

Auxílio Personalizado a Estudantes em Ambientes Virtuais de Aprendizagem Utilizando Agentes e Competências

Vitor Bremgartner, José Francisco M. Netto

Instituto de Computação (IC/PPGI) – Universidade Federal do Amazonas (UFAM)
Av. Gen. Rodrigo Otávio, 3.000, Coroado. Manaus – AM - Brasil

{vitorbref, jnetto}@dcc.ufam.edu.br

Abstract. *This paper presents a strategy that uses a multi-agent system manipulating a learner model focused to adaptation of Virtual Learning Environments to assist students who have doubts or errors in the execution of the activities proposed by teacher. The aid is a personalized recommendation for students with an appropriate profile based on your skills and competencies that will help students with doubts or errors on activities. Partial results applied to a course of Numerical Analysis show the feasibility of the proposal.*

Keywords: multi-agent system, learner model, competencies and skills.

Resumo. *Este artigo apresenta uma estratégia que utiliza um sistema multiagente manipulando um modelo de aluno voltado para adaptação de Ambientes Virtuais de Aprendizagem a fim de auxiliar alunos que apresentem dúvidas ou erros ao executarem as atividades propostas pelo professor. O auxílio é a recomendação personalizada de alunos com um perfil adequado baseado em suas habilidades e competências específicas que irão ajudar os estudantes com dúvidas ou erros em atividades. Resultados parciais aplicados numa disciplina de Cálculo Numérico mostram a viabilidade da proposta.*

Palavras-chave: sistema multiagente, modelo de aluno, competências e habilidades.

1. Introdução

O avanço das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) e o aumento da procura por plataformas educacionais, que permitem que alunos e professores interajam entre si, compartilhando conhecimentos, tem transformado a Internet em uma importante ferramenta para fins pedagógicos. Contudo, algumas TICs, entre elas os Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVAs), geralmente apresentam recursos de aprendizagem da mesma maneira para todos os estudantes, resultando que o aprendizado pode não se tornar efetivo para todos pelas diversas características cognitivas que cada aluno possui. Isso gera, portanto, dificuldades de aquisição de conhecimento para alguns estudantes.

Para melhor entendimento da proposta apresentada neste artigo, consideremos o seguinte cenário: um grupo de alunos participantes de um curso de Educação à Distância (EaD) ou semipresencial, o qual utiliza nestas aulas um AVA. Há professores e tutores monitorando o curso e interagindo com os alunos neste ambiente, entretanto não há um gerenciamento de forma automática e eficaz com relação ao acompanhamento das dúvidas e de seus esclarecimentos que os alunos possuem sobre um determinado

assunto (quando os alunos possuem alguma dificuldade na realização das atividades, que poderia ser detectada pela incorretude das respostas dos alunos às questões). As dificuldades do aluno ao executarem as tarefas propostas também podem ser evidenciadas se uma tarefa não for entregue até a data estipulada para sua entrega. Apesar de existir um serviço de fórum em AVAs, nem sempre todos os alunos irão postar todas suas dúvidas, ou até mesmo poderão postar mensagens fora do escopo da disciplina, dificultando o entendimento de qualquer outro colega, tutor ou professor. Também não existe um serviço automático de quem indicar para tirar essas dúvidas, não permitindo ao professor nem ao tutor ficarem livres para executarem outras atividades pertinentes ao curso.

Como solução estratégica, propõe-se neste artigo que uma camada de inteligência formada por um sistema multiagente esteja acoplada ao ambiente educacional, utilizando uma ontologia de modelo de aluno para auxiliar as atividades dos alunos no ambiente pela indicação personalizada de algum estudante do mesmo curso. A personalização, no contexto deste trabalho, é a busca por um ou mais estudantes com perfil adequado, isto é, estudantes que possuam habilidades e competências desejáveis para tratar de dúvidas sobre determinado assunto das questões de alunos. A proposta se baseia na ideia de que a conclusão de determinadas atividades colaborativas através das interações entre os estudantes em um AVA é uma forma de construir o conhecimento do aluno, além das diversas táticas de ensino presentes na literatura, como a recomendação de materiais de estudos para o aluno e estratégias de tutoria adaptativas. Além disso, a interação entre aprendizes é uma estratégia empregada com o propósito de construir conhecimento de maneira mais significativa. Isto ocorre porque os aprendizes desenvolvem habilidades intra e interpessoais, deixam de ser independentes para serem interdependentes [Okada, 2003].

Além desta seção de introdução, este artigo está estruturado da seguinte forma: a seção 2 descreve a fundamentação teórica em que se baseia nosso trabalho, além de citar a nossa abordagem de competências e habilidades; a seção 3 mostra trabalhos relacionados; a seção 4 apresenta a proposta; a seção 5 apresenta resultados de experimentos realizados no sistema com uma turma de Cálculo Numérico e a seção 6, as considerações finais.

