

A Adaptação do Ambiente AulaNet para dar Suporte a Grupos de Aprendizagem e sua Formação Utilizando os Conceitos de Agentes de Software

Leonardo Magela Cunha, Hugo Fuks, Carlos José Pereira de Lucena
Laboratório de Engenharia de Software
Departamento de Informática
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUC-Rio
R. Marquês de São Vicente, 225, Gávea, 22453-900, Rio de Janeiro, RJ
TEL: +55 (21) 3114-1500, FAX : +55 (21) 3114-1530
{leocunha, hugo, lucena}@inf.puc-rio.br

Resumo

Em Engenharia de Software a utilização de sistemas multi-agentes possibilita um nível de abstração mais adequado para o tratamento de problemas complexos e distribuídos. Um exemplo é o caracterizado pelos ambientes de trabalho e aprendizagem em grupo. Atualmente a complexidade do trabalho e a disseminação das tecnologias da informação e comunicação valorizam e potencializam o trabalho em grupo. O apoio computacional fornecido para este trabalho, denominado *groupware*, baseia-se na pesquisa de *Computer Supported Cooperative Work*. Este trabalho apresenta o estudo e a forma como foi implementado um sistema multi-agentes para o auxílio à formação de grupos no ambiente AulaNet.

Palavras-chave:

Formação de grupos, *Groupware*, Agentes de software, Educação a Distância.

Adapting the AulaNet Environment to Support Learning Groups and The Use of Software Agents Concepts to Help Teachers Setting Groups of Learners

Abstract

In this work, it is presented how an environment for distance learning, AulaNet, was prepared to support groups. Besides that, software agents were used to help teachers in setting groups of learners. The complexity of work and the dissemination of the information and communication technologies value and make group work a potential allied for the educational or commercial organizations. The AulaNet supports learning in groups and can also be used to support group work, so it is a *groupware* system that is based on the research from *Computer Supported Cooperative Work*. In Software Engineering, multi-agent systems provide a properly level of abstraction for the treatment of complex and distributed problems as those characterized by distributed environments such as AulaNet.

Keywords:

Group Formation, *Groupware*, Software agents, Distance Learning.

1. Introdução

Com a disseminação dos ambientes computacionais para o suporte ao trabalho, investigam-se formas de apoiar trabalhadores e aprendizes a produzirem mais e/ou com mais qualidade. Outro objetivo destes ambientes é possibilitar um registro das atividades, gerando uma espécie de memória do trabalho que auxilia tanto organizações quanto indivíduos. O trabalho em grupo é uma das demandas das organizações atuais, a maioria delas deseja que seus membros sejam capazes de exercer as suas habilidades sociais no ambiente de trabalho para conseguir um maior ou melhor aproveitamento em suas funções. Para apoiar o trabalho individual através da WWW, oferecer o treinamento e as ferramentas adequadas parece suficiente. Mas como seria possível apoiar o trabalho em grupo? Não basta apenas oferecer o treinamento e as ferramentas e deixar o indivíduo à sua própria mercê. É preciso apoiá-lo e fornecer suporte para que ele possa encontrar outros indivíduos para se comunicar. A partir desta comunicação surgem compromissos que precisarão ser cumpridos. Os indivíduos irão interagir, cooperando ou competindo, e então surge a necessidade de coordenação dessa interação, ou seja, do trabalho em grupo.

Como as instituições de ensino devem preparar os indivíduos para o mercado de trabalho, elas necessitam de mecanismos capazes de refletir o que ocorre na realidade. Logo, é possível imaginar que também aprendizes precisam encontrar pares ou colegas para se comunicarem, depois interagirem e se coordenarem para que possam aprender.

A aprendizagem em grupo não é uma idéia nova, porém com a disseminação das tecnologias de redes de computadores percebe-se um novo alento na utilização da mesma. Há uma gama variada de novas aplicações e possibilidades, entretanto um dos maiores desafios é o período de transição em que se transportam as aplicações, métodos, metodologias e técnicas do mundo real para o virtual.

A simples tentativa de refletir o mundo real no virtual, pode ser empobrecedora, visto que há limitações no mundo virtual que antes não existiam. Já as tentativas de se criar algo completamente novo são desafiadoras e devem ser encorajadas. Entretanto o desenvolvimento destes processos podem tomar tempo suficiente para torná-los desinteressantes aos olhos de investidores e educadores ávidos por novas soluções. Assim, a solução que nos parece adequada são processos híbridos, por exemplo, os de desenvolvimento “prototipado”, onde novas soluções vão sendo propostas, avaliadas através de protótipos e incorporadas ou não ao mundo virtual.

É então neste ponto que os trabalhos das áreas de *Computer Supported Cooperative Work* (CSCW) e Engenharia de Software se unem. Através dos estudos para o trabalho em grupo e os métodos para o desenvolvimento de software é possível modelar e projetar software apto para dar apoio a grupos, conhecido como *groupware*.

Reproduzir as interações e o trabalho que ocorrem no mercado é uma das formas de preparar os aprendizes para este mercado. O primeiro objetivo deste trabalho é apresentar como o suporte aos grupos foi implementado no ambiente AulaNet [Lucena *et al.*, 1999] que é um *groupware* desenvolvido para o ensino e aprendizagem na *Web*.

Já com a proliferação de ambientes computacionais heterogêneos, o acesso a grandes quantidades de informação distribuídas pelas redes e a complexidade do mundo real transforma-se rapidamente como as pessoas aprendem. A tecnologia de agentes se apresenta como uma estratégia promissora para ser aplicada aos desafios atuais dos ambientes educacionais modernos que estão cada vez mais influenciados por tecnologias

como Internet e Inteligência Artificial. Em especial a Inteligência Artificial está sempre provendo mecanismos para serem aplicados às áreas pedagógicas, como por exemplo, os sistemas especialistas de outrora e que ainda têm suas aplicações nos dias atuais. Com o surgimento da Inteligência Artificial Distribuída [Weiss, 1999] vivenciou-se e vivencia-se um momento de fortalecimento dos conceitos de agentes de software e também percebe-se um redirecionamento destes conceitos para a Engenharia de Software [Jennings & Wooldridge, 2000].

Segundo Weiss [1999] uma das razões para a utilização da Inteligência Artificial Distribuída é a capacidade que os sistemas multi-agente tem de exercer um papel fundamental na Ciência da Computação tanto no futuro quanto no presente. As plataformas computacionais e os ambientes de informação modernos são distribuídos, grandes, abertos e heterogêneos. Essas características se aplicam diretamente aos ambientes de instrução baseada na Web. Agentes de software podem influenciar diferentes campos em sistemas educacionais. Eles fornecem novos paradigmas educacionais, suportam teorias, e podem auxiliar tanto alunos quanto professores na tarefa de aprendizado auxiliado por computador [Aroyo e Kommers, 1999].

Desta forma, o segundo objetivo deste trabalho é apresentar como foi implementado um sistema multi-agentes (SMA) para a formação de grupos de aprendizes em turmas de um curso no ambiente AulaNet.

O artigo encontra-se estruturado da seguinte forma: na próxima seção são descritas algumas considerações sobre grupos. Na seção 3, é apresentado como o ambiente AulaNet foi reprojetoado para permitir a utilização de grupos dentro das turmas de um curso. A partir deste suporte investigou-se a tecnologia de agentes de software e como poderia ocorrer sua aplicação no ambiente, o que é apresentado na seção 4. Na seção 5, apresenta-se como foi implementado um sistema multi-agentes para apoiar a formação de grupos no AulaNet, assim como alguns trabalhos relacionados. A partir da comparação destes com o SMA implementado, identificam-se diversos trabalhos futuros. Um trabalho futuro também abordado na seção 5 é a criação de uma federação de servidores AulaNet onde seria possível a formação de grupos com membros (em diferentes servidores) de diferentes turmas de um curso. Por fim, na seção 6 são apresentadas considerações sobre o trabalho desenvolvido.

2. Trabalho e Aprendizagem em Grupo

Na última década vimos uma explosão na utilização de grupos, principalmente influenciada pelo sucesso alcançado pela indústria japonesa nas décadas de 70 e 80 através do uso efetivo de pequenos grupos. Outro fator que também contribuiu para essa explosão foi a grande quantidade de pesquisa realizada por pesquisadores americanos e europeus nas décadas de 50 e 60 [Lipman-Blumen e Leavitt, 2001].

Já no setor educacional, segundo Barker e Barker [2001], o interesse por grupos vem desde a década de 60, mas os primeiros trabalhos surgiram já na década de 40 quando pesquisadores, como Lewin [1948], examinaram grupos a partir do comportamento de seus membros. A partir do trabalho de Vygotsky [1987] a utilização de grupos tomou um impulso maior, pois suas teorias embasavam a experiência de muitos em que através da discussão há uma consolidação do conhecimento e a descoberta de novas soluções.

No livro *Peopleware*, DeMarco e Lister [1999] apresentam informações sobre como desenvolvedores de software utilizam o seu tempo nos diversos modos de trabalho. Em um

dia típico, 50% do tempo se trabalha com outra pessoa, 30%, sozinho e os 20% restantes trabalha-se com duas ou mais pessoas.

