

---

# Uma ferramenta de análise do desempenho de estudantes baseada em SMA e lógica *Fuzzy*

Gustavo Pereira Mateus<sup>1</sup>, Beatriz Wilges<sup>1</sup>, Silvia Nassar<sup>1</sup>, Ricardo Silveira<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Depto de Informática e Estatística – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)  
CEP: 88040-970 – Florianópolis – SC – Brazil

{gpmateus,beaw,silvia,silveira}@inf.ufsc.br

**Abstract.** *This work develops the idea of implementing BDI agents to provide performance analysis of students through the use of Fuzzy logic. The objective of this analysis is to guide students to more appropriate and beneficial environment usage. Thus Fuzzy logic was used, as it can express beliefs as the student's learning level. The focus of this research is to build a BDI architecture that can be integrated to any Virtual Learning Environment (VLE). The architecture of the Multiagent System (MAS) used in this work was implemented in a web environment developed in PHP. The results of the integration of these technologies and the proposal to adapt the VLE are presented in this article.*

**Resumo.** *Este trabalho desenvolve a idéia de implementar agentes BDI para fornecer análise do desempenho dos estudantes através do uso da lógica Fuzzy. O objetivo dessa análise é conduzir o estudante para uma utilização mais apropriada do ambiente. Para isso a lógica Fuzzy foi utilizada já que ela pode expressar crenças sobre o nível de conhecimento do estudante. O foco dessa pesquisa é construir uma arquitetura BDI que pode ser integrada a qualquer Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA). A arquitetura de Sistemas Multiagentes (SMA) utilizada nessa pesquisa foi implementada em um ambiente web desenvolvido em PHP. Os resultados da integração destas tecnologias bem como a proposta de adaptar o AVA são apresentados nesse artigo.*

## 1. Introdução

Implementar agentes *belief-desire-intention* (BDI) em um Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) envolve a definição de quais serão as crenças, desejos e intenções dos agentes dentro do ambiente. Essa pesquisa propõe que as crenças representem o nível de conhecimento que o agente presume que o estudante tenha sobre um conteúdo específico. Os desejos do agente são estimular e ajudar o estudante no processo de aprendizagem, através de mensagens de apoio e dicas de utilização do ambiente. Enquanto que as intenções estão relacionadas com o modo como os agentes vão conduzir os estudantes aos módulos mais adequados do ambiente.

Segundo Reategui (2006), Sistemas Multiagentes (SMA) são utilizados como uma alternativa eficiente na modelagem de ambientes virtuais de aprendizagem interativos. Além disso, segundo Oliveira (1996), os princípios dos SMA mostram-se

---

bastante adequados ao desenvolvimento de ambientes computacionais de ensino, tendo em vista que o problema de ensino-aprendizagem é de natureza social e cooperativa.

Neste trabalho é desenvolvido um módulo em um sistema para a Educação a Distância (EAD) que incorpora técnicas de modelagem baseadas em agentes. A utilização de Inteligência Artificial (IA) e a arquitetura de Sistemas Multiagentes dentro de AVAs pode ser uma forma de diversificar os instrumentos de apoio dos AVAs. Com esse intuito pretende-se atender às necessidades pedagógicas e tecnológicas da infraestrutura do ambiente em questão.

Em diversas pesquisas como de Giraffa (1998) e Viccari (1997), já era mencionado o uso de técnicas de IA com o objetivo de desenvolver sistemas computacionais de ensino. Sistemas com capacidade de adaptação ao contexto e personalização do ambiente de acordo com as características dos aprendizes. Além disso, nesses sistemas gera-se um alto grau de interatividade entre o ambiente e os usuários com um controle maior das sessões de aprendizagem em ambientes multiusuários.

Este trabalho é direcionado para o modelo de agentes *belief-desire-intention* (BDI) [Georgeff 1999]. Os conceitos deste modelo foram inicialmente propostos por Bratman (1987). O modelo consiste de crenças, desejos e intenções. Isso envolve as atitudes mentais que geram a ação humana. Rao e Georgeff (1995) adaptaram o modelo proposto por Bratman, transformando-o em uma teoria formal e um modelo de execução para agentes de software baseados na noção de crenças, objetivos e planos.