2. Fundamentação Utilizada

2.1 Agentes de Software e Ontologias

Neste trabalho adotamos o paradigma de agentes inteligentes de software e ontologias. Agentes representam um paradigma para desenvolvimento de aplicações de software, de tal forma que sua utilização tem acontecido nos mais variados tipos de aplicações. Segundo Wooldridge [Wooldridge, 2009], “agentes são sistemas computacionais capazes de ações autônomas em algum ambiente, a fim de alcançarem seus objetivos de projeto”. O sistema multiagente foi desenvolvido no framework JADE [JADE, 2011].

Para a representação do modelo do aluno baseado em competências e habilidades, foi elaborada uma ontologia de domínio que é utilizada pelo sistema multiagente, apresentada no trabalho de Bremgartner e Netto [Bremgartner e Netto, 2011].

2.2 O Modelo do Aluno e o padrão IMS LIP

Para manipulação de dados do aluno, fez-se necessário utilizar um modelo do aluno. O modelo do aluno (ou modelo do estudante) é utilizado em Sistemas Tutores Inteligentes (STIs) e pode ser utilizado em AVAs a fim de obter informações sobre o aluno, tais como dados de identificação, competências, habilidades, interesses e desempenho de aprendizado a partir de sua interação com o ambiente. Utilizando um modelo de aluno o ambiente, por sua vez, é capaz de se adaptar e exibir conteúdos e atividades com a tentativa de alcançar uma aprendizagem mais efetiva [Viccari e Giraffa, 2003]. O modelo do aluno é formado por dados estáticos (por exemplo, dados de cadastro no início da utilização do ambiente) e dados dinâmicos (por exemplo, dados obtidos a partir de suas interações com o ambiente) [Casas, 1998].

Na modelagem de dados do aluno, foi utilizado o padrão *Instructional Management Systems Learner Information Package* (IMS LIP) [LIP, 2011], que é o padrão mais utilizado atualmente e descreve o histórico dos alunos em AVAs, bem como é capaz de permitir que seja feito gerenciamento de carreira dos mesmos, além de prover suporte a gerenciamento de competências do aluno e permitir a interoperabilidade entre informações de aluno em diferentes sistemas que utilizam tal padrão. O LIP possui 11 categorias de dados do aluno: *Identification, Accessibility, Goal, QCL, Activity, Competency, Interest, Affiliation, Transcription, Security key e Relationship*.

2.3 Competências e Habilidades dos Alunos

Nosso sistema é baseado em competências e habilidades dos alunos, destacando-se a categoria *Competency* do padrão LIP, que inclui as descrições e níveis das competências e habilidades dos alunos. Não é trivial definir competências ou habilidades principalmente em contexto educacional, pois quando os dois conceitos são encontrados na literatura, geralmente ora as competências englobam as habilidades, ora as habilidades têm definições distintas das competências. Também há uma omissão das Diretrizes e Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) quanto aos conceitos de competência e habilidade ou ainda, a definição que consta em cada disciplina ou área dá a impressão de que as competências e habilidades têm os mesmos significados [Valente, 2002].

Apesar disso, pesquisas na área de sistemas baseados em conhecimento têm convergido os conceitos de competências e habilidades a um senso comum. Segundo Perrenoud [Perrenoud, 2000], “não existe uma ideia clara e absoluta de competências, no qual esta palavra possui muitos significados e ninguém pode se arriscar em dar uma definição única.” Porém Perrenoud é enfático ao dizer que competências podem abrigar as habilidades, cujas habilidades constituem-se na capacidade do aluno em saber-fazer determinadas tarefas.

Em nosso trabalho, a definição de competência está de acordo com os critérios de Perrenoud. Sendo assim, cada competência do aluno é composta por um conjunto de habilidades específicas, como mostrado graficamente na Figura 1. Formalmente, seja C o conjunto de competências $\{C_1, C_2, \dots, C_i\}$, onde cada elemento C_i de C é composto por diversas habilidades, ou seja, $C_i = \{h_{i1}, h_{i2}, \dots, h_{im}\}$. Dessa forma, $C = \{\{h_{11}, h_{12}, \dots, h_{1m1}\}, \{h_{21}, h_{22}, \dots, h_{2m2}\}, \dots, \{h_{i1}, h_{i2}, \dots, h_{imi}\}\}$, indicando que cada competência C_i é composta ou formada por m_i habilidades. No contexto da disciplina de Cálculo

Numérico, componente curricular de cursos de Engenharia e Ciências, segundo Burden e Faire [Burden e Faire, 2010], a competência “Achar as raízes de funções pelo método da Bisseção” é composta pelas seguintes habilidades: “Manuseio da máquina de calcular”, “Compreensão de funções (continuidade, Teorema do Valor Médio, plotagem de gráficos, convergência e divergência, etc.)” e “Entendimento do funcionamento do Método da Bisseção (escolha do intervalo inicial, aplicação de fórmula, critério de seleção do novo intervalo, etc.)”.