Desenvolver e melhorar habilidades individuais para o uso do conhecimento, aceitar responsabilidades pela aprendizagem individual e do grupo, desenvolver a capacidade de refletir sobre as suas próprias suposições expressando suas idéias para o grupo, desenvolver habilidades sociais e de grupo são algumas das vantagens que podem ser auferidas pelo trabalho em grupo.

Além destas vantagens também há desvantagens, medos e até mesmo resistências que precisam ser vencidas. Pode-se destacar no meio educacional o medo de não cobrir toda a ementa do curso, a resistência de alguns aprendizes em assumir um papel mais ativo, habilidades sociais e de grupo pouco desenvolvidas e a definição de uma forma de avaliação.

2.1. Considerações sobre Grupos

Uma das formas de distinguir um grupo de outro é analisar os limites objetivos e subjetivos dos mesmos, assim como uma pessoa tem seus limites físicos e psicológicos [Jaques, 2000]. Os limites objetivos de um grupo são, por exemplo, o tempo de duração e o espaço que serão reservados para a execução de uma atividade por aquele grupo. Como destaca Lipman-Blumen e Leavitt [2001], um grupo não dura para sempre e o tempo de vida dos grupos pode ser definido por vários fatores, como a saída de um membro, o término de uma atividade entre outros tantos.

Os limites subjetivos podem ser exemplificados pelo limite da atividade que está sendo desenvolvida pelo grupo, ou seja, o que o grupo deve ou não fazer. Outro exemplo é o limite de entrada de participantes, isto é, um processo pelo qual um candidato precisa passar para se tornar membro do grupo. Este último limite pode ser percebido claramente quando da chegada de um novo membro em um grupo já estabelecido.

O tamanho de um grupo é um de seus limites objetivos e há pesquisadores que acreditam que o número mínimo de membros seria três para que ocorra algum comportamento de grupo, porém os pares são também uma forma de grupo que deve ser considerada. Por exemplo, segundo Kay [2001], os pares têm um papel importante na aprendizagem, criando oportunidades naturais para o aprendiz articular o seu entendimento, refletir e justificar ações. Segundo Jaques [2000] o tamanho pode influenciar em outras características de um grupo como a estrutura, organização, frequência da interação entre os membros, necessidade de sub-grupos entre outras.

O tamanho de um grupo influi também na forma como os membros “sentem” o grupo, ou seja, em um grupo pequeno muitas vezes é complicado diferenciar os sentimentos individuais dos sentimentos do grupo. Já em grupos maiores essa distinção é mais clara. Outro aspecto influenciado pelo tamanho do grupo é a quantidade de trabalho produzida por seus membros, por exemplo, em grupos de discussão com muitos membros, a quantidade de mensagens por membro não é tão grande quanto em grupos menores, onde é preciso que cada participante envie mais mensagens para que haja um volume considerável das mesmas.

A avaliação de um grupo pode ser realizada levando-se em consideração tanto os limites objetivos quanto os subjetivos, mas ainda assim muita cautela é necessária para que não haja desmotivação. Conforme apresentado em [Lipman-Blumen e Leavitt, 2001] avaliar os indivíduos pode despertar raiva e frustração independente do trabalho desses indivíduos estar associado a grupos. Entretanto quando isso ocorre em um grupo o melhor seria apoiar,

incentivar e avaliar o grupo como um todo e permitir que o grupo avaliasse os seus membros.

Para Perkins [1993], a partir do ponto de vista da cognição distribuída, avaliar um trabalho em grupo através da performance individual é tão sem sentido quanto avaliar um pintor sem o seu pincel. Como em um ambiente de trabalho o gerente não têm muitos recursos para saber quem trabalhou muito e quem estava só “a passeio” em um grupo, assim também o professor não dispõe de muitos recursos para saber o quanto um aprendiz, que está realizando um trabalho em grupo, está se empenhando. Logo é importante fornecer ao gerente ou ao professor formas de avaliação que se apliquem aos casos em que ele possui algum recurso para identificação de progressos individuais e para quando isso não ocorre.

2.2. *Aprendizagem Colaborativa*

A teoria das inteligências múltiplas [Gardner, 1993] fornece uma visão mais abrangente do que a visão puramente acadêmica de aprendizagem. Para Gardner, inteligência é a capacidade de resolver problemas ou formatar produtos que são valorizados em um ou mais ambientes culturais.

A classificação apresentada no trabalho citado é composta de oito modalidades ou estilos de aprendizagem e uma destas é a inteligência interpessoal. A inteligência interpessoal refere-se às necessidades de interação e compartilhamento de um aprendiz com os demais. Os aprendizes se beneficiam dos aspectos cooperativos do trabalho em grupo e outras tarefas que promovam relacionamentos interpessoais tanto dentro quanto fora da sala de aula.

Segundo Dillenbourg [1999] não existe uma definição comum de aprendizagem colaborativa que seja aceita por todos os campos de pesquisa. Isto ocorre devido ao uso indiscriminado da palavra colaboração, muito em voga nos dias atuais. Porém o próprio Dillenbourg apresenta a seguinte definição geral, ainda que insatisfatória segundo o mesmo. Aprendizagem colaborativa é uma *situação* em que *duas ou mais* pessoas *aprendem* ou tentam aprender algo *juntas*. Cada elemento dessa definição pode ser interpretado de diversas formas.

O número de aprendizes pode variar de pares, passando por pequenos grupos até sociedades com milhares de pessoas. Já o termo “aprender” pode significar desde o acompanhamento de um curso até a aprendizagem a partir da prática contínua (*learn from lifelong work practice*). A forma de interação descrita pelo termo “juntas” pode significar interação face-a-face ou mediada por computador, assíncrona ou síncrona, que ocorre ou não com frequência, que é realizada através de um esforço conjunto ou onde o trabalho é dividido.

Seguindo o conceito de aprendizagem colaborativa, Dillenbourg define três dimensões dentro do espaço deste tipo de aprendizagem. São elas a variedade de escalas e os significados de aprendizagem e colaboração.

A primeira das dimensões influi diretamente na “escalabilidade” das pesquisas. Uma vez que resultados empíricos obtidos de pequenos grupos aprendendo poucos assuntos não podem ser generalizados para grandes grupos trabalhando em um curso e vice-versa. A variedade de escalas também pode ser percebida na visão do indivíduo como um sistema cognitivo distribuído enquanto o grupo é visto pela cognição distribuída como um sistema único [Minsky, 1987]. É estranho falar de colaboração com si próprio, porém as idéias de Piaget e de Vygotsky [1987] de que o pensamento resulta de diálogos internalizados tornam essa visão menos caótica e plausível.

Para Dillenbourg a variedade de usos da palavra aprendizagem, leva a dois entendimentos distintos de aprendizagem colaborativa. Um é o método pedagógico em que se diz que dois ou mais indivíduos devem colaborar e é esperado que eles aprendam. O outro é o processo psicológico onde se observam indivíduos e a colaboração é vista como o mecanismo que causou o aprendizado. Porém a confusão entre esses dois entendimentos pode levar a afirmações exageradas sobre a efetividade da aprendizagem colaborativa.

Assim, as palavras “aprendizagem colaborativa” descrevem uma situação em que formas particulares de interação entre duas pessoas são esperadas e que desencadeariam mecanismos de aprendizagem, mas não há garantias que elas ocorram. Portanto é necessário aumentar a probabilidade de alguns tipos de interação ocorrerem, o que pode ser alcançado de quatro formas distintas.

A primeira forma é fornecer condições iniciais, projetando cuidadosamente a situação para que haja uma probabilidade maior de interação. Uma segunda forma é supervalorizar o “contrato de colaboração” com um cenário baseado em papéis, por exemplo, criando discussões onde grupos de aprendizes precisam defender pontos de vista distintos ainda que estes não sejam os seus.

Apoiar interações mais produtivas pela inclusão de regras de interação no ambiente de aprendizagem (auxiliado por computador) é uma terceira forma. Em uma sessão de aprendizagem face a face é comum definir um tema para discussão, já em *Computer Supported Cooperative Learning (CSCL)* é possível reforçar essas regras em ferramentas de comunicação através da estruturação e categorização de mensagens conforme apresentado por Fuks *et alli* [2002a]. Algumas das vantagens da utilização destas estratégias são um maior aprofundamento na discussão e a redução da sobrecarga de informação.

Por fim, a quarta forma seria a monitoração e regulação das interações. Essas estratégias poderiam ser utilizadas pelos docentes para fornecer dicas ou conselhos sobre o direcionamento do trabalho dos grupos, facilitando assim a aprendizagem.

A última dimensão dentro da aprendizagem colaborativa portanto é o significado do termo colaboração. Segundo Dillenbourg [1999], colaboração está relacionada a quatro diferentes aspectos de aprendizagem: situação, interações, mecanismos e os efeitos da aprendizagem colaborativa. Uma situação pode ser mais ou menos colaborativa, por exemplo, é mais fácil ocorrer colaboração entre colegas do que entre um subordinado e seu chefe. Já as interações também possuem níveis diferentes de colaboração, por exemplo, negociação parece ser mais colaborativa do que dar ordens. Alguns mecanismos de aprendizagem são intrinsecamente mais colaborativos.