No modelo BDI as ações são derivadas a partir de um processo chamado raciocínio prático, o qual é constituído de dois passos. No primeiro passo, deliberação (de objetivos), faz-se a seleção de um conjunto de desejos que devem ser alcançados, de acordo com a situação atual das crenças do agente. O segundo passo é responsável pela determinação de como esses desejos concretos, produzidos como resultado do passo anterior, podem ser atingidos através do uso dos meios disponíveis ao agente.

Uma das possibilidades de criar um modelo de adaptação para AVA baseado em SMA envolve selecionar as características que são implementadas na maioria dos ambientes de aprendizagem. Nessa perspectiva este trabalho busca o desenvolvimento de uma proposta que possa consolidar as características gerais que são necessárias para a implementação dos agentes. Tais características poderiam envolver, por exemplo, o registro de *logs* e avaliações do desempenho de estudantes através de tarefas como os questionários.

Com esses atributos é possível criar uma comunidade de agentes que trabalhem essas características e identifiquem o perfil do estudante. Além disso, a comunicação entre os agentes pode, a todo o momento, adaptar a estratégia pedagógica de acordo com o perfil identificado. Para identificar as características do processo de ensino-aprendizagem de um determinado estudante foi aplicado a lógica fuzzy. De acordo com Jameson (1995), a lógica Fuzzy exige poucos cálculos e é mais fácil de inicializar e atualizar o modelo do aluno.

Além desta seção introdutória, este artigo está organizado com uma seção sobre o AVA utilizado como estudo de caso na seção 2. Na seção 3 são apresentadas a metodologia e a proposta desta pesquisa de agentes BDI e lógica *Fuzzy*. Na seção 4 são

mostrados os trabalhos relacionados com esta pesquisa e na seção 5 são realizadas as conclusões.

## 2. O Ambiente Virtual de Aprendizagem

Esse trabalho resgata propostas iniciais apresentadas por Wilges (2007) sobre o caminho de aprendizagem do estudante e a tentativa de adaptar a interface do AVA de acordo com a identificação do perfil do mesmo. Para isso são considerados o tempo de acesso e as respostas de um questionário de conteúdo avaliativo. Neste contexto insere-se a presente pesquisa, que desenvolve uma interface de comunicação de agentes BDI para conduzir o estudante durante seu processo de ensino-aprendizagem.

O Ambiente Virtual de Aprendizagem utilizado como estudo de caso e validação desta pesquisa chama-se SStatNet [Oliveira 2006]. Ele é considerado um ambiente flexível de ensino-aprendizagem de Estatística por meio da web. O SStatNet se encontra disponível no endereço <http://www.sestat.net>. A Figura 1 apresenta a interface desse sistema.

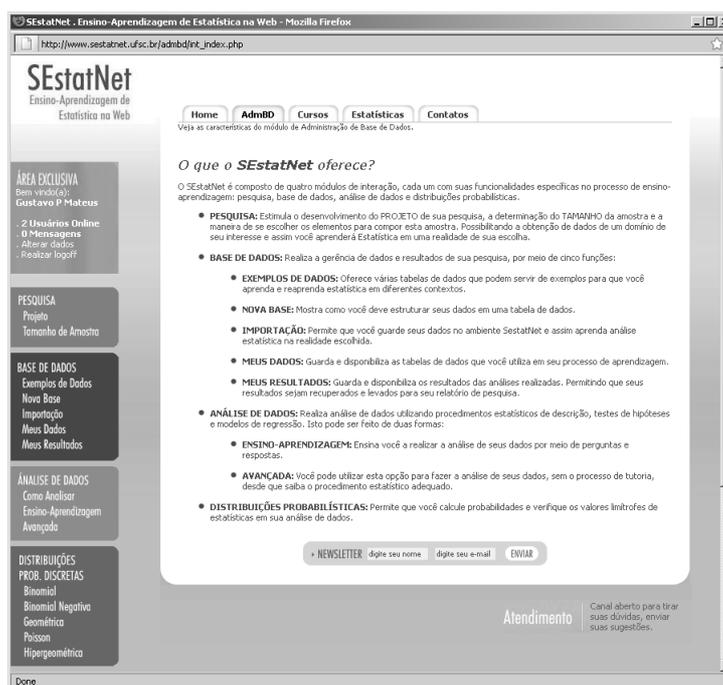


Figura 1. Interface do ambiente.