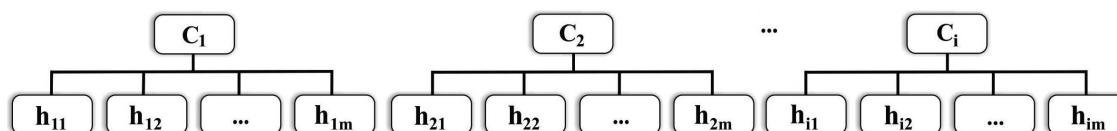


Figura 1. Representação gráfica: cada competência C_i tem h_{im} habilidades.

3. Trabalhos Relacionados

Na literatura há diversos trabalhos relacionados com AVAs ou STIs que utilizam diferentes técnicas e tecnologias a fim de recomendarem recursos de aprendizagem de acordo com as necessidades dos alunos e que reforçam a nossa proposta neste artigo.

No trabalho de Bavaresco e Silveira [Bavaresco e Silveira, 2009] é proposto um modelo de agentes desenvolvidos em JADEX (mecanismo de raciocínio que pode ser integrado ao JADE) e baseados no paradigma *Belief-Desire-Intention* (BDI) para recomendação de Objetos Inteligentes de Aprendizagem no padrão SCORM de acordo com as características de cada aluno, possibilitando experiências de aprendizagem individualizadas.

Foi apresentada por Faddouli *et al* [Faddouli *et al*, 2011] uma proposta de um ambiente adaptativo baseado nas competências que um aluno pretende alcançar, mas sem entrar em características detalhadas de como obtê-las, apenas inferi-las por meio de resultados de avaliações. Seu trabalho usa os padrões IMS e de acordo com as notas das avaliações dos alunos, atividades e materiais de estudos (por exemplo, objetos de aprendizagem) são recomendados, tendo como objetivo o aumento do nível de aprendizado do estudante.

Uma arquitetura baseada em competências é mostrada no trabalho de Cazella *et al* [Cazella *et al*, 2009]. Nesse trabalho, objetos de aprendizagem são recomendados pela utilização de filtragem colaborativa aos alunos de acordo com as competências que eles devem alcançar em um plano de aula, além de seus interesses.

O projeto LUISA [Grandbastien, 2009] consiste em uma arquitetura semântica baseada em ontologias no qual é utilizado o ambiente Moodle [Moodle, 2011], onde os usuários ao entrarem e realizarem o login no ambiente em um curso pela primeira vez, selecionam as competências que eles pretendem desenvolver (que dependem do curso) e com as que foram marcadas, são recomendados objetos de aprendizagem e atividades para o usuário estudar e alcançar aquelas competências desejadas.

Como se pode ver, existem diversas técnicas de recomendação de recursos de aprendizagem que utilizam ou não as competências que cada aluno possui a fim de tornar seu aprendizado mais efetivo através da adaptação de conteúdo apresentado a ele em um AVA ou STI. Nosso trabalho diferencia-se pelo fato de considerarmos

competências e habilidades específicas em cursos ou disciplinas que os alunos participam, a fim de obter um diagnóstico com maior precisão da situação de cada aluno no ambiente educacional, utilizando tecnologias de agentes e ontologia de modelo de aluno e tendo como padrão o IMS LIP.

4. A Proposta

A arquitetura do sistema proposto, composta pelos agentes, ontologia, AVA e seu banco de dados em MySQL é mostrada na Figura 2.

O processo de recomendação começa quando o professor elabora as questões no AVA (1), selecionando que competências e habilidades, além de seus níveis (numa faixa de 0 a 10) são necessárias para resolvê-las. O professor pode, também, selecionar os níveis de competências e habilidades iniciais dos alunos, sendo útil em casos que o professor já tem algum conhecimento de seus alunos. O estudante, por sua vez, interage com o sistema (2), seja pelo cadastro de seus dados pessoais, pela postagem de algo no fórum ou resolução de atividades propostas no ambiente.

Os agentes de atualização (3), que são responsáveis por alterar os dados do modelo de Aluno, são:

- *Initial Skills Agent*: consulta no banco de dados os níveis de habilidades e competências iniciais dos alunos configuradas pelo professor e envia estas informações ao *Update Profile Agent*;
- *Activity Assessment Agent*: responsável pela avaliação das questões respondidas, e envia as pontuações dos alunos ao *Update Profile Agent*;
- *Update Profile Agent*: responsável por atualizar os dados dos modelos de alunos mediante as interações dos mesmos com o ambiente, como a atualização dos seus níveis de habilidades e competências (que variam numa faixa de 0 a 10) específicas mediante as informações oriundas do *Initial Skills Agent* e do *Activity Assessment Agent*.

