

Ambiente de Aprendizagem Baghera: uma comunidade de agentes artificiais e humanos

Carine Webber

Grupo Inteligência Artificial e Sistemas Multiagentes
Departamento de Informática
Universidade de Caxias do Sul
C.P.1352 – Caxias do Sul, RS, Brasil
CGWebber@ucs.br

Sylvie Pesty

Laboratoire Leibniz- Institut d'Informatique et
Mathématiques Appliquées de Grenoble
46, Avenue Felix Viallet
38031 Grenoble - França
Sylvie.Pesty@imag.fr

Abstract. Tecnologias oriundas da área da Inteligência Artificial têm sido aplicadas com sucesso na modelagem e concepção de ambientes educacionais. Dentre estas tecnologias, os sistemas multiagentes vêm sendo aplicados no desenvolvimento de ambientes de aprendizagem onde fatores como a distância, a cooperação entre entidades heterogêneas, e a integração de diferentes componentes de software, são cruciais. Neste artigo, o ambiente de aprendizagem Baghera desenvolvido de acordo com a tecnologia multiagentes é apresentado. Baghera é um sistema baseado em uma arquitetura composta por dois níveis de agentes deliberativos e reativos. A fim de ilustrar esta arquitetura, um ambiente de aprendizagem para a resolução de problemas de prova em geometria foi implementado. Além de apresentar aspectos computacionais da plataforma, o artigo descreve experimentações realizadas, discute alguns resultados já alcançados, e conclui com uma avaliação dos resultados já obtidos e contribuições que a abordagem multiagentes pode trazer ao domínio da informática na educação.

Palavras chave : Ambientes de aprendizagem, sistemas multiagentes, agentes pedagógicos, modelagem do aluno, diagnóstico cognitivo.

1. Introdução

A pesquisa na área da inteligência artificial (IA) aplicada à educação esteve desde o seu início voltada ao projeto de sistemas educacionais baseados no princípio de ensinar um conhecimento de referência universalmente válido seguindo uma forma padrão. Como consequência deste fato, uma arquitetura modular composta de três componentes principais (o módulo de conhecimento do domínio, o módulo de estratégias pedagógicas e o modelo do aluno) foi amplamente empregada. Entretanto, os sistemas educacionais baseados em tais arquiteturas modulares mostraram ao longo do tempo serem demasiadamente rígidos para tratar da evolução muito rápida do conhecimento, da diversidade cultural e da racionalidade humana. Mesmo as tentativas em importar ferramentas de IA (ontologias, tecnologia de agentes, e outras) foram feitas sob a mesma base epistemológica que consistia em buscar um modelo genérico de ensinar e/ou aprender tendo em vista uma visão estática e acadêmica do conhecimento a ser ensinado. Por outro lado, a pesquisa no campo da educação vem desenvolvendo um grande número de modelos locais (contrariamente a modelos genéricos) de ensino e aprendizagem, assim como modelos cognitivos que auxiliam na interpretação do conhecimento do aluno.

Considerando-se então a necessidade de se desenvolver novas arquiteturas para ambientes de aprendizagem, definiu-se uma abordagem baseada em três princípios fundamentais [1]:

1) o projeto de ambientes educacionais deve tomar a colaboração entre agentes humanos e artificiais como um princípio fundamental;

2) a aprendizagem é o resultado de um processo emergente complexo; não pode ser considerada como o resultado da ação de uma estratégia ou objetivo de um agente ou indivíduo. Ela

pode então emergir das interações entre os agentes humanos e artificiais com habilidades diferentes e complementares;

3) considera-se o conhecimento do aluno como sendo composto de um conjunto de "concepções", cujos critérios básicos de relevância não são sua conformidade com algum conhecimento da referência, mas sua eficiência em esferas práticas específicas (sua operacionalidade).

Dentro de uma perspectiva tecnológica, e seguindo estas três considerações, nossas pesquisas têm estudado abordagens para projetar, implementar e experimentar novas arquiteturas de software para ambientes de aprendizagem. Neste contexto, a metodologia multiagentes [11] aparece como uma alternativa para conceber sistemas educacionais baseados em técnicas de IA capazes de lidar com as novas expectativas dos sistemas educacionais (tais como a persistência dos dados e a mobilidade). Pesquisas em educação têm mostrado que não é possível encontrar uma estratégia geral de ensino, considerando as diferenças individuais, mas é mais provável pensar que o aprendizado é o resultado emergente de interações ricas e coerentes ocorridas em um intervalo de tempo. A metodologia multiagentes, aliada aos resultados das pesquisas em educação, e as tecnologias de redes e das telecomunicações, pode certamente trazer diversas vantagens ao desenvolvimento de sistemas educacionais.