O último dos aspectos (efeitos da aprendizagem colaborativa) não é usado para definir colaboração, mas é levado em consideração por corroborar com a confusão terminológica do campo devido às diferentes formas de se avaliar a aprendizagem colaborativa. Assim, para entender a aprendizagem colaborativa é necessário entender a relação entre os quatro itens apresentados. Em um primeiro momento a situação gera padrões de interação, essas interações ativam mecanismos cognitivos que por sua vez geram efeitos cognitivos. Contudo essa linearidade é uma simplificação, sendo que a maioria das relações é recíproca.

Com os conceitos de grupos e aprendizagem colaborativa em mente, a pergunta que surge é como apoiar e possibilitar as interações dos grupos através de software. Para responder a esta pergunta, na próxima seção são apresentados conceitos sobre software para o trabalho em grupo.

2.3. Groupware

Um *groupware* é um tipo de software que apóia a interação entre indivíduos, ou seja, a interação entre os membros de um grupo de trabalho para a realização de um objetivo comum. Para Ellis e Wainer [1999], *groupware* é a tecnologia de hardware e software que apóia a interação de grupos. Já Khoshafian e Buckiewicz [1995] definem *groupware* como uma tecnologia que se refere às vastas áreas da colaboração, à interação humano-computador e à interação humano-humano, através da mídia digital, trazendo melhorias e transformações substanciais às organizações.

Baecker [1993] diferencia *Groupware* de *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)*, apontando CSCW como a área que estuda as atividades colaborativas assistidas por computador, e *groupware* como o software multi-usuário que apóia CSCW. Ellis e Wainer [1999] compartilham de uma visão semelhante, onde CSCW é o campo de pesquisa que estuda o uso das tecnologias de comunicação e computação que apóiam atividades de grupo. Ainda segundo eles, CSCW têm toda uma vertente preocupada com teorias, *frameworks* e modelos matemáticos.

Assim, CSCW inclui o desenvolvimento teórico de modelos de equipes, organizações e sistemas sociais. A seguir apresenta-se um modelo do trabalho em grupo e posteriormente faz-se uma breve descrição da especificação IMS *Enterprise* e o seu relacionamento com grupos de trabalho de uma organização.

O fluxo de trabalho apoiado por mecanismos *groupware* pode ser representado como no modelo apresentado na **Erro! Argumento de opção desconhecido.** [Fuks *et al.*, 2002]. Este modelo é baseado na tríade Comunicação, Coordenação e Cooperação [Ellis *et al.*, 1991] [Borghoff & Schlichter, 2000], ou seja, para trabalhar colaborativamente um indivíduo tem que compartilhar idéias (se comunicar), estar em sintonia com os outros membros do grupo (se coordenar) e realizar suas tarefas de maneira satisfatória (cooperar) [Fuks *et al.*, 1999].

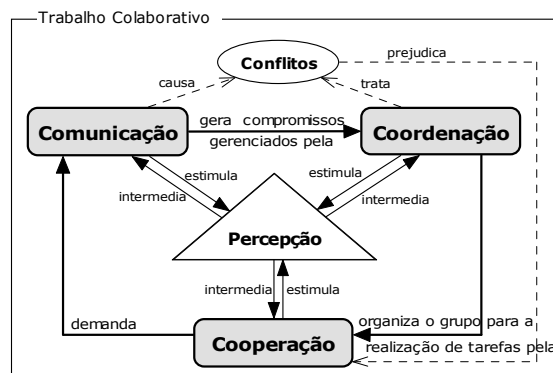


Figura 1 - Diagrama de modelagem do trabalho em grupo [Fuks *et al.*, 2002]

Percebe-se na **Erro! Argumento de opção desconhecido.** a ocorrência de um ciclo, indicando que os indivíduos devem se comunicar para coordenar seus esforços de trabalho e cooperar em torno de um objetivo. Para cooperação, há a necessidade de comunicação, seja ela direta ou por informações obtidas dentro do ambiente onde o trabalho ocorre. Em cada relacionamento, há o estímulo fornecido pelas informações de percepção e que possibilitam a ocorrência do entendimento compartilhado em torno de uma tarefa ou de todo o processo [Fuks & Assis, 2001]. A sobrecarga de informação [Fussel *et al.*, 1998] é

um dos efeitos não desejados da colaboração e não pode ser menosprezada já que a sua influência no trabalho pode significar redução quantitativa ou qualitativa na produtividade.

2.3.1. A Especificação IMS *Enterprise*

Em organizações, um dos segredos para que haja uma boa integração humano-máquina é permitir que os trabalhadores determinem os recursos para fazer o seu trabalho de forma mais produtiva, maximizando assim o desempenho geral da empresa [Dertouzos, 2001].

A maioria das organizações, educacionais ou não, possui sistemas para administração de treinamento, gerenciamento de recursos humanos, administração de estudantes, gerenciamento financeiro, gerenciamento de bibliotecas entre outros. Logo, espera-se que sistemas de gerenciamento instrucional possam se integrar como parte deste ambiente de sistemas *enterprise* [IMS ENT, 2001].

Grupos de organizações acadêmicas, comerciais, governamentais e consórcios industriais estão colaborando para definir meios de possibilitar a interoperabilidade entre produtos e conteúdos educacionais. Destes, os projetos do Instructional Management Systems Global Consortium (IMS) [IMS, 2001], Aviation Industry Computer-Based Training Committee (AICC) [AICC, 2001] e IEEE Learning Technology Standards Committee [IEEE, 2001] são os principais [Silva *et al.*, 2001].

Uma das especificações propostas pela IMS é a IMS *Enterprise* cujo objetivo é a definição de um conjunto de estruturas que podem ser usadas para a troca de dados entre sistemas baseados na internet para gerenciamento instrucional e outros sistemas *enterprise* utilizados para apoio às operações de uma organização. Essas estruturas fornecem *data bindings* padronizados que possibilitam aos desenvolvedores de software criarem processos de gerenciamento instrucional que interoperem com outros sistemas desenvolvidos independentemente [IMS ENT, 2001].

A visão conceitual do modelo de dados da especificação IMS *Enterprise* é apoiada pelo uso de três objetos de dados. São eles:

Pessoa – contém elementos descrevendo um indivíduo de interesse do ambiente de gerenciamento instrucional;

Grupo – este objeto contém elementos descrevendo um grupo. Existem vários tipos de grupos que podem ser compartilhados entre os sistemas *enterprise* e os sistemas de gerenciamento instrucional, por exemplo, as turmas de um curso ou os (sub-)grupos dentro de uma turma. Um grupo também pode possuir qualquer número de relacionamento com outros grupos;

Participação em Grupo (*Group Membership*) – contém elementos que descrevem a participação de uma pessoa em um grupo. Membros de um grupo podem ser instrutores, aprendizes, gerentes, administradores, entre outros.

A partir dos conceitos de groupware e também de uma especificação para intercâmbio de informações sobre grupos em um ambiente de gerenciamento instrucional passa-se a apresentar o Ambiente AulaNet e como ele foi preparado para dar suporte a grupos.

3. Ambiente AulaNet

O AulaNet [Lucena *et al.*, 1999] é um ambiente para ensino e aprendizagem na *Web*, cujo desenvolvimento vem se realizando desde Junho de 1997 no Laboratório de Engenharia de Software do Departamento de Informática da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio). O AulaNet se baseia nas relações de trabalho cooperativo que se manifestam nas interações dos aprendizes com seus instrutores, com outros aprendizes e com os conteúdos didáticos. O AulaNet difere dos outros ambientes de aplicação de cursos via Internet por se utilizar de uma abordagem *groupware*, ou seja, ele também é um sistema para suporte ao trabalho em grupo.

3.1. A Estrutura de um Curso

A partir da análise da implementação de um curso no AulaNet apresenta-se na **Erro! Argumento de opção desconhecido.**, através de um diagrama de classes UML, a estrutura dos cursos no ambiente. A um curso estão associados conteúdos didáticos, entre eles as webliografias, aulas, avisos, bibliografias e documentações, dependendo da configuração escolhida pelo coordenador no momento de criação e/ou atualização do mesmo.

A maioria das classes apresentadas é mapeada diretamente em tabelas no banco de dados. Na tabela Conteúdo, os registros são identificados por um nome, uma descrição e outros atributos para ordenação e apresentação. Quando há a necessidade de algum atributo extra, como no caso da Webliografia onde é necessária uma URL (*uniform resource locator*), é criada uma especialização do conteúdo, ou seja, uma tabela que referencia o conteúdo e apenas incorpora o novo atributo.