Os agentes de recomendação (4), responsáveis pelo processo de recomendação de alunos que podem ajudar seus colegas, são:

- *Doubt & Error Profile Agent*: agente que faz a busca por dúvidas e erros dos alunos com base nos resultados das questões respondidas no ambiente e que mapeia tais erros em habilidades e competências necessárias para a realização das tarefas. Com estas informações, este agente envia uma mensagem ao *Recommended Profile Agent* dados da existência de alunos com dúvidas e erros;
- *Recommended Profile Agent*: agente que busca por alunos com níveis de habilidades e competências específicas (maiores ou iguais às sugeridas pelo professor no cadastro de novas atividades) capazes de resolver as questões propostas tendo por base as requisições feitas pelo *Doubt & Error Profile Agent*. Um aluno também só poderá ser recomendado se ele tiver acessado recentemente o AVA (até 20 dias desde a data do último acesso). Os dados de recomendações de alunos selecionados pelo *Recommended Profile Agent* são salvos no banco de dados do AVA para depois serem listados aos alunos com erros ou dúvidas relativos à atividade proposta.

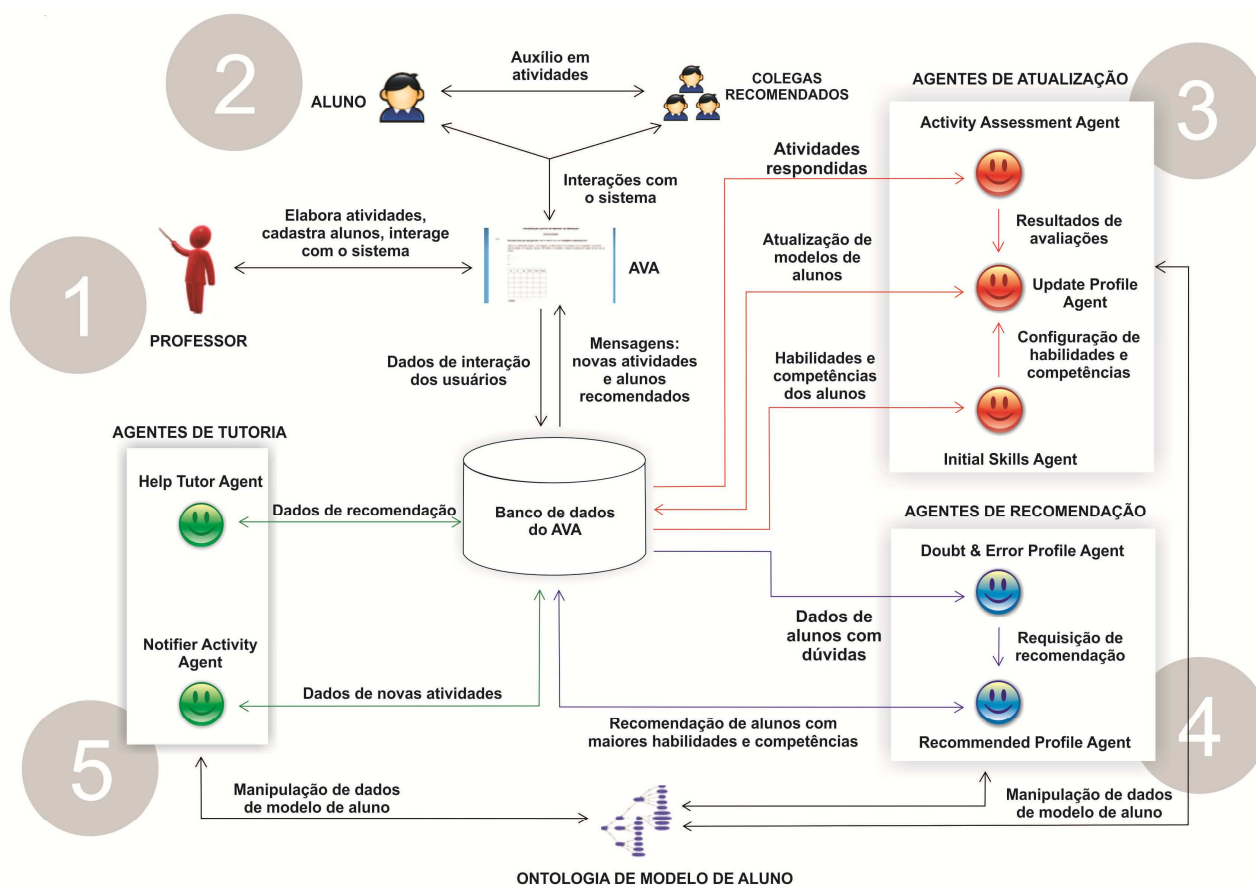


Figura 2. Arquitetura do Sistema.

