



Reconhecendo as características dos estudantes por meio de um SMA e lógica Fuzzy *

Gustavo Pereira Mateus, UFSC/(PPGCC), gpmateus@gmail.com
Beatriz Wilges, UFSC/(PGEGC), beaw@inf.ufsc.br
Sílvia Modesto Nassar, UFSC/(PPGCC), silvia@inf.ufsc.br
Ricardo Azambuja Silveira, UFSC/(PPGCC), silveira@inf.ufsc.br
Rogério Cid Bastos, UFSC/(PGEGC), rogerio@inf.ufsc.br

Resumo: A proposta deste trabalho contempla uma comunidade de agentes BDI aplicando lógica fuzzy no intuito de classificar estudantes em grupos pré-determinados. O objetivo dessa classificação é conduzir o estudante para uma utilização mais apropriada do ambiente de ensino-aprendizagem. Neste intuito utilizou-se a lógica fuzzy, pois ela permite modelar crenças sobre o nível de conhecimento do estudante. Os parâmetros do modelo proposto foram extraídos por meio de análise estatística. O foco dessa pesquisa é construir uma arquitetura BDI genérica o suficiente para que possa ser integrada a qualquer Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA). A arquitetura de Sistemas Multiagentes (SMA) foi implementada em um ambiente web desenvolvido em PHP. Os resultados da integração destas tecnologias bem como a proposta de adaptar o AVA foram validados pela comparação entre o desempenho fuzzy estimado pelo AVA e o desempenho nas avaliações presenciais. E indicam uma forte correlação entre os resultados das avaliações, o que pode contribuir com o processo de ensino-aprendizagem dos estudantes, principalmente para aqueles que sentem mais dificuldades na aprendizagem.

Palavras-chave: Agente BDI, análise do desempenho, lógica fuzzy.

Abstract: *The proposal of this work is to describe a community of BDI agents that apply fuzzy logic in order to classify students into predetermined groups. The purpose of this classification is to lead the student to a more appropriate use of the teaching learning environment. Thus fuzzy logic was used because it allows modeling beliefs about the student's knowledge level. All parameters of this model were extracted using statistical analysis. The focus of this research is to build generic BDI architecture that can be integrated into any Virtual Learning Environment (VLE). The Multiagent System (MAS) architecture was implemented in a web environment which was developed in PHP. The results of the integration of these technologies as well as the proposal to adapt the VLE were validated by comparing the fuzzy performance estimated by the VLE and the performance of the evaluations. The results of this research show a strong correlation between the results the evaluations and the output of the fuzzy system. This may contribute to the process of teaching and learning of students, especially those who experience more difficulties while learning.*

Recognizing the characteristics of students through an SMA and fuzzy logic

Keywords: *BDI agent, performance analysis, fuzzy logic.*

* Trabalho apresentado no congresso do SBIE, intitulado: Uma ferramenta de análise do desempenho de estudantes baseada em SMA e lógica Fuzzy

1. Introdução

A proposta dessa pesquisa vem sendo desenvolvida, adaptada e avaliada por um grupo de pesquisa que busca criar um modelo de adaptação para Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA), um desafio em constante evolução. A possibilidade de gerar um modelo de adaptação para os AVAs envolve técnicas de IA que já estão bem consolidadas: SMA e lógica fuzzy. Essa pesquisa enfatiza e trabalha com as características que são implementadas na maioria dos ambientes de aprendizagem. Dessa forma o desenvolvimento dessa proposta não está focado somente no ambiente em que são feitas as validações, mas sim na perspectiva de que qualquer AVA possa implementar este modelo adaptativo. Essas características poderiam envolver, por exemplo, o registro de logs e as avaliações do desempenho de estudantes através de tarefas como os questionários.

De acordo com Reategui (2006), Sistemas Multiagentes (SMA) são utilizados como uma alternativa eficiente na modelagem de AVAs interativos. Além disso, segundo Oliveira (1996), os princípios dos SMA mostram-se bastante adequados ao desenvolvimento de ambientes computacionais, tendo em vista que o problema de ensino-aprendizagem é de natureza social e cooperativa.