Esse ambiente é usado na disciplina de Estatística pelos estudantes de engenharia da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Nele, o estudante é conduzido a projetar uma pesquisa de coleta de dados que é posteriormente digitalizada em uma planilha e importada para o ambiente.

Dentro desse AVA o estudante pode trabalhar seus dados de pesquisa em diferentes módulos. Inicialmente o estudante aprende o conteúdo Estatístico guiado pelo Mapa Conceitual (MC) do AVA. O MC é um mapa que contém os tópicos principais e

---

respectivos subtópicos abordados no curso de Estatística. Nesse módulo de tutoria o estudante tem total liberdade para escolher seus caminhos de aprendizagem. O MC mostra ao estudante, em formato de árvore de decisão, o caminho de navegação que uma dada interação percorre até chegar ao resultado estatístico final, e também os caminhos que o sistema pode seguir no caso de respostas diferentes. Essa característica tem como objetivo localizar o estudante dentro do raciocínio estatístico. No módulo avançado do AVA o estudante aplica diretamente, sobre seus dados, a análise desejada, sem o apoio do módulo tutoria. Normalmente este módulo só é usado pelos estudantes depois que eles se sentem seguros sobre as análises que desejam realizar.

### 3. Implementação da arquitetura de agentes BDI em um AVA

Como a arquitetura desenvolvida está baseada em características gerais obtidas do AVA foi necessário definir e especificar os diferentes agentes envolvidos nesta arquitetura. De acordo com Weiss (1999), em Sistemas Multiagentes os agentes se comunicam e interagem para alcançarem objetivos comuns e individuais. Considerando que o foco dos agentes BDI está centrado na análise que os mesmos farão sobre os dados dos estudantes obtidos do banco de dados do AVA. Foram identificados os seguintes agentes: estudante, avaliação, tutoria e avançado.

O sistema é implementado com a linguagem de programação PHP e o banco de dados MySQL. Ambas as tecnologias adotadas nesta pesquisa são baseadas em software livre. Além disso, toda proposta do ambiente SStatNet já foi desenvolvida sobre essas duas tecnologias, incluindo a linguagem de programação PERL.

Alguns destes agentes são extremamente simples, necessitando apenas de consultas a determinadas tabelas de um banco de dados do sistema. Nesse contexto inserem-se os agentes “tutoria” e “avaliação”, que apenas coletam informações de utilização do ambiente. Os demais agentes, bem como o funcionamento de cada um deles serão descritos na Figura 2.

A aplicação do modelo BDI, nessa pesquisa, envolve a definição de como podem ser criados e manipulados os agentes dentro de um AVA. Agentes BDI têm crenças, que são armazenadas em uma base de crenças. Objetivos representam motivações concretas, como, por exemplo, estados a serem atingidos, e influenciam no comportamento do agente. Para atingir seus objetivos, os agentes executam planos. A arquitetura do SMA desta pesquisa é especificada pela Figura 2.

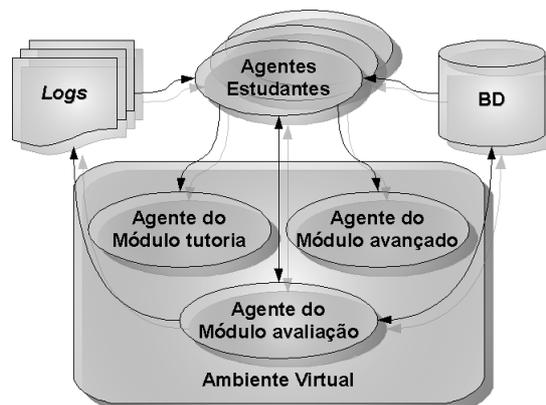


Figura 2. Arquitetura do SMA.