Por fim, os agentes de tutoria (5) que enviam mensagens aos alunos no AVA, são:

- *Notifier Activity Agent*: agente notificador de novas atividades solicitadas pelo professor, a fim de manter o aluno informado acerca de novas atividades;
- *Help Tutor Agent*: responsável por enviar dois tipos de mensagens. O primeiro tipo consiste em mensagens para os alunos com dúvidas, enviando um link que eles podem acessar para ver seus colegas recomendados. O segundo tipo de mensagens é para aqueles alunos que não entregaram a tarefa no prazo estabelecido pelo professor. Assim, uma mensagem de notificação é enviada e também um link para a tela de recomendação de alunos que podem ajudar a resolver as atividades atrasadas, tornando o ambiente mais interativo, face a característica de proatividade dos agentes. A Figura 3 mostra uma mensagem enviada a um aluno com dúvidas pelo serviço de mensagens do Moodle.

Todos os agentes utilizam a ontologia de modelo de aluno baseada em competências e habilidades que contém regras de inferências e que está em conformidade com o padrão LIP [Bremgartner e Netto, 2011]. A ontologia também é útil para a correta manipulação das trocas de mensagens entre agentes.

5. Experimentos Realizados

Foram realizados testes de nosso sistema com uma turma simulada de Cálculo Numérico no Moodle contendo 15 alunos que possuem diferentes perfis. O AVA esteve

disponível no servidor do Laboratório de Robótica Educacional da Universidade Federal do Amazonas (projeto LaboREAm). Foram elaboradas duas atividades envolvendo assuntos de Método da Bisseção (atividades 1 e 3) e uma atividade envolvendo o Método da Falsa Posição (atividade 2).

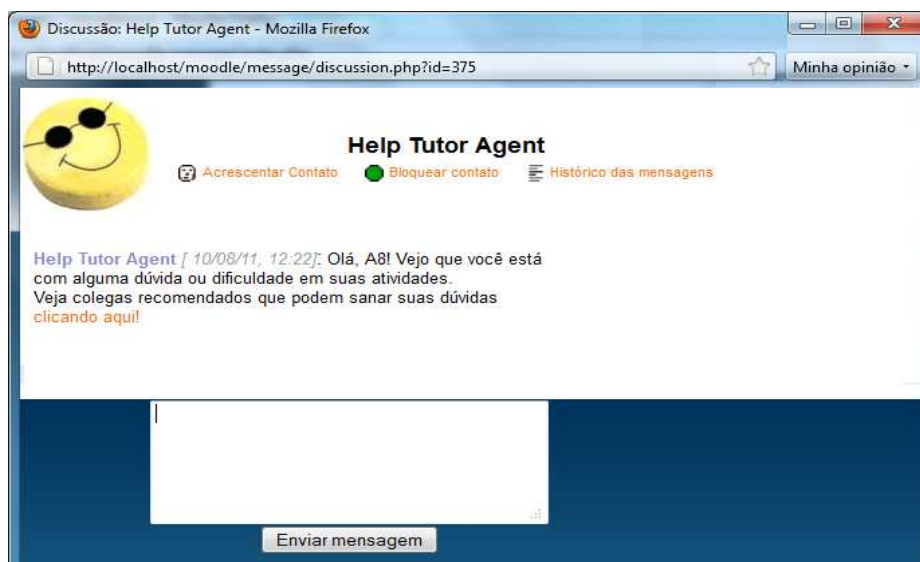


Figura 3. Mensagem de auxílio a dúvidas de alunos pelo *Help Tutor Agent*.

Nas atividades (1) e (3), os níveis de habilidades requeridos escolhidos pelo professor para “Manuseio da máquina de calcular”, “Compreensão de funções” e “Entendimento do método da bisseção” foram, respectivamente, 3, 4, e 5. Na atividade (2), as habilidades requeridas que têm o mesmo nome das atividades (1) e (3) tiveram os mesmos níveis destas e as habilidades “Noção de erro absoluto” e “Entendimento do funcionamento do método da falsa posição” tiveram, respectivamente, 4 e 5.

A Tabela 1 apresenta um resumo das configurações de níveis de habilidades iniciais (antes da execução das atividades pelos alunos) e finais (depois da execução das atividades e dos agentes de atualização) que caracterizam os alunos. As habilidades iniciais dos alunos estão na primeira coluna de cada habilidade requerida para as atividades, enquanto que as habilidades finais estão em cada segunda coluna. As identificações de quais atividades cada aluno fez até a data de término das mesmas estão na última coluna, sendo que as atividades representadas em colchetes mostram que o aluno errou aquela atividade. Todos os 15 alunos receberam a notificação de novas atividades, antes de responderem as mesmas, pelo *Notifier Activity Agent*.