Também estão associados ao curso as Provas e as Tarefas, desta forma todas as turmas de um curso têm que resolver a mesma prova ou tarefa. Percebeu-se pela utilização do ambiente que isso é comum, porém há a necessidade de aplicação de diferentes tarefas e provas em diferentes turmas. Um exemplo é o curso de Projeto de Sistemas de Software do Departamento de Informática da PUC-Rio. Neste curso há duas turmas: uma de graduação e outra de pós-graduação. Elas utilizam os mesmo conteúdos, mas têm prazos e até mesmo tarefas diferentes.

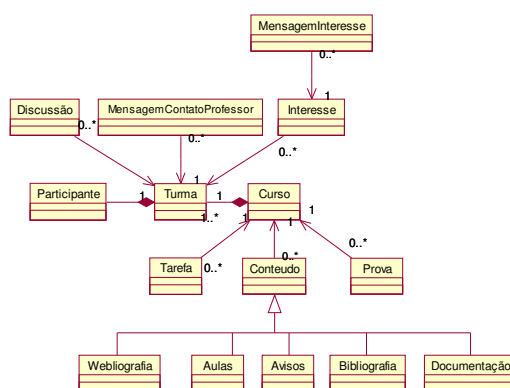


Figura 2 - Estrutura (diagrama de classes) de um curso no AulaNet

Um curso é composto de uma ou mais turmas. E a cada turma estão associadas as mensagens da Lista de Discussão (Discussão), as mensagens de Contato com os Docentes (MensagemContatoProfessor) e as Conferências (Interesse).

Dos mecanismos disponíveis no ambiente, alguns não se encontram no diagrama apresentado na **Erro! Argumento de opção desconhecido.**: Debate, Mensagem para Participantes, Co-autoria de Docente, Co-autoria de Aprendiz, Acompanhamento da Participação e Download.

O serviço Debate não permite o armazenamento das sessões de bate-papo dentro do ambiente. Porém os participantes têm a sua disposição a possibilidade de receber uma cópia da transcrição do debate no endereço de correio eletrônico especificado quando do registro no ambiente. A participação dos membros da turma no debate é registrada pelos mediadores do curso e armazenada seguindo o padrão estabelecido pelo mecanismo de Acompanhamento da Participação [Fuks & Assis, 2001].

Sobre o serviço de Mensagem para os Participantes nenhuma informação é armazenada no ambiente. Este serviço possui dois modos de operação dependendo do participante que se deseja contactar estar conectado ao ambiente ou não. No primeiro caso ocorre comunicação em tempo real entre os participantes através de janelas do navegador no estilo do software ICQ para troca de mensagens instantâneas. No segundo caso, o cliente de correio eletrônico instalado na máquina do participante é invocado para o envio de uma mensagem que não será registrada no ambiente.

O serviço de Co-autoria de Docentes permite que outros docentes dentro do ambiente auxiliem o docente coordenador na criação e manutenção do curso. Para possibilitar a identificação da autoria, há um atributo na maioria dos elementos de um curso que é autor. Por exemplo, é possível determinar o responsável pela criação de um determinado conteúdo didático ou tarefa.

Já o serviço Co-autoria de Aprendiz permite que o aprendiz crie conteúdos que depois serão validados pelo coordenador do curso e possivelmente incorporados ao curso. Também é permitido ao coordenador avaliar estes conteúdos criados pelos aprendizes e essa avaliação assim como a dos debates é realizada no padrão do Acompanhamento da Participação.

3.2. Suporte a Grupos no AulaNet

No AulaNet, é possível criar um curso e em um curso podem haver diferentes turmas com seus respectivos mediadores. Uma necessidade percebida com o uso do ambiente foi a formação de grupos dentro destas turmas, por exemplo, para resolver uma tarefa, como escrever um artigo ou projetar um software.

Para possibilitar o suporte aos grupos dentro das turmas cogitou-se a utilização das estruturas de dados do mecanismo de Acompanhamento da Participação. Isto tornaria possível registrar a produção dos grupos em atividades como tarefas, exames e mensagens enviadas pelo ambiente.

Entretanto a necessidade de manter um registro individual da participação dos membros do grupo e a de registrar quais grupos executariam quais atividades foram notadas. As estruturas do Acompanhamento da Participação prevêm o registro da produção dos aprendizes, mas não o registro da atribuição de uma atividade a um aprendiz. Assim percebeu-se que estas estruturas não eram as ideais para o suporte a grupos.

No AulaNet, o único serviço que possibilitava a definição de quem deveria executar uma atividade era o de Co-autoria de Aprendiz. Neste serviço, o coordenador define quem são os aprendizes co-autores. Após a criação do conteúdo por parte do aprendiz, o coordenador pode validar (aproveitar) e avaliar a contribuição do mesmo. Logo o registro da contribuição pelo Acompanhamento da Participação pode ser uma co-autoria de aprendiz

aproveitada ou uma co-autoria de aprendiz não aproveitada, mas o registro da atribuição não é realizado através deste serviço.

Um grupo, no ambiente AulaNet, está relacionado diretamente com uma turma, e os membros deste grupo são todos aprendizes da turma.

Neste trabalho, não são abordados alguns fatores sociais e institucionais que aparecem em grupos grandes como definição de papéis para os membros dos grupos e instituição de normas ou regras de conduta, visto que já estamos tratando da subdivisão de uma turma. Isto não implica que a pesquisa sobre a interação do grupo seja menos importante, e sim que neste momento o que se pretende é fornecer um apoio inicial à utilização de grupos.

Ao registrar a atribuição de um grupo a uma atividade, é possível ter um mesmo grupo associado a atividades diferentes. Por exemplo, um grupo pode resolver uma primeira atividade, depois ocorrer a utilização de grupos de aprendizes diferentes durante as demais atividades e no fim os grupos iniciais serem utilizados novamente para discussão, resolução de uma atividade final ou para a geração de um relatório das atividades.

Para que o suporte a grupos pudesse ser implementado, algumas alterações foram necessárias na estrutura dos cursos conforme apresentado na **Erro! Argumento de opção desconhecido..** A primeira das modificações foi a “generalização” das atividades de uma turma representada pela classe ConteudoTurma, essa generalização incluiu também a mudança de algumas associações como as classes Tarefas e Provas que antes eram associadas a um curso e passaram a ser associadas a uma turma.

A necessidade de outros ajustes também foi percebida, como a padronização de termos e funcionalidades do ambiente. No AulaNet, há o conceito de certificação. Ao criar um conteúdo (Webliografia, bibliografia, aviso, documentação ou aula) o docente (Coordenador ou Docente Co-autor) pode definir se este conteúdo é certificado ou não. Ao certificar um conteúdo, este será exibido aos participantes do curso na área de consumo. Entretanto quando se criava uma tarefa, isto não era possível: todas as tarefas seriam automaticamente certificadas. Assim como as tarefas, a maioria das classes associada à turma não possuía o atributo de certificação. Com a criação da classe ConteudoTurma foi possível criar um identificador único para todos os tipos de atividades relacionadas com a turma e passíveis de serem associadas a grupos. E também resolver o problema da certificação, criando um atributo na classe ConteudoTurma.

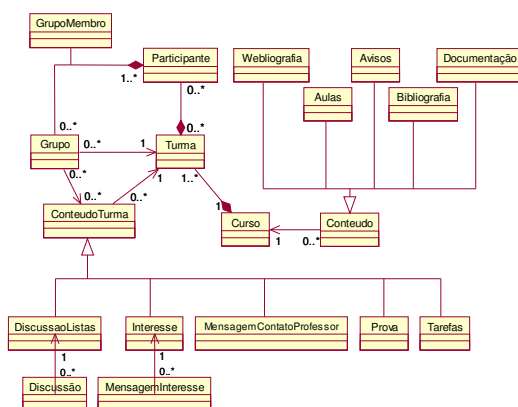


Figura 3 - Nova estrutura (diagrama de classes) de um curso no AulaNet

A estrutura de grupos apresentada na **Erro! Argumento de opção desconhecido.** e que foi implementada no AulaNet é inspirada na especificação IMS *Enterprise* apresentada na seção 2.3.1 . Percebeu-se que alguns dos elementos obrigatórios da especificação não estavam diretamente relacionados aos grupos implementados nos AulaNet. Esta constatação deixou claro que alguns destes elementos não eram atributos de um grupo e sim do relacionamento de um grupo e uma atividade (ConteudoTurma), por exemplo uma Tarefa do AulaNet.

A essência das atividades no AulaNet é diversificada, portanto para que a implementação dos grupos seja compatível com a especificação IMS *Enterprise*, é necessário analisar cada um dos relacionamentos entre os grupos e as atividades. A partir da experiência de utilização do ambiente, o serviço Tarefas foi o primeiro a ser alterado para dar suporte a grupos. Um mapeamento relacionando os elementos obrigatórios da especificação IMS e os Grupos e a atividade Tarefa pode ser encontrado em [Cunha, 2002].

A utilização das tecnologias da informação e as alianças entre organizações possibilitarão um processo mais fácil de (auto)geração de grupos dentro destas federações [Lipman-Blumen & Leavitt, 2001]. Acreditamos que em ambientes de ensino, novas características devam ser consideradas, como estilos de aprendizagem, preferências pessoais, pontos de vista e, de alguma forma, novas formas de avaliação realizadas por docentes ou pelos próprios aprendizes.