O termo “agente” é compreendido pela comunidade científica como um programa de software que auxilia o usuário na realização de alguma tarefa ou atividade (Wooldridge, 2002), sendo dotado de inteligência e autonomia. A autonomia, neste caso, significa que cada agente possui sua própria existência, operando sem a intervenção de humanos ou outros agentes e tem controle sobre suas ações e seu estado interno.

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 (1987), transformando-o em uma teoria formal e um modelo de execução para agentes de software baseados na noção de crenças, objetivos e planos.

Para reconhecer a qual tipo de categoria um determinado estudante pertence foi aplicada 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. Ainda assim, os resultados que o sistema atribui para um determinado estudante são constantemente analisados.

O interesse deste trabalho é apoiado por um ambiente de aprendizagem desenvolvido no Laboratório de Estatística Aplicada (LEA, 2007) desde 1996. O objetivo do AVA é o desenvolvimento de projetos e idéias que possam agregar conhecimentos de estatística para estudantes de graduação e pós-graduação. Esse AVA utilizado como estudo de caso e validação desta pesquisa é denominado SEstatNet (Oliveira, 2006). Ele é considerado um ambiente flexível de ensino-aprendizagem de Estatística por meio da web. O SEstatNet se encontra disponível no endereço <http://www.sestat.net>.

2. Os módulos do AVA

O SestatNet é usado para ensino semipresencial na disciplina de estatística pelos estudantes de engenharia da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). No ambiente, o estudante é conduzido a projetar uma pesquisa quantitativa. Após a coleta, os dados são estruturados em uma planilha e importada para o ambiente. Nesse AVA o

estudante pode trabalhar os dados de sua pesquisa em dois módulos: tutoria e avançado. Inicialmente o estudante trabalha no módulo tutoria e lá aprende o conteúdo estatístico guiado pelo Mapa Conceitual (MC) do AVA. Cada passo do estudante está vinculado a uma planilha de dados, que pode ser de sua pesquisa ou um exemplo disponibilizado no AVA.

O MC é um mapa que contém os principais tópicos e respectivos subtópicos abordados no curso. 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. Ou seja, sem o uso do MC. Normalmente este módulo é usado pelos estudantes depois que eles se sentem seguros sobre as análises que desejam realizar, assim que eles tenham aprendido como se faz uma análise de dados no módulo tutoria.

3. Implementação dos agentes BDI

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.

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 SEstatNet 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. A arquitetura e definição dos agentes do SMA desta pesquisa é apresentada pela Figura 2.

A aplicação do modelo BDI 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.

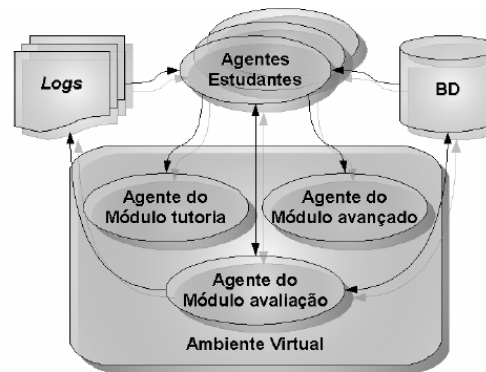


Figura 2 - Arquitetura do SMA.

A arquitetura projetada utiliza 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 atual nível de aprendizagem.

Toda construção do SMA foi baseada na metodologia de Tropos (Silva, 2005). Tropos é uma metodologia de engenharia de software orientada a agente (AOSE), que abrange todo o processo de desenvolvimento de software. A noção de agente e todas as noções mentalistas relacionadas (por exemplo, objetivos e planos) são usadas em todas as fases de desenvolvimento de software, desde a análise até o início de sua execução efetiva.