Cada estudante com dúvida em atividades recebeu uma mensagem do *Help Tutor Agent* indicando que eles poderiam tirar dúvidas com seus colegas, clicando no link de recomendação já mostrado na Figura 3. Quando o estudante com dúvida clica neste link aparece a tela mostrada na Figura 5, com os alunos recomendados para cada atividade e seus interesses, a fim de que os alunos saibam que outras áreas de interesse seus colegas costumam atuar. O *Help Tutor Agent* também notificou todos os alunos que não entregaram as tarefas na data limite. Percebe-se na Tabela 1, por comparações entre as duas colunas de cada habilidade requerida nas atividades, que os níveis de competências e habilidades dos alunos foram incrementados de uma unidade para cada questão correta, enquanto houve um decréscimo de uma unidade para cada uma das

atividades erradas. Em seguida, foi realizada a execução dos agentes de recomendação, na qual a Figura 4 mostra a troca de mensagens entre eles, nesse caso pela utilização da ferramenta *Sniffer* do JADE.

Tabela 1. Níveis iniciais e finais de habilidades dos alunos.

Nome	Níveis de habilidades iniciais/finais										
	Manuseio Máquina Calcular (1) (2) (3)		Compreensão de funções (1) (2) (3)		Entendimento do funcionamento do método da bisseção (1) (3)		Noção de erro absoluto (2)		Entendimento do funcionamento do método da falsa posição (2)		Atividades realizadas (até a data de término)
A1	0	0	0	0	0	0	5	5	5	5	(Nenhuma)
A2	7	8	7	8	7	8	5	5	5	5	(1)
A3	1	3	1	3	1	2	1	2	1	2	(2)(3)
A4	1	4	1	4	1	3	1	2	1	2	(1)(2)(3)
A5	0	0	0	0	0	0	5	5	5	5	[1]
A6	0	0	0	0	0	0	2	3	7	8	(1)[3]
A7	9	10	9	10	6	8	9	9	2	2	(1)(3)
A8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	[1][2][3]
A9	0	3	0	3	7	9	0	1	8	9	(1)(2)(3)
A10	1	2	1	2	2	3	1	1	5	5	(3)
A11	2	3	2	3	3	4	2	2	4	4	(1)
A12	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0	[2]
A13	1	3	1	3	5	6	1	2	5	6	(1)(2)
A14	0	1	0	1	0	0	9	10	1	2	[1](2)(3)
A15	4	5	4	5	9	10	4	4	2	2	(1)

Com os experimentos realizados, pode-se afirmar que obtivemos sucesso em duas questões fundamentais: 1) os níveis de habilidades e competências estão sendo atualizados de acordo com as interações dos alunos no AVA e 2) os alunos com níveis de habilidades maiores ou iguais às solicitadas pelo professor na elaboração de atividades são os alunos recomendados a sanar dúvidas de outros colegas no AVA.