Neste artigo são apresentados resultados que aliam as áreas de pesquisa mencionadas através de uma plataforma multiagentes de aprendizagem denominada Baghera. Baghera é um ambiente composto por dois sistemas multiagentes (SMA) disponível através da web. O primeiro SMA (dito de alto nível) está relacionado à tomada de decisão global necessária para determinar o comportamento pedagógico do sistema. O segundo SMA (dito de baixo nível) é responsável por diagnosticar as concepções do aluno, de acordo com as suas ações na interface do ambiente. Sendo assim, este artigo está organizado da maneira seguinte: a próxima seção ilustra brevemente a plataforma Baghera, apresentando alguns recursos disponíveis aos alunos e professores. A terceira seção descreve o sistema multiagentes de alto nível. A quarta seção introduz o termo "concepção" e apresenta o sistema multiagentes de baixo nível. A quinta seção descreve algumas das experimentações realizadas e avalia os resultados obtidos através delas. Finalmente, a última seção discute alguns resultados já alcançados, assim como as contribuições que a abordagem multiagentes pode trazer ao campo da informática aplicada à educação.

2. Ambiente de aprendizagem Baghera

Do ponto de vista de alunos e professores, Baghera é uma aplicação destinada à resolução de problemas de prova em Geometria. Os usuários têm acesso ao Baghera através de sua interface web. As figuras 1, 2 e 3 apresentam capturas de tela da interface do aluno. Figura 1 ilustra a pasta virtual do aluno, onde os problemas enviados pelos professores são mantidos e organizados. Uma vez que um problema é selecionado, o aluno é direcionado à interface de resolução de problemas (figura 2). Nesta interface os alunos encontram ferramentas para editar uma prova (A e B) como um texto livre (C).

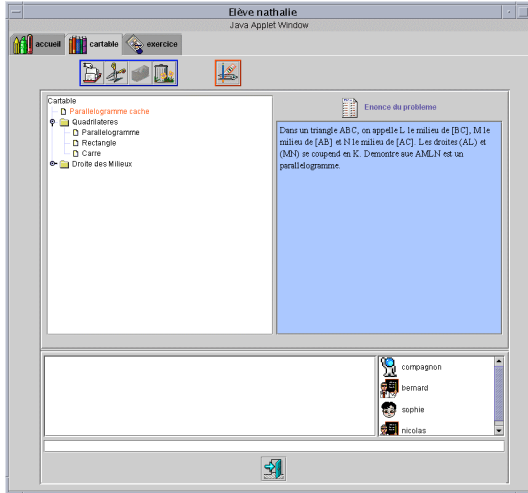


Figura 1. Pasta eletrônica do aluno.

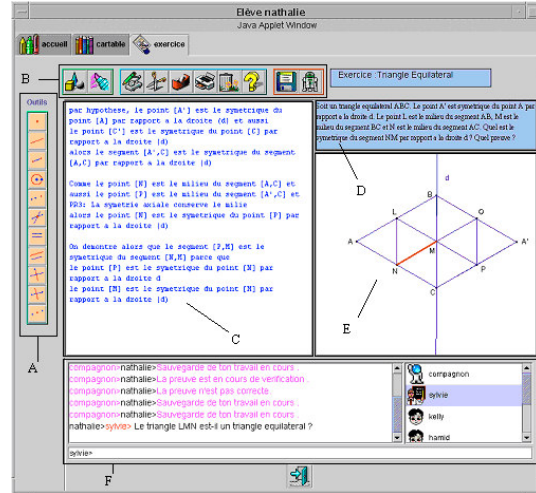


Figura 2. Interface de resolução de problemas.

O problema proposto é composto por um enunciado (D) e por uma figura manipulável (E) construída usando-se Cabri-Java [3]. A figura pode ser manipulada de forma que o aluno possa verificar as suas propriedades geométricas e levantar novas hipóteses do problema. Neste exemplo o aluno resolve um problema de prova no domínio da simetria ortogonal.

