta arquitetura é descrever o processamento interno do estado de um agente utilizando um conjunto de categorias mentais (crenças, desejos e intenções) e definir uma arquitetura de controle através da qual o agente seleciona racionalmente o curso de suas ações, onde, também, podem agregar as noções de planos e objetivos.

*** crenças:**

*“ . . . crenças são as visões que o agente possui sobre o ambiente em que ele se encontra ”
(Bratman, 1989).*

“ . . . crença é um estado mental intencional fundamental para as interações dos agentes, com noção idêntica a de conhecimento, cujo conteúdo externo é uma proposição ” (Corrêa, 1994).

Pode ser representado, utilizando-se a Teoria das Situações, como:

$$C = \{ \langle Bel, A, P, l, t, v \rangle \}$$

- Bel é a relação para a representação de crenças;
- A representa o agente;
- P é uma preposição (ie, uma situação);
- l é uma localização espacial (local);
- t é um instante de tempo;
- v 1, se o agente A acredita que a preposição P ocorre no local l e no tempo t
0, se o agente A não acredita que a preposição P ocorre no local l e no tempo t

Para Shoham, 1993., crença é representado por um operador modal B, como:

$$B \begin{matrix} t \\ \varphi, \\ a \end{matrix} \text{ significa que o agente "a", no tempo "t", acredita na sentença } \varphi.$$

* desejos:

“... desejo é uma noção abstrata que especifica as preferências acerca dos estados futuros do mundo ou o curso da ações que o agente possivelmente quer que se verifiquem” (Muller, 1996).

“... desejos são estados disposicionais.” (Corrêa, 1994)

A arquitetura SEM, com base na Teoria das Situações, apresenta o desejo D de uma agente A como um estado mental intencional e motivador, representado pela seguinte situação:

$$D = \{ \langle \text{Des}, A, P, e, l, t, v \rangle \}$$

- Des é a relação para a representação de desejo;
- A representa o agente que possui o desejo;
- P é uma proposição;
- e é uma situação que informa sobre a satisfação, não satisfação, urgência, intensidade e insistência do desejo D
- l é a localização espacial (local) associada à ocorrência do desejo D
- t é o tempo associado à ocorrência do desejo D;
- v 1, se ocorre o desejo D ao agente A
0, se não ocorre o desejo D ao agente A

* **intenções:**

A base para definição do conceito de intenção está fortemente associada aos trabalhos filosóficos de Michael Bratman, 1984. Este autor claramente distingue o conceito de fazer coisas intencionalmente (ação) e possuir intenção de fazê-las (estado mental).

* **expectativa:**

Expectativa é o quarto estado mental associado aos agentes cognitivos que é tratado como uma crença futura do agente.

Segundo Corrêa, 1994., o fenômeno dos pares adjacentes é mais geral e ocorre em qualquer outro tipo de interação dos agentes. O princípio de relevância condicional pode ser estendido a qualquer sequência de ações realizadas pelo agente: *a realização de uma ação pode causar um conjunto de expectativas a respeito das possíveis situações que vão ocorrer no futuro*. Esse autor considera expectativa como um estado mental intencional e motivador, que pode ser representado pela Teoria de Situações da seguinte forma:

$$E = \{ \langle \text{Exp}, A, P, e, l, t, v \rangle \}, \text{ onde:}$$

Exp	é a relação para a representação de expectativa;
A	representa o agente que possui o desejo;
P	é uma preposição;
e	é uma situação que informa sobre a satisfação, não satisfação, urgência, intensidade e insistência da expectativa E;
l	é a localização espacial (local) associada à ocorrência da expectativa E;
t	é o tempo associado à ocorrência da expectativa E;
v	1, se ocorre a expectativa E ao agente A 0, se não ocorre a expectativa E ao agente A.