Tropos, também, abrange as fases iniciais da análise de requisitos, permitindo assim uma compreensão mais profunda do ambiente onde o software deve funcionar, e do tipo de interação que deve ocorrer entre o software e os agentes humanos. Especificamente, a metodologia Tropos é destinada a cobrir os requisitos iniciais,

requisitos finais, projeto arquitetônico e de design detalhado, bem como a interface com plataformas de programação de agentes. (Mylopoulos, Kolp, Giorgini, 2002)

A opção por utilizar essa metodologia justifica-se no sentido de que todo desenvolvimento do atual AVA é realizada em PHP. Tropos ofereceria uma orientação bem como metodologia de engenharia de software orientada a agente (AOSE) para construção dos agentes, independente da linguagem utilizada no sistema.

4. Análise das variáveis do modelo proposto

Muitas características dos usuários são armazenadas no servidor do AVA. Essas características correspondem ao tempo de sessão nas páginas visitadas pelos estudantes, o desempenho deles nos questionários avaliativos, o tempo utilizado para responder o questionário entre outras informações. Aplicar essas informações para melhorar a interface adaptativa do AVA é o objetivo deste trabalho. Para isso adotou-se a técnica de lógica fuzzy.

O desempenho no AVA é avaliado com dois enfoques: um mais prático e outro mais teórico. Respectivamente denominados de avaliação prática e avaliação teórica. Portanto, nessa pesquisa foi considerado um mapeamento dessas diferentes avaliações de desempenho do estudante no intuito de encontrar uma analogia, que poderia ser contemplada no modelo fuzzy proposto.

Segundo Bardin (2000) é um equívoco privilegiar o conhecimento imediato (empírico) em detrimento daquele fundamentado em conceitos, na falsa idéia de que a teoria (uma abstração) é desprovida de objetividade. Inexiste prática sem teoria, bem como teoria desprovida de prática. Sendo assim, o foco desta pesquisa concentrou-se tanto na avaliação teórica como a avaliação prática justificando e preservando o movimento contínuo de teoria-prática.

Considerou-se relevante perceber o movimento de aprendizagem. O movimento de aprendizagem é definido como o processo onde o estudante compreende os conceitos do Mapa Conceitual apresentado no módulo de tutoria, e põem em prática a teoria assimilada.

Nesse trabalho houve a preocupação em tratar somente os caminhos de aprendizagem que fossem considerados mais seguros para as análises. Isso quer dizer que só seriam considerados os caminhos que fossem contínuos, sem idas e voltas. As idas e voltas podem caracterizar um estudante não tão seguro quanto a sua análise dos dados e tomada de decisão. No ambiente, esse tipo de comportamento de ida e volta é bem mais observado nas fases iniciais de estudo, o que denota uma incerteza sobre qual o caminho é mais adequado a seguir.

Para obter essas informações e definições dos parâmetros para a modelagem fuzzy foi realizada uma análise estatística nos *logs* da turma do semestre anterior. Além disso, era necessário extrair os diferentes estados que podem levar a caracterização do perfil do estudante. No módulo de tutoria do AVA, os estudantes eram conduzidos a explicitar qual a decisão estatística que estavam fazendo naquele momento. Nesse instante o AVA reconhece se o estudante acertou ou errou, mas não interrompe o processo de aprendizagem. Essa informação fica armazenada no registro de logs e está

em mãos do agente estudante. Essa informação é caracterizada com uma avaliação prática do AVA.

Esse desempenho no AVA foi comparado com a respectiva avaliação presencial considerando também a parte prática da prova. Nesse sentido buscou-se perceber a existência de algum tipo de relação entre os desempenhos práticos do AVA e o desempenho na avaliação presencial, de forma a identificar diferentes grupos para definição dos desafios pedagógicos. O resultado dessa análise está na Figura 3.