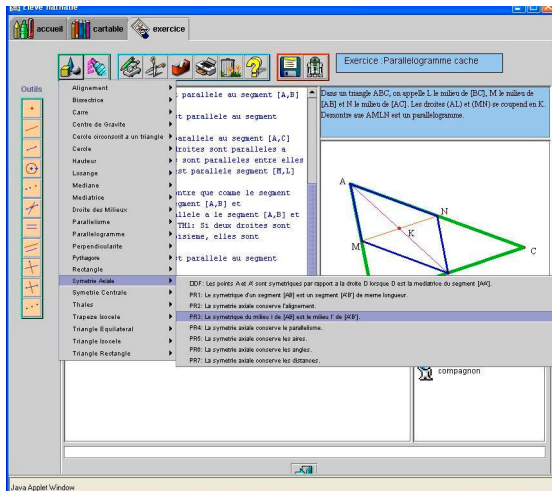


Figura 3. Biblioteca de teoremas da Geometria.

As figuras 4, 5 e 6 apresentam capturas de tela da interface do professor. A figura 4 apresenta a interface de criação e envio de novos problemas à classe de alunos. Já a figura 5 mostra a interface onde o professor pode visualizar os alunos conectados bem como as atividades que eles desenvolvem.

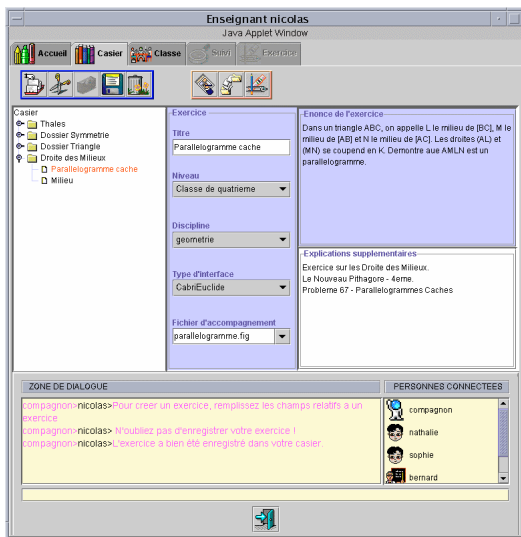


Figura 4. Criação de novos problemas e envio à classe.

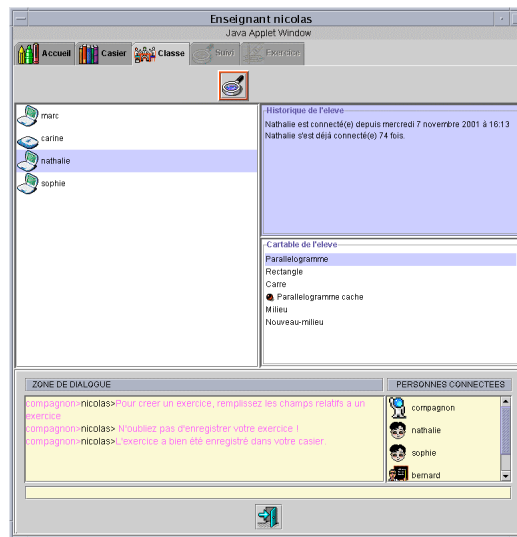


Figura 5. Classe virtual e visualização das tarefas.

O professor tem livre acesso à pasta virtual dos alunos, estejam eles conectados ou não.

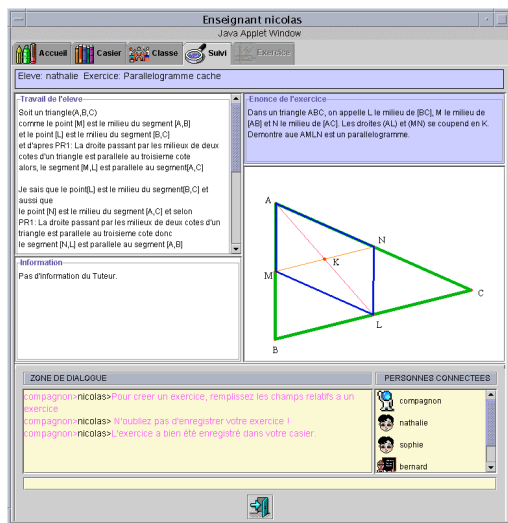


Figura 6. Supervisão do trabalho do aluno.

Para concluir, a figura 6 apresenta a interface através da qual os professores podem supervisionar o trabalho de cada aluno, acessando diretamente a solução apresentada a cada problema de prova.

O ambiente de aprendizagem Baghera implementa uma arquitetura composta por dois níveis multiagentes, que caracterizam dois níveis de decisão e de comportamento (alto e baixo nível). O sistema de alto nível está relacionado à tomada de decisão global necessária para determinar o comportamento pedagógico do sistema. O sistema de baixo nível é responsável por diagnosticar as concepções do aluno, de acordo com as suas ações na interface do ambiente. As tomadas de decisões educacionais feitas pelo SMA de alto nível são baseadas em resultados emergentes oriundos do SMA de baixo nível.