Um outro aspecto que deve ser considerado e estudado é a importância das relações entre os membros do grupo. Freud [1921], diz que as pessoas se tornam membros e permanecem em grupos por causa de ligações emocionais com outros membros. No inconsciente do membro do grupo ocorre uma introjeção de uma pessoa preferida ou das qualidades dessa pessoa e a projeção das próprias negatividades em um (outro) membro. A análise destas ligações pode levar a um maior intercâmbio de grupos de pessoas para ambientes educacionais e possivelmente de trabalho. Para tal, o intercâmbio entre sistemas *enterprise* e de gerenciamento instrucional é importante.

A partir do suporte a grupos, implementado no ambiente AulaNet, tornou-se possível a aplicação e utilização dos conceitos de agentes de software para o fornecimento de um serviço que apóia a formação de grupos de aprendizes, conforme será apresentado nas próximas seções. Com o estudo e a utilização desta tecnologia percebeu-se também o grande potencial na aplicação dos grupos e da tecnologia de agentes para dotar o ambiente de serviços ainda mais personalizados, distribuídos ou mesmo mais colaborativos. Com a criação de uma federação de servidores AulaNet será possível um maior intercâmbio de grupos de aprendizes entre diferentes servidores. Desta forma, mais experiências colaborativas poderão ser realizadas dentro do ambiente e também, com a utilização da especificação IMS *Enterprise*, em outros ambientes.

Destacam-se a seguir conceitos sobre agentes de software e como esta tecnologia pode ser utilizada em ambientes para o gerenciamento instrucional na *Web*. A partir destas potencialidades, destaca-se um sistema multi-agentes para o apoio à formação de grupos.

4. Agentes de Software

Para Jennings *et alli* [1998], agentes autônomos e sistemas multi-agentes representam uma nova forma de analisar, projetar e implementar software complexos. A abstração de agentes tem uma escala de aplicação ampla, que vai desde a criação de assistentes pessoais até sistemas para controle de tráfego aéreo, comércio eletrônico e suporte ao trabalho em grupo.

De acordo com Huhns e Singh [1998], com a necessidade de disponibilizar dados em qualquer local e a qualquer tempo, os ambientes de informação se tornam cada vez maiores, complexos e distribuídos. Para unir os diversos sistemas encontrados, muitos têm utilizado o paradigma de agentes para fornecer um *middleware* sintaticamente uniforme e semanticamente consistente. Já o dinamismo e a complexidade destes ambientes leva a necessidade de interfaces mais personalizadas e aqui também agentes pessoais podem auxiliar aos usuários.

4.1. Conceituação de Agentes de Software

Em 1995, o conceito de agentes de software ainda não era consolidado [Wooldridge & Jennings, 1995]. Em diferentes grupos de pesquisa, para se definir um agente, diferentes características podem se fazer necessárias o que leva a uma grande variedade de definições e características.

Franklin e Graesser [1996] fornecem uma visão geral sobre a definição de agentes autônomos. Vários conceitos e pontos de vista do que são agentes são apresentados para alcançar uma definição que possua a essência do conceito de agência, e que possa definir a mais ampla classe de agentes. Para eles, um agente autônomo é um sistema que sente e age no ambiente do qual faz parte, seguindo sua própria agenda e agindo de forma a atendê-la.

Wooldridge [1999] apresenta uma definição de agentes como sendo um sistema que está situado em um ambiente, e que é capaz de ações autônomas nesse ambiente para atingir os seus objetivos. Também é possível vê-lo reafirmar que ainda não há uma concordância na definição de agentes entre os pesquisadores, mas que existem características importantes que definem um agente, sendo a mais aceita a de autonomia. Outros atributos variam de importância dependendo do domínio de aplicação dos agentes.

O Green Paper [OMG, 2000] do Object Management Group (OMG) apresenta uma lista extensa com várias das características que um agente de software pode apresentar. Destacam-se a seguir algumas destas características:

- **Autonomia:** um agente autônomo é capaz de agir sem interferências externas de usuários ou de outros sistemas. Uma boa forma de se falar de autonomia não é a sua presença ou ausência e sim através de uma escala, ou seja, o quanto um agente tem controle sobre o seu estado interno e ações baseado em suas próprias experiências;
- **Interatividade:** esta característica está presente em agentes capazes de se comunicar com outros agentes e com o ambiente onde se encontram;
- **Mobilidade:** é a capacidade de se mover de um ambiente para outro;
- **Pró-atividade:** um agente pró-ativo é aquele capaz de tomar decisões, sem ter sido solicitado para tal, mas que atendam algum objetivo ou meta do mesmo. Neste

caso, o agente não reage apenas ao ambiente, ele tem propósitos e age orientado a metas.

- **Racionalidade:** agentes racionais são capazes de escolher uma ação a ser executada baseados em suas metas e no seu conhecimento de que uma ação particular vai levá-los mais próximos à conclusão de seu plano de metas.

Quando se adota uma visão orientada a agentes, a maioria dos sistemas não é passível de implementação através de um único agente, mas através de um conjunto deles, ou seja, um sistema multi-agentes. É esperado que os agentes possam interagir e se coordenar para atingir um objetivo comum. Muitas vezes porém um único agente pode ser suficiente como no caso de assistentes pessoais que não precisam interagir com outros agentes.

Sistemas multi-agentes são ideais para representar problemas que têm múltiplos métodos de solução, múltiplas perspectivas e/ou múltiplas entidades que executam a sua resolução [Jennings *et al.*, 1998]. Segundo Poslad *et alli* [2000], em sistemas multi-agentes, serviços heterogêneos distribuídos são representados como agentes de software autônomos que interagem utilizando uma Linguagem de Comunicação de Agentes ou ACL, baseada na teoria de atos da fala [Searle, 1969].

Para o OMG [2000], não se deve criar um agente que faça tudo, pois a possibilidade de enfrentar problemas de confiabilidade e eficiência é grande. Ao dividir as funcionalidades entre diversos agentes é possível conseguir modularidade, flexibilidade, manutenibilidade e extensibilidade. Também não se deve concentrar todo o conhecimento em um único agente, já que normalmente conhecimentos específicos estão distribuídos e quando necessários, basta integrá-los gerando uma visão mais ampla e atualizada.

4.2. Agentes no Ambiente AulaNet

Para Aroyo e Kommers [1999], agentes podem influenciar diferentes aspectos em sistemas educacionais. Eles fornecem novos paradigmas educacionais, apóiam teorias, e podem ser de muito auxílio tanto a aprendizes quanto a docentes na tarefa de aprendizado auxiliado por computador. A aplicação de agentes no setor educacional se dá principalmente na forma de assistentes pessoais, guias para usuários, sistemas alternativos de ajuda, arquiteturas dinâmicas de sistemas distribuídos, mediadores humano-sistema entre outros.

Com todas as mudanças que ocorrem no setor educacional, vê-se o surgimento cada vez maior de infraestruturas educacionais complexas e dinâmicas que precisam ser gerenciadas eficientemente e, ainda corroborando com isso, novos (tipos de) mecanismos e serviços educacionais precisam ser desenvolvidos e fornecidos.

Em particular esses serviços precisam atender a uma série de requisitos, por exemplo, personalização, adaptação, suporte para mobilidade do usuário, suporte para usuários enquanto lidam com novas tecnologias, efetividade, suporte a informação entre outros. Agentes surgem para fornecer soluções para estes requisitos de um modo mais eficiente em comparação com outras tecnologias existentes [Aroyo & Kommers, 1999].

Já para Lees e Ye [2001], a aplicação do paradigma de agentes a CSCW potencialmente pode: tornar a troca de informações mais fluida entre os participantes destes sistemas, fornecer suporte aos participantes (sistemas de suporte à decisão), auxiliar no controle de fluxos de processo e ainda fornecer interfaces para *groupware*. Estas idéias são também aplicáveis a outros domínios como é o caso do aprendizado interativo.

O Ambiente AulaNet teve o seu desenvolvimento baseado em CSCW e possui uma gama de oportunidades pedagógicas variadas, representada por seus serviços. Destacam-se a seguir possíveis elementos do ambiente que se beneficiariam da aplicação do paradigma de sistemas multi-agentes:

- Conteúdos do curso: conteúdos educacionais poderiam ser unidos dinamicamente através da utilização de agentes pedagógicos que determinassem as melhores seqüências de apresentação ou forma de exibição para os aprendizes baseados, por exemplo, nos perfis destes;
- Comunicação assíncrona: um maior intercâmbio entre os participantes de um curso poderia ser obtido pela utilização tanto de agentes pessoais para filtragem de mensagens [Maes, 1994] quanto para a criação de estruturas de *links* para mensagens relacionadas aos interesses dos participantes;
- Comunicação síncrona: a utilização de agentes pode auxiliar os docentes a mediar debates on-line [Jaques *et al.*, 2000] de forma a potencializar o aprendizado que ocorre nas trocas síncronas;
- Suporte ao trabalho em grupo: agentes de software podem ser utilizados para a formação [Olguín *et al.*, 2000] e apoio ao trabalho de grupos, turmas ou mesmo cursos inteiros;
- Outras possibilidades são a utilização de agentes para a troca de conteúdos e a utilização de agentes em realidade virtual em cursos a distância.