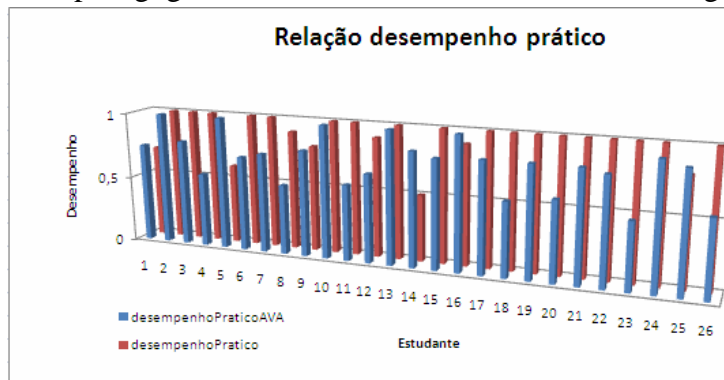


Figura 3 – Relação entre os desempenhos práticos: no AVA e na avaliação presencial

Na próxima análise relaciona-se o desempenho dos estudantes na avaliação teórica tanto no AVA como na avaliação presencial, ambas contemplam diferentes níveis de conhecimento. O resultado é apresentado na Figura 4.

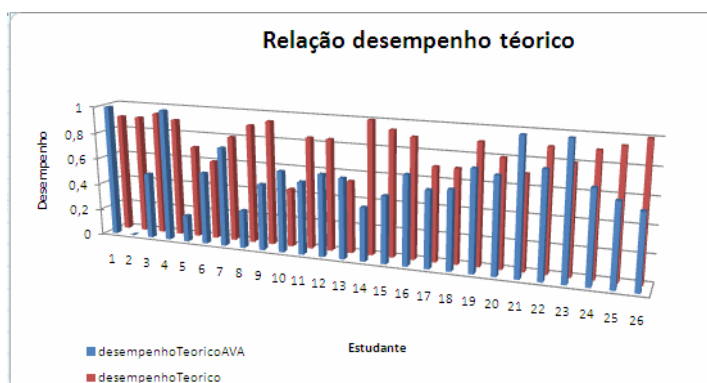


Figura 4 – Relação entre os desempenhos teóricos: no AVA e na avaliação presencial

Em princípio o tempo nas sessões de aprendizagem seria avaliado com uma variável linguística para o sistema fuzzy. No entanto, depois de realizada algumas análises notou-se que não havia correlação entre tempo no AVA e desempenho do estudante. Como exemplo mostra-se a Figura 5.

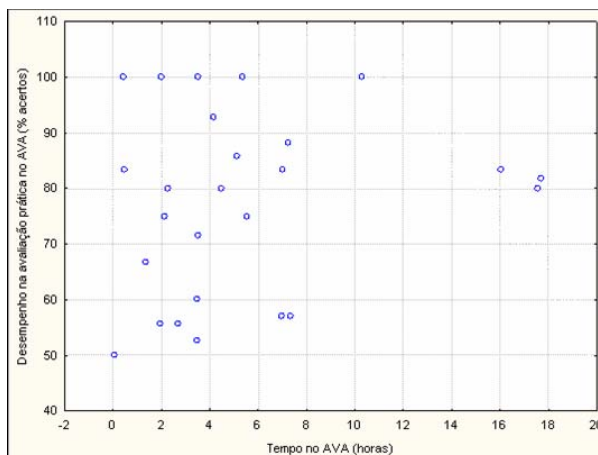


Figura 5 – Tempo e desempenho no AVA

Observando a Figura 5, nota-se que estudantes com pouco tempo nas sessões do AVA apresentaram um desempenho que variava entre 50% a 100%. Ainda na Figura 5 percebe-se que existem estudantes com um tempo extremamente alto o que pode evidenciar não só o tempo de estudo, mas sim o tempo em outras atividades externas ao AVA. Desta forma para acompanhar e reconhecer o nível de aprendizagem foram consideradas as variáveis de desempenho no AVA.

5. Modelo fuzzy proposto

Foram definidos os seguintes estados possíveis de nível de aprendizagem: regular, bom e excelente. 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 desempenho do estudante no AVA.

Nessa Figura 6 assumi-se como ponto de corte o valor 0,6. Esse valor é determinado em função de representar a nota mínima para aprovação nessa universidade. Ou seja, é um parâmetro institucional e pode variar de acordo com a instituição que implementar o modelo.