A versão atual da plataforma foi desenvolvida usando a ferramenta JatLite [7]. Jatlite é um pacote de programas que permite criar aplicações baseadas em agentes de software. Cada agente foi estendido por um módulo especial de interação que fornece a sustentação para criar protocolos e coordenar interações e protocolos de execução. Os atos de comunicação entre agentes utilizados em Baghera estão baseados na teoria dos Atos da Fala, de acordo com os padrões da FIPA-ACL [6].

3. Arquitetura do SMA de alto nível – Ambiente de aprendizagem

O ambiente de aprendizagem Baghera tem na arquitetura de alto nível um SMA composto por agentes deliberativos os quais fornecem os principais serviços e funcionalidades educacionais. Uma vez que alunos e professores possuem objetivos e necessidades diferentes no que diz respeito às atividades de aprendizagem, eles precisam interagir com tipos diferentes dos agentes. Os dados persistentes de cada usuário são mantidos em pastas virtuais pessoais. Os professores têm direitos de acesso as pastas dos seus alunos. Cada aluno conta com três agentes artificiais:

Agente companheiro (agente pessoal de interface do aluno). Este agente está associado à interface do aluno e possui diversas funções e objetivos. O agente *companheiro* monitora as ações do aluno, notificando outros agentes quando necessário e dando acesso aos recursos de sistema. Este agente traz informações do ambiente de aprendizagem ao aluno.

Agente Tutor. Tem como função propor um conjunto de situações-problema apropriadas ao aluno, considerando as metas educacionais e o contexto da aprendizagem em que ele se encontra. Além disso, suas decisões de caráter didático são baseadas nas *concepções* do aluno. Para realizar seus objetivos o agente *tutor* pode lançar o SMA de baixo nível sempre que um diagnóstico de concepções do aluno se faz necessário (por exemplo quando um aluno conclui um exercício, o agente tutor tem que decidir o que propor em seguida) e, uma vez que a fase do diagnóstico é encerrada, ele planeja suas interações com os demais agentes e usuários.

Agente Mediador. A meta deste agente é escolher um resolvidor de problemas apropriado (dentro os disponíveis ao sistema) para realizar a correção do exercício resolvido pelo aluno. Como será mostrado ao longo deste artigo, para o caso da geometria, o agente *mediador* tem a sua disposição um provador automático de teoremas que é capaz de verificar a correção de uma prova, propor provas alternativas e construir contra-exemplos. Além disso, o agente mediador implementa técnicas de análise e apresentação de prova.

De maneira similar, cada professor conta com dois agentes artificiais que são apresentados a seguir.

Agente pessoal de interface do professor. É um agente associado com a interface do professor. Este agente controla o acesso a pasta virtual do professor e traz informações do ambiente de aprendizagem. Este agente serve de mediador através de sua interface para a comunicação com outros agentes humanos e artificiais, para a edição de novas atividades, distribuição de tais atividades aos alunos, e supervisão do trabalho feita pelos alunos.

Agente Assistente. Um agente assistente é também um tipo do agente pessoal cujos objetivos incluem ajudar ao professor com a criação e a distribuição das novas atividades, que são mantidas na pasta virtual do professor. Este agente controla o acesso a pasta do professor e, quando necessário, distribui as atividades aos alunos.

Como ocorre em um sistema multiagentes aberto, o número dos agentes na sociedade aumenta ou diminui de acordo com o número dos usuários conectados. A arquitetura dos agentes apresentados foi baseada no modelo BDI (*belief, desire, intention*) que prevê a representação de estados mentais do agente na forma de crenças, desejos e intenções. Este modelo permite representar as metas e os objetivos de cada agente, assim como permitem aos agentes a inferência de planos de execução e comportamento a partir da observação parcial do ambiente multiagentes [11]. Cada agente tem uma base de conhecimento para representar o seu estado interno assim como o de outros agentes de suas relações. Os agentes se comunicam através de protocolos de interação definidos de acordo com as ações que precisam realizar dentro do contexto de seus planos e objetivos.