A arquitetura projetada utiliza 4 (quatro) tipos de agentes, denominados de “estudante”, “avaliação”, “tutoria” e “avançado”. Para cada estudante que utiliza o ambiente existe uma instância do “agente estudante”. Os agentes “avaliação”, “tutoria” e “avançado” representam os recursos disponíveis para o estudante no ambiente. Inicialmente os estudantes interagem no ambiente com os módulos de tutoria e avaliação que registram suas interações através de arquivos de *log*, armazenando as ações do estudante no AVA. Além das questões respondidas e salvas na base de dados os agentes, que representam os estudantes, atualizam suas bases de crenças com informações a respeito do desempenho dos estudantes, obtidas dos arquivos de *log* e das questões respondidas.

Com o objetivo de indicar o módulo mais adequado ao estudante, o agente estudante processa as informações obtidas, através de planos de ação, e inicia a troca de mensagens com o agente do módulo tutoria ou com o agente do módulo avançado. Assim o estudante é conduzido a utilizar o módulo que mais se adapta ao seu nível de aprendizagem. As Figuras 3 e 4 mostram a interface dos módulos de tutoria e avançado respectivamente.

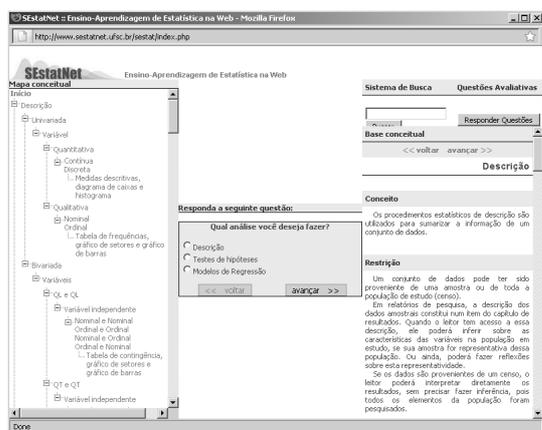


Figura 3. Módulo Tutoria.

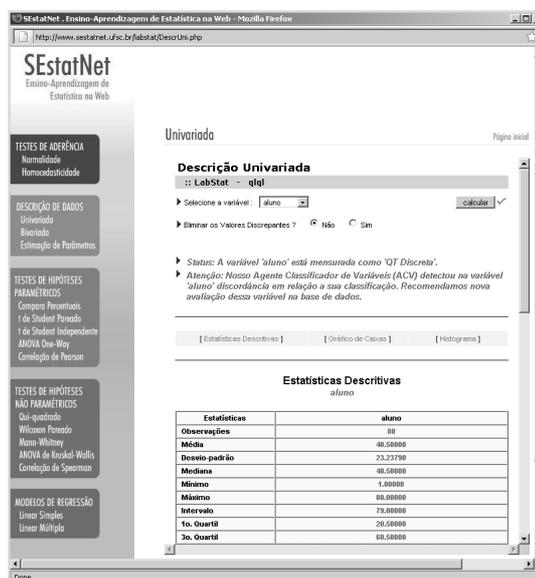


Figura 4. Módulo Avançado.

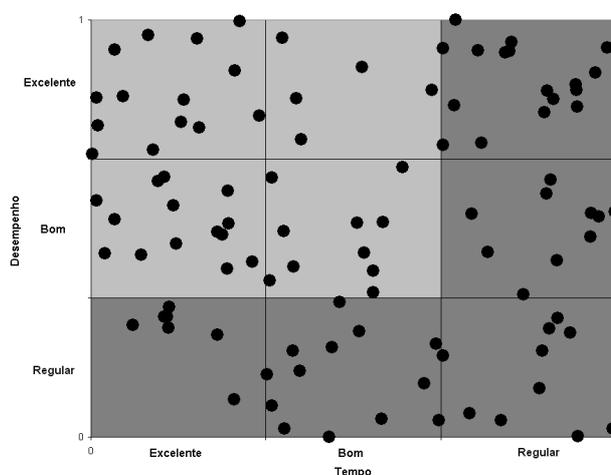
### 3.1. A utilização da lógica *Fuzzy* para definir o perfil do estudante

Muitas características dos usuários são armazenadas no servidor do AVA. Essas características correspondem ao tempo de sessão nas páginas observadas pelos estudantes, o desempenho deles no questionário avaliativo, o tempo utilizado para

---

responder o questionário entre outras informações. Aplicar essas informações para melhorar a interface no AVA é o objetivo deste trabalho. Para isso tem-se utilizado da abordagem de lógica *Fuzzy*.