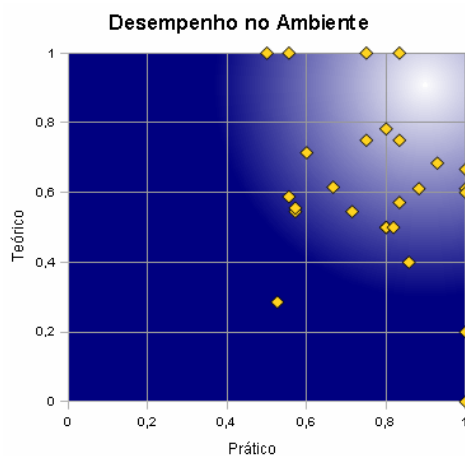


Figura 6 – Estados baseado nas variáveis linguísticas: desempenho teórico e prático.

Nessa Figura 6 observa-se que o grupo que se encontra na faixa acima do 0,8 tanto para o desempenho teórico com para o desempenho prático pode receber um estímulo pedagógico. Esse estímulo hoje corresponde ao agente estudante indicar o módulo mais adequado ao estudante. Após o processamento das informações obtidas, o agente estudante inicia a troca de mensagens com o agente do módulo avançado. Nesse momento o estudante é conduzido a trabalhar no módulo avançado.

Os estudantes que ficam abaixo da faixa de 0,6 devem continuar sendo orientados a trabalhar no módulo tutoria, estudando situações mais pontuais (teoria + prática). Os estudantes que ficam acima da faixa de 0,6 somente em um dos tipos de avaliação, devem ser conduzidos a desafios pedagógicos ou mais teóricos ou mais práticos dependendo dos resultados observados.

Analisando os resultados da turma anterior, a proposta deste trabalho intensificou-se considerando as variáveis lingüísticas já apresentadas: o desempenho considerando a parte prática e o desempenho considerando a parte teórica no AVA. O modelo dessa proposta se encontra na Figura 7.

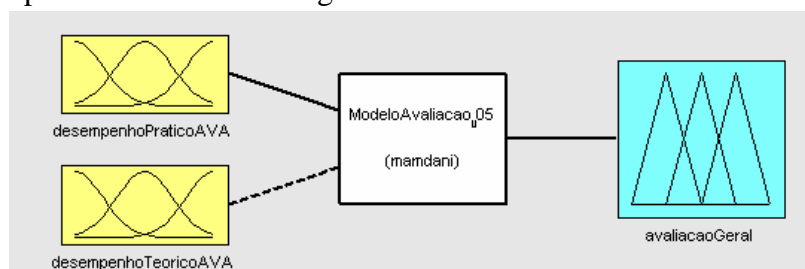


Figura 7 – Modelo de avaliação de desempenho

O conjunto que define as regras do sistema fuzzy são apresentados na Figura 8. Os valores dos estados são: regular, bom e excelente foram definidos conforme a subdivisão apresentada na Figura 6.

1. If [desempenhoPraticoAVA is Regular] and [desempenhoTeoricoAVA is Regular] then [avaliacaoGeral is Regular] (1)
2. If [desempenhoPraticoAVA is Regular] and [desempenhoTeoricoAVA is Bom] then [avaliacaoGeral is Regular] (1)
3. If [desempenhoPraticoAVA is Regular] and [desempenhoTeoricoAVA is Excelente] then [avaliacaoGeral is Bom] (1)
4. If [desempenhoPraticoAVA is Bom] and [desempenhoTeoricoAVA is Regular] then [avaliacaoGeral is Regular] (1)
5. If [desempenhoPraticoAVA is Bom] and [desempenhoTeoricoAVA is Bom] then [avaliacaoGeral is Bom] (1)
6. If [desempenhoPraticoAVA is Bom] and [desempenhoTeoricoAVA is Excelente] then [avaliacaoGeral is Bom] (1)
7. If [desempenhoPraticoAVA is Excelente] and [desempenhoTeoricoAVA is Regular] then [avaliacaoGeral is Bom] (1)
8. If [desempenhoPraticoAVA is Excelente] and [desempenhoTeoricoAVA is Bom] then [avaliacaoGeral is Bom] (1)
9. If [desempenhoPraticoAVA is Excelente] and [desempenhoTeoricoAVA is Excelente] then [avaliacaoGeral is Excelente] (1)

Figura 8 – Conjunto de regras do sistema fuzzy.