4 Arquitetura do SMA de baixo nível - Diagnóstico de concepções do aluno

O SMA de baixo nível é responsável por diagnosticar as concepções do aluno [10]. O diagnóstico de concepções do aluno (que visa a construção de um modelo computacional do aluno) é sem dúvida um dos problemas centrais da pesquisa envolvendo o desenvolvimento de ambientes de aprendizagem [9]. Uma das suas causas está na grande variedade de concepções (corretas ou não) que podem coexistir em um indivíduo. Um estudo importante sobre concepções é apresentado por Confrey, que propôs o paradigma de concepções errôneas (*misconceptions*) [5]. De acordo com Confrey, se procurarmos atentamente atribuir um sentido a uma resposta incorreta apresentada por um aluno poderemos descobrir que ela é plausível e razoável. O mesmo problema de tratar erros e concepções errôneas dos alunos foi estudado por Balacheff [1]. Segundo este autor, ao analisar-se o comportamento dos alunos, deve-se considerar a existência de estruturas mentais contraditórias e incorretas do ponto de vista de um observador. Tais estruturas mentais (contraditórias e incorretas) podem, entretanto, ser consideradas coerentes quando aplicadas a contextos particulares (uma classe de problemas ou tarefas). Seguindo estes importantes princípios, Balacheff propôs um formalismo para representar as concepções denominado *modelo de concepções*. De acordo com este modelo, uma concepção é caracterizada por um conjunto (P,R,L,Σ) onde: P é um conjunto de problemas, que correspondem a esfera de prática da concepção; R é um conjunto de operadores presentes na solução dos problemas de P; L é um sistema de representação que permite representar os problemas de P e os operadores de R; Σ é um conjunto de operadores de caráter metacognitivo.

O modelo de concepções foi empregado em nossa arquitetura para representar e diagnosticar as concepções dos alunos. Ele permite interpretar aquilo que ocasionalmente se identificaria como sendo um “erro” na forma de “concepções”, e tratá-las como conhecimento (correto ou incorreto) [9]. Como exemplo, consideremos na geometria o caso da simetria ortogonal. Uma concepção relativamente simples que os alunos possuem relacionada à simetria ortogonal, é a concepção de “paralelismo” (figura 7). Os alunos que mobilizam a concepção de paralelismo acreditam que *dois segmentos são simétricos se eles são paralelos*. Sendo assim, o segmento $[A'B']$ é simétrico ao segmento $[AB]$ tendo a reta d como eixo de simetria.

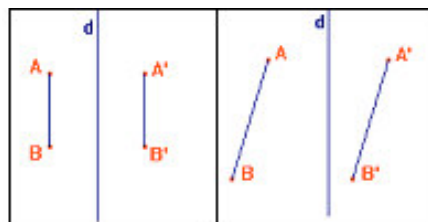


Figura 7 (casos a e b). Concepção de paralelismo a respeito da simetria ortogonal.

A noção de paralelismo aparece fortemente ligada à simetria, sendo mesmo indispensável para que dois segmentos possam ser considerados simétricos. Pode-se facilmente observar que em algumas configurações (figura 7, caso a), dois segmentos simétricos são efetivamente paralelos, mesmo se esta observação nem sempre é verdadeira (figura 7, caso b). Um estudo aprofundado sobre o modelo de concepções, complementado por exemplos mais complexos, pode ser encontrado em [2].

O SMA concebido para a tarefa de diagnóstico de concepções é composto por 150 agentes diferentes. Cada um é responsável por indicar a presença (ou a ausência) de uma característica do modelo de concepções através das interações do aluno com a interface do sistema. Três categorias de agentes foram especificadas para esta tarefa:

Agentes do tipo problema: representam classes de problemas (30 agentes);

Agentes do tipo operador: representam operadores, em especial aqueles relacionados à simetria ortogonal, que estão disponíveis aos alunos (101 agentes);

Agentes do tipo controle: representam estruturas metacognitivas e estratégias de resolução que podem ser inferidas a partir da observação das ações dos alunos (19 agentes).

Os agentes de diagnóstico automático possuem um comportamento coletivo baseado no modelo espacial de voto. Um estudo bastante amplo sobre as abordagens de tomada coletiva de decisões é apresentado por Sandholm [8]. Neste modelo espacial implementado, cada agente é posicionado em um espaço vetorial n -dimensional (n correspondendo ao número de diagnósticos possíveis), de acordo com a sua associação a um ou mais diagnósticos. Agentes afins se situam em regiões próximas neste espaço. O processo de decisão coletiva envolve a formação de coalizões, que são grupos de agentes afins. Os agentes tendem a permanecer nas coalizões ganhadoras, e se afastar das demais. Através de um processo iterativo, onde agentes buscam reduzir o número de coalizões das quais participam saindo das coalizões fracas, observa-se a convergência dos agentes em uma ou duas coalizões. Tais coalizões são posteriormente interpretadas em termos de diagnóstico de concepções. Uma descrição detalhada dos agentes pode ser encontrada em [10]. A seguir, são descritas as experimentações realizadas a fim de avaliar o desempenho da plataforma Baghera.