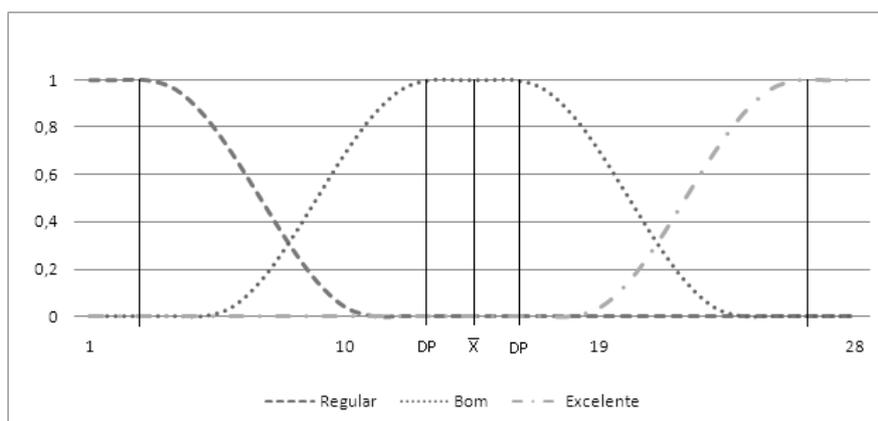
Considera-se que alguns estudantes possuem um desempenho melhor que os outros no sistema de avaliação. Portanto, nessa pesquisa foi considerado um mapeamento dessas diferentes características entre os estudantes. Considerou-se pertinente perceber o movimento de aprendizagem conjunto dos estudantes para caracterizar dinamicamente a faixa de aprendizagem onde um determinado estudante deveria estar. Além disso, era necessário extrair os diferentes estados que podem levar a caracterização do perfil do estudante. O mapeamento na Figura 5 apresenta os possíveis estados considerados.



**Figura 5. Mapeamento de estados.**

De acordo com a Figura 5 os estados possíveis são regular, bom e excelente para as duas variáveis consideradas: tempo e desempenho. Os pontos na região clara representam os estudantes com desempenho/tempo aceitáveis e os pontos na região escura representam estudantes com mais dificuldades. Assim, o ambiente agirá de formas diferentes, pois será guiado pelo perfil do estudante.

As variáveis lingüísticas utilizadas “tempo” e “desempenho” cujas classes são “regular”, “bom” e “excelente” foram modeladas utilizando lógica *Fuzzy*. A lógica *Fuzzy* permite expressar as crenças sobre o nível de conhecimento do estudante. Para cada conjunto é criada uma função de pertinência, que indica o grau de pertinência de seus elementos. As funções de pertinência das classes são apresentadas na Figura 6.



**Figura 6. Funções de pertinência.**

Os parâmetros das funções de pertinência da Figura 6 são obtidos dinamicamente por meio da média e desvio padrão das variáveis extraídas das sessões dos estudantes e/ou da turma. Assim as regras de inferência *Fuzzy* são aplicadas nas variáveis lingüísticas para determinar os objetivos dos agentes em conduzir o estudante para o módulo “tutoria” ou para o módulo “avançado”. Este raciocínio é feito no agente “estudante”, pois ele coleta todas as informações de utilização do ambiente obtidas a partir de outros agentes.

#### **4. Trabalhos relacionados**

Um ponto central e de grande interesse de diversas pesquisas tem sido a possibilidade de construir AVAs baseados em SMA para garantir suporte ao aprendizado e adaptação às experiências requisitadas pelos estudantes. Muitas pesquisas têm a preocupação de minimizar as tarefas do professor na identificação das dificuldades de aprendizagem dos estudantes.