Conforme apresentado na lista acima, um ambiente de aprendizagem pode se tornar complexo o suficiente para instigar a utilização do paradigma de agentes. Com o desenvolvimento da tecnologia baseada em mobilidade, através da utilização de assistentes pessoais (PDAs) e telefones celulares, é apresentado também um novo desafio em relação à forma de acesso e apresentação de conteúdos educacionais.

Já a distribuição geográfica dos participantes, umas das mais difundidas vantagens dos ambientes de educação baseada na *Web*, só tem a ganhar com utilização do paradigma de agentes. Através da distribuição da computação pode ocorrer uma redução significativa na demanda de recursos computacionais nos servidores e uma maior personalização nos clientes. Como configurar os diversos agentes pessoais para realizar todas estas tarefas, ou como configurar um curso para utilizar todos estes tipos de agentes são questões ainda em aberto e carentes de pesquisa.

A utilização de agentes para a formação de grupos dentro do AulaNet é a primeira tentativa de incorporação de sistemas multi-agentes ao ambiente. Apresentam-se a seguir as justificativas para a utilização do paradigma orientado a agentes.

- Autonomia: a utilização do conceito de autonomia permite o encapsulamento dos interesses dos participantes de um curso. Por exemplo, o agente de um aprendiz pode dar preferência a participação em grupos onde o seu nível de interesse pelos tópicos em questão é maior;
- Interatividade: para que haja comunicação entre os agentes para o descobrimento de parceiros é necessário que eles utilizem um protocolo de comunicação, ou seja, é necessário que sejam interativos;
- Cooperação: os agentes dos aprendizes precisam cooperar, fornecendo e recebendo informações de quais seriam os melhores parceiros, para formarem os grupo pretendidos pelos docentes do curso;

- Pró-atividade: a capacidade de agir com ou sem a necessidade de interferências de usuários pode ser utilizada para permitir que agentes sugiram a formação de grupos, a partir da identificação dos interesses dos participantes em determinados tópicos e as atividades relacionadas em um curso. Uma outra forma de aplicação de pró-atividade seria a percepção das necessidades específicas de um conjunto de aprendizes e a sugestão da formação de um grupo de trabalho;
- Mobilidade: a mobilidade dos agentes possibilitaria a utilização de sistemas para formação de grupos entres diferentes servidores, o que é especialmente interessante em organizações dispersas geograficamente.

5. Agentes de Software para a Formação de Grupos no AulaNet

Para projetar o sistema multi-agentes (SMA) de apoio a formação de grupos se fez necessário modelar os aprendizes do ambiente AulaNet. São apresentadas a seguir algumas considerações sobre a modelagem destes aprendizes, a sua respectiva implementação no ambiente além de conceitos sobre como encontrar agentes que forneçam serviços ou informações desejadas por outros agentes. Logo após é apresentado o SMA para a formação de grupos e alguns trabalhos relacionados com a aplicação de agentes em educação e a formação de grupos. Então apresenta-se o conceito de uma federação de servidores AulaNet, onde seria possível a criação de grupos com membros (em diferentes servidores) de diferentes turmas de um mesmo curso. E por fim, são apresentados alguns trabalhos relacionados que são comparados com o SMA desenvolvido para o ambiente AulaNet e estas comparações destacam trabalhos futuros que podem ser realizados.

5.1. Modelagem dos Aprendizes

Segundo Kay [2001], nos primeiros ambientes de ensino apoiados por computador, queriam se construir “professores” para transmitir o conhecimento para os aprendizes. Atualmente, estes ambientes estão mais voltados para a exploração por parte do aprendiz, projetando, construindo e usando sistemas adaptativos como ferramentas. Estes ambientes também estão sendo construídos para dar maior responsabilidade ao aprendiz em relação aos aspectos da aprendizagem, e especialmente sobre o controle do seu modelo, que é o aspecto central na adaptividade das ferramentas.

Para McCalla *et alli* [2000], modelos de aprendizes podem ter uma variedade de propósitos dependendo do tipo de conhecimento que se deseja armazenar e processar. Para eles, a computação de todos os (sub-)modelos dos aprendizes de um ambiente pode ser computacionalmente cara e nem sempre necessária. No trabalho citado são apresentados quatro propósitos de um modelo: reflexão, validação, *matchmakers* e negociação.

O primeiro propósito é a reflexão. Neste propósito os modelos dos aprendizes podem ser vistos por todos os outros aprendizes. Perguntas do tipo “Como os meus colegas me vêem?” podem ajudar os aprendizes a reavaliarem sua atitude dentro de um grupo ou permitir a avaliação dos outros membros. Já a validação pode ser vista como um tipo especial de reflexão. Através da validação, um aprendiz pode, por exemplo, confirmar opiniões através de diferentes pontos de vista do modelo. Em vez de solicitar uma informação, o aprendiz começa com uma opinião que será validada.

O propósito de *matchmaking* ocorre, por exemplo, quando se deseja encontrar um par apropriado para ajudar em uma atividade. Neste caso, podem ser utilizados agentes *matchmakers*. Tendo acesso a diferentes modelos de um aprendiz, estes agentes podem se

adaptar às necessidades de quem procura e de quem oferece ajuda baseado nos modelos. O último dos propósitos é o de negociação. A negociação pode ser parte do processo de *matchmaking* ou pode ocorrer por outras razões, como a troca de conhecimento entre dois agentes.

Para Kay [2001], há problemas em potencial do ponto de vista do aprendiz. Um deles é o aumento do poder de escolha e controle sobre o modelo. O que pode aumentar a carga de trabalho do aprendiz ou mesmo se tornar uma distração. Neste caso, o aprendiz deve se aproveitar de momentos como o término de um curso ou disciplina para avaliar e refletir sobre sua participação e aprendizado.

Ao possibilitar que os aprendizes controlem seus modelos, ou parte deles, os projetistas do ambiente sujeitam-se a vários riscos. Se um aprendiz tem controle sobre o seu modelo, ele pode fornecer informações incorretas; pode utilizar o ambiente de aprendizagem de forma escusa, intencional ou mesmo acidentalmente, reduzindo a efetividade do processo pedagógico; se for chamado a se auto-avaliar, ele pode subestimar ou superestimar o seu conhecimento. Pretende-se que futuramente os ambientes de aprendizagem levem em consideração todos estes aspectos. Uma das formas de se contornar o problema da incorretude dos dados fornecidos pelos aprendizes é armazenar que tipo de informação é fornecida pelos mesmos e que tipo é gerada pelo ambiente.

Para a implementação dos modelos dos aprendizes dentro do ambiente AulaNet optou-se pela utilização de uma especificação definida pela IMS [IMS, 2001] de definições reutilizáveis de competência (RCDs – *Reusable Competency Definitions*) [IMS RCD, 2001]. Para uma revisão detalhada da utilização da modelagem de usuários e agentes recomenda-se o trabalho de Soltysiak e Crabtree [1998].

Na especificação da IMS, a palavra competência é usada de uma forma geral, incluindo significados como habilidade, conhecimento, tarefa e objetivo educacional (*learning outcome*). Percebeu-se então que o melhor sentido para a aplicação no ambiente era o de conhecimento. Possibilitando assim o registro de definições reutilizáveis de conhecimento e depois a criação de modelos dos aprendizes a partir destas definições.

Segundo o IMS, as definições reutilizáveis de competência fornecem um meio de criar um entendimento comum de competências que aparecem como parte de um plano de carreira, pré-requisitos de um curso ou objetivos educacionais. Elas podem ser usadas para intercâmbio entre ambientes de aprendizagem, sistemas de recursos humanos, repositórios de habilidades, competências ou conteúdo educacional entre outros.

As definições reutilizáveis de competência foram criadas para intercâmbio entre máquinas, porém a informação que elas contêm atualmente é para o entendimento humano. Uma definição contém basicamente um identificador único e uma descrição não-estruturada textual.

Para possibilitar aos participantes do AulaNet a organização de seus modelos e a criação de grupos, associaram-se as definições reutilizáveis de competência aos cursos, aos conteúdos da turma (ConteudoTurma) e aos participantes conforme mostra a **Erro! Argumento de opção desconhecido.**

Cabe aos docentes (Coordenadores e Docentes Co-autores) de um curso, associarem um conjunto de RCDs ao seu curso e/ou a atividades (ConteudoTurma) específicas. Por exemplo, um curso sobre banco de dados poderia estar associado às RCDs: Arquitetura de Banco de Dados, Modelos de Banco de Dados, Modelo Relacional, SQL entre outras.

Aos participantes é permitido fornecer informações sobre o conjunto de RCDs do servidor ou de um curso específico. A informação que será fornecida pelo participante é uma nota

ou conceito do quanto ele sabe ou se interessa pela RCD e também é possível inserir um comentário sobre a atribuição do conceito que ele está fazendo.