5 Experimentações realizadas

Em nossas experimentações explorou-se dentro da geometria o domínio da simetria ortogonal. Os experimentos descritos neste artigo foram realizados no contexto de um projeto europeu [2], integrando equipes de pesquisa da França (equipes Did@TIC e Magma, Laboratoire Leibniz de Grenoble), Itália (Dipartimento de Mathematica, Pisa) e Reino Unido (Mathematics Educational Research, Bristol). Através das experimentações realizadas, nós estivemos interessados em observar o diagnóstico das concepções (corretas ou incorretas) mobilizadas pelos alunos durante a resolução de problemas de simetria ortogonal.

5.1 Exemplo de um problema

A fim de ilustrar a execução de uma tarefa de diagnóstico, consideremos o problema descrito na figura 2.

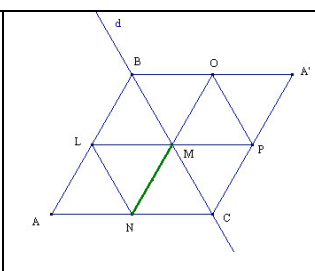
<p>Descrição do problema</p> <p>Seja ABC um triângulo equilátero. A' é o ponto simétrico de A com relação a reta d. L é o ponto médio de $[AB]$, M é o ponto médio de $[BC]$, e N é o ponto médio de $[AC]$. P é o ponto de intersecção das retas (LM) e (CA'). O é o ponto de intersecção das linhas (NM) e (BA'). Qual é o segmento simétrico de $[NM]$ com relação a reta d? Construa a sua prova.</p>	
--	--

Figura 8. Exemplo de problema de prova em simetria ortogonal.

Neste problema é solicitado ao aluno construir uma prova, utilizando propriedades geométricas da simetria ortogonal, demonstrando que o segmento $[NM]$ tem um objeto simétrico considerando-se como eixo de simetria a reta d . Uma estratégia de resolução para este problema é apresentada passo a passo na tabela 1.

Tabela 1. Uma estratégia de solução ao problema.

1	A'BC é um triângulo equilátero
2	ABA'C é um losango ([AB]//[CA'] e [BA']//[AC])
3	[AB]//[CA']; [AB]//[NO]; [NO]//[CA']
4	O é o ponto médio do segmento [A'B]
5	P é o ponto médio do segmento [A'C]
6	M é um ponto sobre o eixo d, então ele é seu próprio simétrico
7	Como [AC]//[BA'] e
8	N é o ponto médio do segmento [AC] e
9	O é o ponto médio do segmento [A'B] e
10	Os segmentos [NM] e [OM] tem o mesmo comprimento
11	O é o simétrico de N
12	Sendo assim, [OM] é o segmento simétrico a [NM] com relação ao ponto M

Nesta solução, o aluno demonstrou que [OM] é o segmento simétrico de [NM]. Através dos operadores empregados por este aluno, pode-se inferir o aluno mobilizou a concepção denominada 'simetria central'.

5.2. Diagnóstico computacional

Do lado computacional, quando o sistema de diagnóstico é executado, 150 agentes diferentes são criados (30 agentes do tipo problema, 101 agentes do tipo operador e 19 agentes do tipo controle). Tomando-se o caso da solução apresentada na seção precedente (tabela 1), 10 agentes se tornaram ativos no momento do diagnóstico representando que eles estão relacionados ao contexto específico deste diagnóstico (1 agente-problema, 4 agentes-operador, e 5 agentes-controle). Cada agente é capaz de reconhecer os demais agentes e formar grupos (coalizões) com agentes afins. Através de um processo iterativo, estes agentes se organizam em grupos que representam suas preferências com relação às concepções possíveis de serem diagnosticadas. A cada execução, os agentes recalculam seus grupos de maneira a otimizar a formação de coalizões de agentes. Este processo de formação de coalizões e convergência a um diagnóstico não é, devido a sua complexidade, apresentado em detalhes neste artigo. Uma apresentação detalhada dele pode ser encontrada em [10]. A figura 9 apresenta 5 execuções diferentes representando processos de formação de coalizões para o exemplo e respectiva solução que vêm de ser apresentados. A ordem de execução de cada agente tem uma influência sobre a ordem da formação de coalizões formadas. Observe que a convergência do processo é alcançada após 137 (indo até 150) interações. O número de coalizões formadas variou entre 28 e 40. No final, as coalizões são interpretadas de acordo com as suas posições no espaço vetorial pelo nível macro. Neste exemplo, todas as 5 execuções convergiram à formação de 2 coalizões (tabela 2).