7. TRABALHOS CORRELATOS

A utilização de sistemas multiagentes em STI's cresceu significativamente nos últimos anos. Alguns trabalhos nesta área, semelhantes ao "Multi-Ecológico", serão apresentados a seguir:

- "MathTutor" é um Sistema Tutor Inteligente em desenvolvimento na Universidade Federal de Santa Catarina, que pretende apresentar os principais conceitos de abstração de dados e de procedimentos aos alunos da disciplina de Fundamentos da Estrutura da Informação, aplicada ao curso de Engenharia de Controle e automação Industrial. MathTutor utiliza a tecnologia dos

agentes cognitivos que permitem gerar um sistema mais perceptivo, aumentando a qualidade sob o ponto de vista pedagógico;

- “Eletrotor III” implementa um ambiente distribuído de ensino-aprendizagem inteligente baseado em uma arquitetura multiagentes. A sociedade é composta por sete agentes, onde cada um deles possui uma função específica. As estratégias de ensino consistem na sequência de conteúdos, de exemplos e de exercícios que serão propostos ao aluno. A avaliação é realizada por uma série de até, no máximo, sete vezes o mesmo tipo de exercícios;
- “ELM-ART Lisp Course” é um outro Sistema Tutor Inteligente desenvolvido na Alemanha. É um STI na web para dar suporte ao ensino da linguagem de programação Lisp. O sistema é dividido em subseções associadas com conceitos a serem estudados. Todas as interações do estudante são registradas em um modelo individual autônomo;
- “MATHEMA” é um ambiente interativo concebido para apoiar atividades que venham a favorecer um ensino adaptativo e seus desdobramento no processo de aprendizagem. Foi concebido (Costa, 1997) numa estrutura através de uma abordagem baseada nos SMA;
- AME-A (Ambiente Multiagente de Ensino-Aprendizagem), apresenta uma proposta de uma sociedade de agentes, em que todos são autônomos e se comunicam através de mensagens. Nesta sociedade proposta (D’AMICO, 1999) é permitido a coexistência de vários agentes aprendizes.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente as pesquisas em STI ou ambientes de ensino-aprendizagem, preocupam-se com a construção de ambientes que possibilitem um aprendizado mais eficiente. A tecnologia dos agentes tornou os STI mais adaptados às necessidades e características individuais de cada aluno.

O Multi-Ecológico utiliza um arquitetura de SMA visando obter um sistema com maior qualidade e flexibilidade seja sob a ótica do aluno ou do tutor.

Construir os agentes e colocá-los em operação de acordo com sua modelagem e funcionalidades propostas é uma tarefa complexa.

A interação entre aluno e tutor tenta se aproximar cada vez mais da interação aluno professor tornando o sistema uma extensão da sala de aula e fazendo com que esta interação ocorra de maneira mais natural possível. Contudo existe uma lacuna em relação a modelagem do aluno, por exemplo, quando o professor percebe uma determinada expressão na face do aluno que o tutor não é capaz de perceber. Por fatores semelhantes a estes, a modelagem do aluno têm sido o foco de pesquisa nos últimos anos na área de STI’s.

A busca por novos paradigmas trouxe para a IAD a tecnologia dos agentes, que são utilizados com finalidades distintas em diversas áreas, mas que em muito tem contribuído para o crescimento dos STI.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ❖ *Agentes Inteligentes de software*, Mineo.
- ❖ COSTA, Marcelo T. *Inteligência Artificial no ensino*. Capítulo II.

- ❖ CORRÊA, M. *A arquitetura de diálogo entre agentes cognitivos distribuídos.* Rio de Janeiro: UFRJ, 1994. (Tese de Doutorado).
- ❖ GIRAFFA, Lucia M; NUNES, Maria A; VICCARI, Rosa M. *Educação Ambiental suportada por um ambiente de Ensino Inteligente.* Rio Grande do Sul: PUCRS,1998.
- ❖ JENNINGS, N. R. *Cooperation in Industrial Multi-agent Systems.* World Scientific, 1994.
- ❖ HUBNER, Joni; SICHMAN, Jaime; BECERRA, Jorge. *Aplicação da arquitetura de objetos distribuídos em sistemas Multi-Agentes.* São Paulo: USP.
- ❖ LUGO, Gustavo G; HUBNERLY, Jomi F; SICHAMAN, Jaime S. *Representação e evolução de esquemas sociais em SMA: um enfoque funcional.* São Paulo: USP, 2003.
- ❖ RUYBAL, Carmen L; SICHMAN, Jaime S. *Significado e representação de organização em Sistemas Multi-agentes.* São Paulo: CTA/USP, 2003.