Considerando a necessidade de diferenciar as informações do modelo do aprendiz geradas pelo ambiente e as fornecidas pelo aprendiz, optou-se por utilizar o atributo “Tipo” nos registros da tabela RCDParticipante. São três as dimensões, ou tipos de informação de uma RCD no AulaNet: Interesse, Qualificação e Competência.

Interesse é a informação fornecida pelo aprendiz sobre o seu nível de interesse sobre uma determinada RCD. Qualificação é a informação também fornecida pelo aprendiz sobre a sua experiência com uma determinada RCD. E por fim, a competência é a informação gerada pelo ambiente através da avaliação pelos docentes de um aprendiz em uma determinada atividade associada a uma RCD.

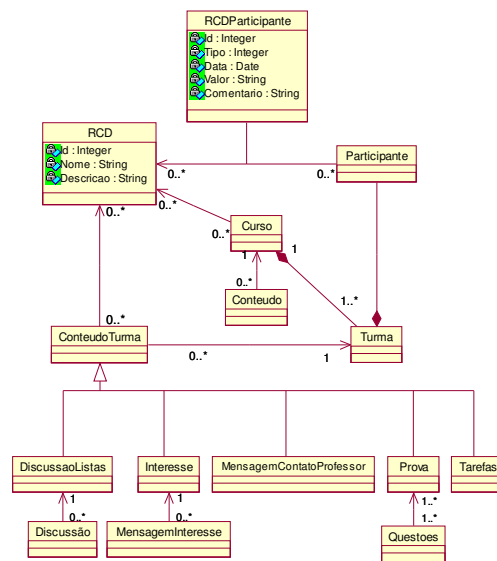


Figura 4 - Utilização de Definições Reutilizáveis de Competência no AulaNet

A utilização da modelagem dos aprendizes dentro do ambiente AulaNet vêm ao encontro de uma das preocupações das organizações modernas, que é a gerência do conhecimento. Para Yiman e Kobsa [2000], sistemas para encontrar pessoas com uma determinada expertise estão ganhando importância conforme as organizações começam a procurar novas formas de explorar o seu capital de conhecimento interno e melhorar a colaboração entre os empregados.

5.2. Conceitos de Matchmaking e Brokering

Um dos problemas no projeto de sistemas multi-agentes é a forma de descobrir quais agentes possuem uma informação ou habilidade específica. Muitos ambientes e especificações definem agentes que oferecem serviços de páginas brancas com um diretório de agentes e páginas amarelas com as funcionalidades oferecidas pelos agentes como é o caso do FIPA-OS [Poslad *et al.*, 2000] e SACI [Hübner & Sichman, 2000]. Algumas linguagens de comunicação de agentes como KQML também oferecem performativas especiais como *Recruit*, *Broker*, *Forward* para estes comportamentos [Decker *et al.*, 1996]. Para Ivezic *et alli* [2000], *matchmakers* e *brokers* funcionam como agentes intermediários entre agentes que fornecem algum tipo de serviço e agentes que necessitam destes serviços.

Passa-se a descrever as interpretações dos processos de *matchmaking* e *brokering* encontradas em [Decker *et al.*, 1996].

O processo de *matchmaking* permite que um agente A conheça um outro agente B que atenda a um determinado objetivo, através de um *matchmaker* M. Ou o objetivo não pode ser alcançado por A ou A entende que o objetivo pode ser melhor alcançado por um outro agente. O objetivo pode ser tanto uma meta, uma informação ou um serviço. A partir do momento que o agente A, por intermédio de M, conhece o agente B eles podem negociar, por exemplo, para a contratação de um serviço.

O processo de *brokering* envolve como um agente com um objetivo vem a ter aquele objetivo executado por um outro agente. O processo envolve um agente A que solicita a execução de um objetivo e um *broker* B que conhece outros agentes (C1, C2, ..., Cn) e suas capacidades. B anuncia as suas capacidades como uma função das capacidades destes outros agentes C. Do ponto de vista do agente A, não há diferença entre um *broker* e outros agentes C, a não ser pelo tempo de resposta e possivelmente o “preço” do serviço oferecido. Já os agentes C estão comprometidos com B para executar um conjunto de objetivos pré-definidos.

Para Foner [1996], a utilização de uma arquitetura centralizada para *matchmaking* pode ser válida em casos onde, por exemplo, os agentes não têm como se descobrir e solicitam a uma “entidade” central uma solução para o seu problema. Porém há também as desvantagens deste tipo de arquitetura, por exemplo, a tolerância a falhas é pequena, uma vez que se possui um ponto central onde podem ocorrer ataques ou mesmo incidentes. Outra desvantagem é o potencial gargalo computacional que pode surgir com o aumento do número de agentes.

Ele afirma também que a utilização de algumas técnicas já aplicadas em outros sistemas em rede como a organização hierárquica de entidades (como no sistema de nomes de domínio e *newsgroups* na Internet) não reduz problemas como o gargalo computacional. Isto ocorre pela não existência de uma hierarquia padrão. Por exemplo, por que os interesses de um agente viriam antes de outro? Para propor uma solução para estes problemas, Foner utilizou algumas idéias de ecologia computacional [Huberman, 1988]. As idéias principais são:

- Comparar as informações dos agentes descentralizadamente (*peer-to-peer*);
- Utilizar referências de um agente para outros e um algoritmo que lembra *hill-climbing* para encontrar outros parceiros para;
- Construir *clusters* ou *clumps* de agentes com interesses em comum e;
- Usar esses *clusters* de agentes com interesses em comum para apresentar seus usuários uns aos outros;
- Utilizar um agente persistente que esteja em execução por longos períodos e não um agente que o usuário inicie, obtenha um resultado e então seja desativado. Desta forma mais agentes poderiam ser consultados e clusters mais apropriados poderiam ser formados.

5.3. Formação de Grupos em um Curso a Distância

Para experimentar um dos conceitos de *matchmaking* apresentados procedeu-se à formação de grupos em um curso à distância através do ambiente AulaNet: Tecnologias da Informação Aplicadas à Educação (TIAE).

Na 8ª edição (segundo semestre de 2001) do curso TIAE, oferecido pelo Departamento de Informática da PUC-Rio, o serviço Tarefas foi utilizado para designar aos aprendizes o

trabalho de criar, em grupo, um conteúdo que poderia vir a ser incorporado ao curso. Os temas dos conteúdos foram definidos pelos mediadores e versavam sobre alguns dos temas que são tratados no curso: Comunicação Digital, Projeto de Cursos para Instrução Baseada na Web (IBW), Implantando IBW, Multimídia Interativa e IBW: Semelhanças e Diferenças e O Papel do Facilitador em IBW. Para a definição dos grupos utilizou-se um sistema que simulava uma estrutura centralizada de matchmaking.

Solicitou-se ao sistema que fossem sugeridos grupos de 2 ou 3 aprendizes para cada uma das RCDs do curso. Os aprendizes deveriam possuir um grau de diferença de 2 (numa escala de 0 a 10) no aspecto Qualificação, mas como os aprendizes forneceram um “nível” de qualificação, isso significava que a diferença entre as qualificações deveria ser de um “nível”. O grau de diferença deveria ser 0 no aspecto Interesse, significando que os aprendizes deveriam possuir o mesmo interesse. O aspecto competência não foi considerado, uma vez que estes eram os primeiros aprendizes a utilizar a modelagem e ainda não havia dados para tal.

Os aprendizes preencheram as informações de seus modelos em um momento próximo à atribuição da tarefa, ou seja, eles já haviam conhecido e discutido alguns temas (RCDs), mas ainda restavam temas que não haviam sido discutidos. Dos 11 aprendizes matriculados regularmente na disciplina, 2 não preencheram o modelo e formaram um grupo separado.

A partir da lista dos possíveis grupos, os mediadores definiram quais grupos seriam mais apropriados para cada um dos temas. Os 9 aprendizes que preencheram os modelos foram divididos em 3 grupos de 2 aprendizes e 1 grupo de 3 aprendizes.

Logo após a definição dos grupos, houve reclamações de alguns aprendizes que seus grupos trabalhariam em temas nos quais o seu interesse não era o mais alto. No fim do curso foi disponibilizado, para todos os aprendizes, um formulário para a avaliação das atividades do semestre, dos conteúdos disponibilizados entre outros aspectos. Esse formulário foi de preenchimento facultativo e os aprendizes não precisavam se identificar.

Nesta avaliação foram incluídos dois aspectos de interesse para este trabalho: os modelos dos aprendizes e a atividade em grupo. Relatam-se a seguir alguns fatos observados neste relatório. A maioria dos aprendizes concordou que o conteúdo do curso era bem representado pelo conjunto de RCDs disponibilizado para o preenchimento do modelo do aprendiz. Entre as dificuldades encontradas pelos aprendizes, pode se destacar a necessidade de se auto-avaliar para preencher o modelo. Houve sugestões como a adoção de um “autoteste” ou entrevista com um especialista no assunto para determinar o conhecimento do aprendiz na RCD em questão. Outra sugestão foi preencher o modelo logo após a discussão de cada tema.