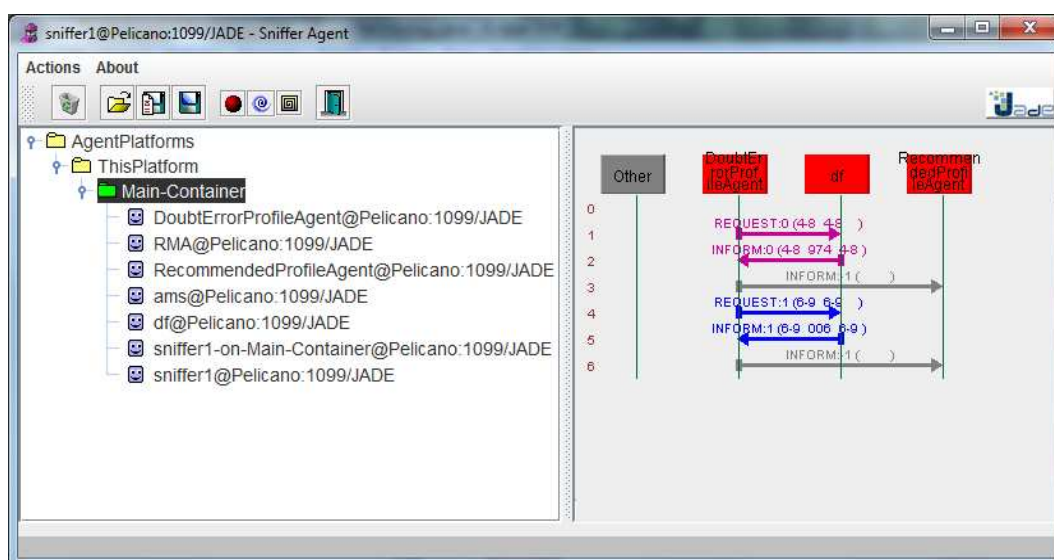
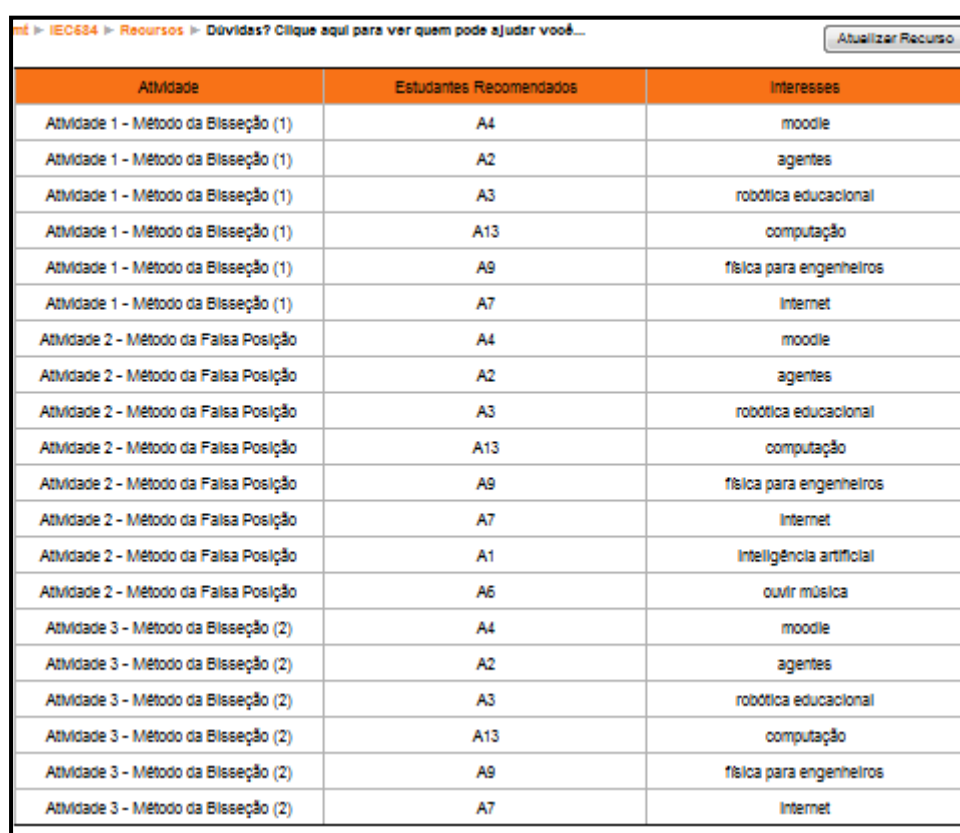


Figura 4. Troca de mensagens entre agentes de recomendação.

6. Considerações Finais

Neste artigo apresentamos uma estratégia que utiliza um sistema multiagente integrado a uma ontologia baseada em competências e habilidades descrevendo um modelo de aluno no padrão IMS LIP capaz de analisar e atualizar perfis de alunos a partir de suas interações no AVA Moodle. Tal sistema incorporado ao AVA permite uma personalização de conteúdo apresentado ao aluno com dificuldades em tarefas através da recomendação de colegas aptos para ajudá-los. A recomendação de estudantes poderá aumentar a interação entre os estudantes do mesmo curso, permitindo assim o aumento do nível de conhecimento dos estudantes como um todo. O envio de mensagens aos alunos pelos agentes *Notifier Activity Agent* e *Help Tutor Agent* será também feito via recurso de e-mail do Moodle.



Atividade	Estudantes Recomendados	Interesses
Atividade 1 - Método da Bisseção (1)	A4	moodle
Atividade 1 - Método da Bisseção (1)	A2	agentes
Atividade 1 - Método da Bisseção (1)	A3	robótica educacional
Atividade 1 - Método da Bisseção (1)	A13	computação
Atividade 1 - Método da Bisseção (1)	A9	física para engenheiros
Atividade 1 - Método da Bisseção (1)	A7	Internet
Atividade 2 - Método da Falsa Posição	A4	moodle
Atividade 2 - Método da Falsa Posição	A2	agentes
Atividade 2 - Método da Falsa Posição	A3	robótica educacional
Atividade 2 - Método da Falsa Posição	A13	computação
Atividade 2 - Método da Falsa Posição	A9	física para engenheiros
Atividade 2 - Método da Falsa Posição	A7	Internet
Atividade 2 - Método da Falsa Posição	A1	Inteligência artificial
Atividade 2 - Método da Falsa Posição	A6	ouvir música
Atividade 3 - Método da Bisseção (2)	A4	moodle
Atividade 3 - Método da Bisseção (2)	A2	agentes
Atividade 3 - Método da Bisseção (2)	A3	robótica educacional
Atividade 3 - Método da Bisseção (2)	A13	computação
Atividade 3 - Método da Bisseção (2)	A9	física para engenheiros
Atividade 3 - Método da Bisseção (2)	A7	Internet

Figura 5. Tela de recomendação de alunos.