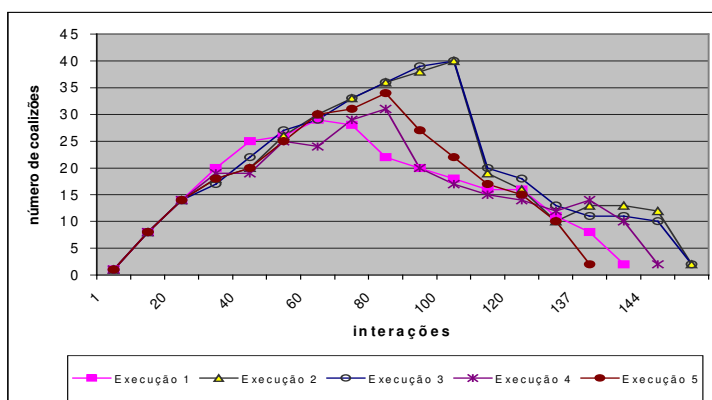


Figura 9. Número de coalizões por interação em 5 execuções diferentes.

Tabela 2. Convergência dos agentes em duas coalizões.

Coalizão	Utilidade	Concepções
1	20	Simetria Central vetor*(0,0,1,0)
2	9	Paralelismo vetor*(0,1,0,0)

A posição de cada coalizão em um espaço vetorial de 4 dimensões indica a preferência dos agentes que a formam de acordo com quatro concepções candidatas (simetria central, paralelismo, simetria oblíquo e a simetria ortogonal, esta última a concepção correta).

5.3 Avaliação do diagnóstico automático

A avaliação apresentada neste artigo tem por objetivo comparar os resultados vindos do diagnóstico automático com os diagnósticos realizados pelas equipes de pesquisadores em didática da matemática anteriormente citadas. Para esta avaliação foi criado um corpus de soluções de alunos para 5 problemas distintos no domínio da simetria ortogonal. Estes problemas foram resolvidos por aproximadamente 150 alunos franceses (de 11 a 15 anos), os quais resolveram estes problemas em papel e lápis. A partir deste corpus de soluções, foram selecionados 28 alunos cujo comportamento face aos problemas foi analisado. A escolha destes alunos esteve baseada na diversidade de soluções apresentadas e no aparente engajamento demonstrado por eles nestas atividades.

O corpus de soluções dos alunos foi submetido ao diagnóstico das 3 equipes de pesquisadores em didática da matemática (Did@TIC de Grenoble-France, Math Education da Universidade de Bristol-UK e da Universidade de Pisa-Itália) [2]. Além de realizar um diagnóstico em termos de concepções sobre cada solução de cada aluno, foi solicitado a cada equipe apresentar argumentos a fim de justificar os resultados dos diagnósticos obtidos. Paralelamente o corpus de soluções foi submetido ao sistema multiagentes de diagnóstico automático.

Uma vez os diagnósticos concluídos, partiu-se para a comparação entre eles. Comparando-se os diagnósticos didáticos (realizados por equipes humanas) e o diagnóstico automático (realizado por equipes de agentes), pode-se constatar quatro situações distintas:

Situações de convergência total: em 17 casos observou-se a convergência integral entre os resultados obtidos pelo diagnóstico automático e pelos três diagnósticos didáticos.

Situações de convergência parcial: em 4 casos apenas uma convergência parcial foi observada. Esta situação se caracteriza pela convergência do diagnóstico automático com pelo menos uma das equipes didáticas. Em alguns destes casos, as equipes didáticas atribuíram um grau baixo de confiança aos seus diagnósticos o que refletia incerteza.

Situações de divergência: em 2 casos os diagnósticos didáticos divergiram do diagnóstico automático a respeito das concepções mobilizadas pelos alunos. As divergências detectadas foram principalmente ocasionadas pelo fato das soluções dos alunos apresentarem problemas de construção da prova, onde as hipóteses e conjecturas levantadas pelos alunos não conduziam a conclusão final da prova. As equipes de pesquisadores foram capazes de reconhecer este problema e realizar o diagnóstico com grau de certeza baixo. Já o diagnóstico automático não foi capaz de atribuir um diagnóstico convergente visto que a verificação da coerência lógica da prova cabe, no ambiente Baghera, ao agente mediador. O agente mediador foi nestes casos capaz de reconhecer que as hipóteses não permitiam demonstrar a conclusão apresentada pelos alunos.