Em trabalhos como de Piva Jr. et al (2005) já se mencionava a implementação de um mecanismo que, além de facilitar o processo de avaliação dos estudantes, procurava por casos similares ocorridos com outros estudantes em situações passadas semelhantes. Esse mecanismo permitia que o sistema redefinisse o conteúdo a que o estudante era submetido, para eliminar as deficiências detectadas durante a avaliação formativa, sem a necessidade de uma maior intervenção do professor.

Nesta pesquisa também tem-se a intenção de gerar resultados ao professor no intuito de beneficiar o processo de ensino-aprendizagem como um todo. Para isso, O SMA implementado carrega as informações do perfil do estudante e o direciona ao módulo de aprendizagem mais conveniente. Todo esse movimento é registrado e pode ser verificado pelo professor para que o mesmo possa acompanhar a turma de um modo geral. Além disso, o comportamento do sistema é adaptado ao perfil do estudante de acordo com regras que são definidas por meio da utilização da técnica de lógica *Fuzzy*. De modo que, dinamicamente, o estudante seja orientado a estudar no módulo mais adequado ao seu processo de aprendizagem.

---

Na pesquisa de Vahldick, Santiago e Raabe (2008) já era exemplificado os resultados do uso da Lógica Fuzzy (LF) em Ambientes Inteligentes de Aprendizagem (AIA). No trabalho deles foi especificado onde que a lógica *Fuzzy* tem sido implementada no desenvolvimento desses AIA. Tendo sido um forte auxílio na adoção dessa técnica de IA para esta pesquisa.

Além do mais, o desenvolvimento dessa pesquisa busca na implementação de agentes BDI a possibilidade de modelar o conhecimento baseado em estados mentais. O que seria semelhante ao raciocínio humano, que tem sido investido em várias pesquisas. Na pesquisa de Bavaresco (2008) é implementado um modelo de agentes BDI para criação de Objetos Inteligentes de Aprendizagem. Da mesma forma, a pesquisa de Bavaresco (2008), tem o objetivo de gerar resultados de acompanhamento para o professor. Isto porque os objetos inteligentes de aprendizagem (OIA) desenvolvidos por ele têm a capacidade de fornecer informações do estudante para o professor. Entende-se que um OIA é uma entidade que consiste de um agente capaz de desempenhar o papel de um objeto de aprendizagem. [Silveira et al., 2006]

## 5. Conclusões

Muitos AVAs têm a preocupação de construir uma arquitetura de agentes que possuam a capacidade de raciocínio. Assim, essa proposta da arquitetura BDI, que modela agentes com crenças, desejos e intenções, viabiliza a implementação destes agentes em um AVA que é diretamente utilizado pelos estudantes. Os agentes BDI permitem gerenciar os recursos do AVA, realizando um movimento de aprendizagem que é direcionado para diferentes módulos do AVA de acordo com o perfil do usuário.

O agente estudante percebe o usuário por meio do reconhecimento de seu perfil ao navegar no AVA. O uso de lógica *Fuzzy* na análise do perfil do estudante pode flexibilizar a categorização do processo de ensino-aprendizagem do mesmo. Não sendo, simplesmente, um tratamento “*crisp*” do tipo certo e errado e sim um valor lógico difuso que pode ser qualquer valor no intervalo entre 0 e 1. Depois desse processo de *fuzzificação*, o agente *Fuzzy* envolvido nesse processo comunica o agente responsável por determinar o recurso mais adequado a ser ativado. Este processo ocorre de forma dinâmica e transparente a cada ação do usuário no ambiente.

Desta forma, o estudante tem um monitoramento mais adequado e principalmente adaptado as suas características. Isso significa que o processo de ensino-aprendizagem ganha um personagem ativo dentro do AVA e não mais apenas passivo. Assim, o estudante passa a ter conhecimento das informações e aprende a aplicá-las corretamente. Isso acontece porque a arquitetura BDI dos agentes resgata dentro do AVA características essenciais do processo de aprendizagem. Como, por exemplo, prender a atenção do estudante, testar o estudante para verificar se ele entendeu os conceitos apresentados, além de enviar mensagens ao estudante sugerindo que ele avance dentro do AVA, pois o mesmo possui um desempenho favorável.