Como tentativa de validar o modelo proposto relacionou-se as variáveis de entrada (avaliação teórica e prática no AVA) e sua respectiva saída desfuzzificada com a nota final que era atribuída aos estudantes na avaliação presencial. A avaliação presencial também considerava da mesma forma a parte: teórica e prática. Um exemplo desta relação entre a avaliação presencial e a avaliação gerada pelo sistema fuzzy foi realizado da seguinte forma: utilizamos a nota normalizada do estudante na avaliação presencial parte prática e parte teórica e observamos a saída desfuzzificada gerada pelo sistema. Esse valor foi comparado com a soma dessas mesmas variáveis de entrada (avaliação teórica + avaliação práticas (ambas presenciais) = desempenho geral

presencial). O resultado dessa validação e aproximação de valores é apresentado na Figura 9.

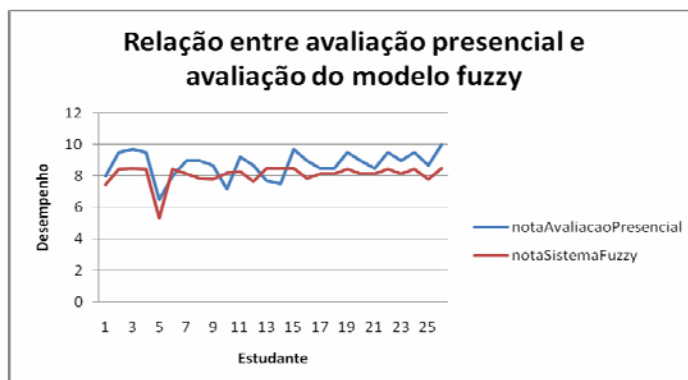


Figura 9 – Avaliação do modelo fuzzy e avaliação presencial.

O modelo funcionando no AVA trabalha com os parâmetros das funções de pertinência obtidos por meio da análise estatística apresentada. Assim as regras de inferência fuzzy são aplicadas nas variáveis linguísticas 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.

6. Considerações finais

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 estudante que é o 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.

Além disso, o modelo proposto teve a preocupação de validar os resultados. Essa comparação entre o desempenho estimado no AVA e o desempenho nas avaliações presenciais mostrou-se adequada e condizente. O que pode garantir um acompanhamento adequado das atividades teóricas e práticas e a implementação de outros estímulos pedagógicos que possam contribuir com a aprendizagem no AVA. 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 (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, 2010).

Referências bibliográficas

- ABRANTES AA, Martins LM. A produção do conhecimento científico: relação sujeito-objeto e desenvolvimento do pensamento. *Interface Comun Saúde Educ.* 2007;11(22): 313-25.
- BARDIN L. *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70; 2000.
- 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
- 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.
- J. MYLOPOULOS, M. KOLP and P. GIORGINI in the article "Agent Oriented Software Development" (2002, but since 2000 was matter of study)
- 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 Wronscki, V. R. The sestatnet perspective - from a statistical applied tool towards a whole educational tool. In *9th International Conference on Engineering Education*. ICEE. 2006
- 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.
- SILVA, Ismênia Galvão Lourença da. *Projeto e Implementação de Sistemas Multi-Agentes: O Caso Tropos*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco – UFPE. 2005.
- WEISS, G. (1999). *Multiagent systems - a modern approach to distributed artificial intelligent*. MIT Press, Cambridge, MA.
- WIKIPEDIA. Moodle. Disponível em< <http://pt.wikipedia.org/wiki/Moodle>> acesso em:16 de maio 2010.
- WOOLDRIDGE, M. (2002) *Introduction to Multi Agent Systems*. Chichester: Wiley.