O sistema multiagente com sua ontologia podem ser utilizados em outros AVAs distintos do Moodle, desde que sejam feitas as adaptações necessárias de acordo com a arquitetura do outro AVA, garantindo a independência do sistema multiagente em relação a plataforma educacional. Simulações realizadas têm mostrado resultados satisfatórios, pois os alunos recomendados são os que realmente possuem níveis de competências e habilidades específicas superiores ou iguais às sugeridas pelo professor ao elaborar uma atividade. O próximo passo é implantar o sistema em ambientes educacionais reais para avaliar o seu desempenho e as interações entre os alunos a partir do processo de recomendação. Como trabalho futuro, visto que a ontologia e o sistema multiagente trabalham sob o padrão IMS, pretende-se fazer interconexões com diversos sistemas que utilizem este padrão ou compatíveis, a fim de permitir a interoperabilidade dos diferentes dados de alunos. Com isso, recomendações personalizadas de alunos com

os melhores perfis baseados em suas habilidades e competências serão feitas a partir de reuso de dados oriundos de outros sistemas para auxiliar estudantes com dificuldades de aprendizado.

Agradecimentos

Este trabalho e sua pesquisa foram realizados com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e foi desenvolvido dentro do Projeto 575894/2008-3, Ampliação de Acessibilidade a Laboratório de Ciências Usando Ambientes Virtuais e Telerobótica, apoiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Referências

- Bavaresco, N. e Silveira, R. (2009) “Proposta de uma Arquitetura para Construção de Objetos Inteligentes de Aprendizagem Baseados em Agentes BDI”. Anais do XX Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE), Florianópolis, SC.
- Bremgartner, V. e Netto, J. F. M. (2011) “An Adaptive Strategy to Help Students in e-Learning Systems Using Competency-Based Ontology and Agents”. Proc. IEEE International Conference on Intelligent Systems Design and Applications – ISDA 2011.
- Burden, R. L. e Faires, J. D. (2010) “Numerical Analysis”. Brooks/Cole, Cengage Learning, 9th Ed., Boston, USA.
- Casas, L. A. (1998) “Contribuições para a Modelagem de um Ambiente Inteligente de Educação Baseado em Realidade Virtual”. Tese de Doutorado em Engenharia de Produção. Florianópolis, UFSC.
- Cazella, S. C.; Reategui, E. B.; Machado, M.; Barbosa, J. L. (2009) “Recomendação de Objetos de Aprendizagem Empregando Filtragem Colaborativa e Competências”. Anais do XX Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE), Florianópolis, SC.
- Faddouli, N; Falaki, B.; Idrissi, M. K. e Bennani, S. (2011) “Towards an competency-based learning system using assessment”. IJCSI International Journal of Computer Science Issues, Vol. 8, Issue 1, pp. 265-274.
- Grandbastien, M. (2009) “A Competency-Based Learning Resource Retrieval Process: The LUISA-UHP Case Study”. Proceedings of 9th IFIP TC 3 World Conference On Computers in Education – Education and Technology for a Better World, p. 310-318, Bento Gonçalves, Brazil.
- JADE. (2011) Java Agent DEvelopment Framework. URL: <jade.tilab.com/>.
- LIP. Learner Information Package Specification 1.0.1. (2011). URL: <<http://www.imsglobal.org/profiles/lipinfo01.html#5.1/>>.
- Moodle. (2011) A Free, Open Source Course Management System for Online Learning. URL: <<http://www.moodle.org/>>.
- Okada, A. (2003) “Desafio para EaD. Como fazer Emergir a Colaboração e a Cooperação em Ambientes Virtuais de Aprendizagem?” Educação Online: teorias, práticas, legislação, formação corporativa. Edições Loyola, 2^a ed., São Paulo.
- Perrenoud, P. (2000) “Construire des Compétences dés L’école”. Paris, ESF.
- Valente, S. M. P. (2002) “Parâmetros Curriculares e Avaliação nas Perspectivas do Estado e da Escola”. Tese de Doutorado em Educação. UNESP, São Paulo.
- Vicari, R. M. e Giraffa, L. M. M. (2003) “Fundamentos dos Sistemas Tutores Inteligentes”. In: Barone, D. (Org). Sociedades artificiais: a nova fronteira da inteligência das máquinas. Porto Alegre: Bookman. ISBN: 85-363-0124-4.
- Wooldridge, M. (2009) “An Introduction to Multiagent Systems”. Ed. Wiley, England, Second Edition.