Situações de difícil comparação: em 5 casos a comparação entre os diagnósticos didáticos e o diagnóstico automático não pôde ser realizada devido a divergências múltiplas entre as equipes didáticas no que diz respeito às concepções mobilizadas.

6 Conclusões

Este artigo apresentou Baghera, um ambiente de aprendizagem constituído a partir de uma comunidade educacional de agentes humanos e artificiais. Baghera foi concebido e implementado a partir de princípios importantes que levam principalmente em conta a interação entre alunos, professores e agentes artificiais, e que consideram que a aprendizagem é um processo complexo

onde não existem procedimentos gerais a seguir, mas ao contrário existem soluções locais e complementares que podem compor o meio através do qual alunos podem aprender.

Neste artigo alguns dos resultados alcançados até o momento foram apresentados. As primeiras experimentações visando a avaliação dos SMA (alto e baixo nível) foram descritas. O sistema Baghera foi avaliado pelos parceiros do projeto europeu em 2003, especialmente no que diz respeito a sua utilização e ao diagnóstico das concepções do aluno. Dentre os desafios do trabalho envolvendo a aplicação da inteligência artificial para o desenvolvimento de sistemas educativos, considera-se a transposição informática das teorias educacionais o maior deles. As teorias educacionais são sem dúvida complexas, o que faz com que a implementação computacional não se revele uma tarefa fácil.

Baghera pertence a uma classe de ferramentas de software complexas. Do ponto de vista computacional, a abordagem multiagentes auxiliou analistas e programadores a modelar e conceber uma aplicação onde componentes, ferramentas, teorias educacionais e processos de tomada de decisão deviam operar juntos. Neste contexto, múltiplos agentes (às vezes divergentes) devem coexistir e cooperar. Parte desta integração recai sobre aspectos tecnológicos onde os padrões FIPA, assim como a utilização de ontologias, facilitam a realização da tarefa. Entretanto, uma outra parte do processo depende de mecanismos capazes de buscar a coerência global do ambiente, mesmo nos casos onde agentes divergem. Como conclusão, nós consideramos que a abordagem multiagentes se mostrou suficientemente flexível e robusta para lidar com esta classe de aplicações educacionais onde aspectos cruciais para o desenvolvimento de um ambiente, tais como a distância entre usuários e recursos, a necessidade de cooperarem entidades distintas e a integração de componentes de software heterogêneos, são encontrados.

Referências

1. Balacheff, N. (2000) A modelling challenge: untangling learners' knowing. In: Journées Internationales d'Orsay sur les Sciences Cognitives: L'apprentissage, JIOSC2000, Paris.
2. BAP (2003). Designing an hybrid and emergent educational society. Rapport du projet Baghera BAP, February 2003 (<http://www-baghera.imag.fr>).
3. Cabri Java. <http://www.cabri.net/cabrijava/>
4. Caferra, R.; Peltier, N.; Puitg, F. (2000) Emphasizing human techniques in geometry automated theorem proving: a practical realization. In: Workshop on Automated Deduction in Geometry, Richter-Gebert J., Wang D.(eds). Zurich, Switzerland, pages 38-59.
5. Confrey, J. (1990) A review of the research on students conceptions in mathematics, science, and programming. In: Courtney C. (Ed.) Review of research in education. American Educational Research Association 16, pp.3-56.
6. FIPA- Foundation for Intelligent Physical Agents. <http://www.fipa.org/>
7. JATLite - Java Agent Template, Lite. Available at <http://java.stanford.edu/>.
8. Sandholm, T.W. (1999) Distributed Rational Decision Making. In: Multiagent Systems: A Modern Introduction to Distributed Artificial Intelligence, Weiß, G., MIT Press, 1999. pp.201-258.
9. Webber, C. From errors to conceptions – A student diagnosis approach. In : Proceedings of the Intelligent Tutoring Systems Conference (ITS 2004), Lecture Notes in Computer Science 3220, Springer Verlag Berlin, 2004. pp.710-719.
10. Webber, C., Pesty, S. Emergent diagnosis via coalition formation. In: Proceedings of the 8th Iberoamerican Conference on Artificial Intelligence (IBERAMIA 2002), Garijo, F. (Ed.), Lecture Notes in Artificial Intelligence 2527, Springer Verlag Berlin, 2002. pp.755-764.
11. Weiss, G. (Ed.) (1999). Multiagentes Systems - A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence. The MIT-Press.