Como trabalhos futuros pretende-se integrar as mesmas técnicas descritas nesta pesquisa em outros ambientes virtuais como, por exemplo, o *Moodle* [Moodle, 2009]. Já que muitas instituições de ensino e centros de formação estão adaptando a plataforma *Moodle* aos próprios conteúdos, com sucesso, não apenas para cursos totalmente virtuais, mas também como apoio aos cursos presenciais [Wikipedia, 2009].

---

## References

- Bavaresco, Natanael; da Silva, Júlia M. C.; Silveira, Ricardo Azambuja. Modelo de agentes BDI para criação de Objetos Inteligentes de Aprendizagem. Simpósio Brasileiro de informática na Educação. SBIE. 2008.
- Bratman, M. E. Intention, Plans, and Practical Reason. Cambridge, MA. 1987
- Georgeff, M., Pell, B., Pollack, M., Tambe, M., and Wooldridge, M. The belief desire intention model of agency. In Proceedings of the 5th International Workshop on Intelligent Agents V: Agent Theories, Architectures, and Languages, Springer-Verlag: Heidelberg, Germany. 1999
- Giraffa, L.M.M. Uma arquitetura de tutor utilizando estados mentais. 1999. 177 p. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) CPGCC/UFRGS, Porto Alegre.
- Jameson, A. (1995) "Numerical Uncertainty Management In User And Student Modeling: An Overview Of Systems And Issues", In: User Modeling And User-Adapted Interaction, 5, p. 193-251.
- Moodle. Disponível em: <<http://www.moodle.org.br/>> acesso em: 16 ago de 2009
- Oliveira, F. M.; Vicari, R. M. (1996) "Are learning systems distributed or social systems." In: European Conference on AI in Education. Lisbon: [s.n].
- Oliveira, C. A., Nassar, S. M., Tenório, Buscioli, M., and Wronski, V. R. The sestatnet perspective - from a statistical applied tool towards a whole educational tool. In 9th International Conference on Engineering Education. ICEE. 2006
- Piva Jr, Dilermando; Miskulin, Mauro Sérgio; Freitas, Ricardo Luís de; Tobar, Carlos Miguel. AUXILIAR: UM SISTEMA INTELIGENTE PARA CURSOS ONLINE. Revista Brasileira de Informática na Educação. RBIE. Volume 13 - Número 1. 2005
- Rao, A. S. and Georgeff, M. P. Bdi-agents: from theory to practice. In Proceedings of the First Intl. Conference on Multiagent Systems, San Francisco. 1995
- Reategui, Eliseo; Boff, Elisa; Ceron, Rafael Fernando; Vicari, Rosa Maria. Um Agente Animado Sócio-Afetivo para Ambientes de Aprendizagem. Revista Brasileira de Informática na Educação – Edição Especial Aprendizagem Colaborativa. v. 14 n.3. Setembro-Dezembro de 2006. p27-38.
- Silveira, R. A.; Gomes, E. R.; Vicari, R. "Improving Interoperability Among Learning Objects Using FIPA Agent Communication Framework". In: IFIP World Computer Conference - WCC, 2006, Santiago. Professional Practice in Artificial Intelligence. Berlin : Springer, 2006. p. 51-60.
- Vahldick, Adilson; Santiago, Rafael de; Raabe, André L.A. O Uso de Técnicas Fuzzy em Ambientes Inteligentes de Aprendizagem. In: XIX Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, Fortaleza, 2008.
- Vicari, R.M. Artificial Intelligence and Educational Systems. Journal of School n. 2 of Olivais, vol. 1, 1988.

---

Weiss, G. (1999). Multiagent systems - a modern approach to distributed artificial intelligent. MIT Press, Cambridge, MA.

Wilges, B., Mateus, G. P., Nassar, S. M., and Silveira, R. A. Um modelo de ambiente de educação a distância guiado pelo caminho de aprendizagem do estudante. In Simpósio Brasileiro de Informática na Educação. SBIE. 2007

Wikipedia. Moodle. Disponível em< <http://pt.wikipedia.org/wiki/Moodle>> acesso em: 16 de ago 2009.