Quanto à tarefa em grupo, aproximadamente metade dos aprendizes considerou que a formação dos grupos não foi adequada. Apesar de metade dos aprendizes acreditarem que não houve total confiança entre os membros de seus grupos, a maioria considerou que houve total apoio. Para a maioria deles houve também bastante comunicação entre os membros do grupo e, além disso, o grupo havia entendido e estava comprometido com o objetivo da atividade, entretanto, grande parte se posicionou de forma neutra na pergunta se o grupo havia alcançado os objetivos.

Poucos conflitos entre os membros dos grupos foram relatados. A maioria dos aprendizes considerou que o trabalho em grupo foi adequado à tarefa apresentada. Entre as sugestões e comentários finais realizados pelos aprendizes destaca-se a sugestão de utilização de um sistema de avaliação em que o grupo receba uma nota e decida o quanto cada membro deve receber desta nota.

A partir da discussão sobre a modelagem dos aprendizes, das técnicas de matchmaking e brokering e das considerações sobre a formação de grupos de forma centralizada, passa-se a descrever o sistema multi-agentes para a formação de grupos no AulaNet.

5.4. Um Sistema Multi-agentes para Formação de Grupos

O AulaNet se baseia nas relações de trabalho cooperativo que se manifestam nas interações dos aprendizes com seus mediadores, com outros aprendizes e com os conteúdos didáticos. No AulaNet, é possível criar um curso e em um curso podem haver diferentes turmas com seus respectivos mediadores.

O ambiente foi preparado para a utilização de grupos dentro das turmas no serviço Tarefas. Além disso, é possível criar os grupos manualmente. Apresenta-se então um sistema multi-agentes que auxilia na criação dos grupos.

Conforme apresentado na seção **Erro! Argumento de opção desconhecido.**, um agente se encontra em um ambiente e interage neste ambiente. Em comparação ao conceito de ambiente, na ferramenta SACI há o conceito de sociedade, onde os agentes estão reunidos e podem comunicar através de uma linguagem de comunicação de agentes comum utilizando suas identidades. Uma identidade é um nome que identifica unicamente um agente dentro de sua sociedade [Hübner & Sichman, 2001].

Na ferramenta SACI, o ciclo de vida de um agente é descrito da seguinte forma. O agente entra para uma sociedade recebendo uma identificação. Nessa sociedade ele pode enviar ou receber mensagens de agentes da mesma sociedade, anunciar suas habilidades para a sociedade e por fim ele pode deixar a sociedade, perdendo assim a sua identidade.

A criação de grupos em uma turma está relacionada com a dinâmica do curso, ou seja, o responsável por criar grupos é o mediador da turma. O mediador solicita a um agente mediador (AgMediador) a criação de grupos em sua turma fornecendo as informações necessárias para tal, como a quantidade de grupos, quais as RCDs devem ser analisadas nos modelos dos aprendizes, qual o nível de diferença entre os aprendizes, se os aprendizes podem se repetir nos grupos entre outras informações.

Para determinar se a manutenção de agentes representando os aprendizes em execução durante um longo período de tempo é viável ou não, seria necessária uma análise do número médio de participantes nos servidores AulaNet. Portanto optou-se por permitir que o AgMediador entre na sociedade da turma na qual foi solicitada a criação dos grupos e instancie um agente para formação de grupos (AgGrupos) que por sua vez instancia os agentes de todos os aprendizes (AgAprendiz).

Na inicialização do AgGrupos, ele recebe do AgMediador quais as RCDs e respectivos aspectos ele deve representar. Os AgAprendiz são inicializados e entram na sociedade publicando qual aprendiz eles representam e se podem atender as RCDs e aspectos solicitadas pelo AgGrupos. O AgMediador solicita então ao AgGrupos a formação dos grupos, apresentando a meta com os níveis de diferença de cada RCD e seus respectivos aspectos.

O AgGrupos procura na sociedade quem são os AgAprendiz que podem responder a formação de grupos e repassa a solicitação do AgMediador para os AgAprendiz. Os que estão aptos a responder à formação dos grupos colaboram entre si para sugerir grupos que atendam a esta solicitação.

Os modelos dos aprendizes são compostos dos aspectos competência, interesse e qualificação do aprendiz nas RCDs. Percebe-se que a formação de K grupos com n participantes atendendo a um determinado grau de diferença entre os modelos dos

participantes é um problema NP-Completo. O problema *3-Dimensional matching* [Garey & Jonhson, 1978] é um problema que pode ter tempo polinomial caso os elementos se repitam nos casamentos realizados, ou então, caso a dimensão seja menor do que 3. Porém, em nosso caso, é possível que tenhamos números de grupos maiores ou iguais a 3.

A heurística adotada neste para a solução do problema permite que os agentes repassem referências de outros agentes que eles conhecem, reduzindo assim a quantidade de mensagens trocadas. Outra heurística adotada foi a utilização de uma estratégia gulosa, ou seja, a partir do momento em que um AgAprendiz consegue formar os grupos solicitados atendendo os parâmetros recebidos do AgGrupos, ele pára de colaborar, informando ao AgGrupos e deixando a sociedade.

O AgGrupos filtra estes grupos, caso ocorram grupos repetidos e fornece estas informações ao AgMediador. Este por sua vez as devolve ao mediador que solicitou a formação de grupos através da interface de formação de grupos do AulaNet. Caso um tempo (*timeout*) para a formação dos grupos determinado pelo AgMediador tenha expirado, ele solicita que o AgGrupos e os AgAprendiz desistam da formação, parando de colaborar e saindo da sociedade.

Cada AgAprendiz conhece o modelo de seu aprendiz. Este modelo é composto dos aspectos competência, interesse e qualificação do aprendiz nas RCDs. Ao solicitar a formação de um grupo o AgGrupos define quais aspectos do modelo devem ser considerados para a negociação entres os AgAprendiz.

Por exemplo, um mediador deseja que os aprendizes, independentemente das suas preferências, formem grupos onde todos possuem o mesmo conhecimento prévio sobre uma determinada RCD. Ele deve definir que os aspectos interesse e competência não sejam considerados na negociação e que o grau de diferença seja mínimo no aspecto competência. Outras combinações dos aspectos podem ser criadas auxiliando o mediador a aplicar táticas distintas para a formação de grupos.

Para o modelo de colaboração entre os agentes aprendizes teve-se como inspiração o algoritmo para *matchmaking* encontrado em [Foner, 1996]. Assim cada AgAprendiz possui as seguintes estruturas de dados:

- *Cluster cache*: é uma lista com os nomes de agentes conhecidos por este agente e que atendem ao critério para formação de grupos apresentado pelo AgMediador. Como se adotou o conceito de grau de diferença, esta estrutura pode se dividir em várias outras.

Ao solicitar a formação de um grupo, um mediador define quais aspectos (Aspx) de RCDs (RCDy) e qual o grau de diferença (GDz) deve ser considerado, representados pela tupla (RCDy, Aspx, GDz). Suponha então que um mediador estabeleça a seguinte meta para formação de grupos (SQL, Interesse, 1) e (Modelo Relacional, Competência, 2). E suponha que a turma tem três aprendizes Ap1, Ap2 e Ap3, conforme apresentado na **Erro! Argumento de opção desconhecido..**

| RCD | Aspecto | Grau de Diferença | Ap1 | Ap2 | Ap3 |
|-------------------|-------------|-------------------|-----|-----|-----|
| SQL | Interesse | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Modelo Relacional | Competência | 2 | 4 | 2 | 4 |

Tabela 1 - Exemplo de meta para formação de grupos

É possível perceber que Ap1 pode estar em uma *cluster cache* de Ap2, e também que Ap3 pode estar em uma *cluster cache* de Ap2, já que ambos, tanto Ap1 como Ap3 atendem ao grau de diferença estabelecido pelo mediador. Porém, Ap1, e Ap2 não podem estar na mesma *cluster cache* de Ap2.

Conforme exemplificado, a *cluster cache* de um AgAprendiz pode ser formadas através várias táticas. Neste trabalho optou-se por tornar a *cluster cache* dos AgAprendiz como um ponto de flexibilização do sistema multi-agentes. Considerando uma meta com n tuplas, teríamos 2^n táticas para descobrir se um agente pertence a uma *cluster cache*. A partir do ponto de flexibilização, foram implementadas então dois tipos de *cluster cache*:

- *Cluster cache* positiva: são os nomes dos agentes dos aprendizes que possuem todos os valores das RCDs e aspectos no nível de diferença acima do AgAprendiz em questão;
- *Cluster cache* negativa: são os nomes dos agentes dos aprendizes que possuem todos os valores das RCDs e aspectos no nível de diferença abaixo do AgAprendiz em questão;
- *Rumor cache*: são os nomes dos agentes e as respectivas informações dos seus modelos que foram utilizadas para verificar o critério apresentado pelo AgGrupos dos últimos r agentes com quem esse agente se comunicou. Definiu-se arbitrariamente, neste trabalho, que o valor de r deve ser 5 (cinco), mais testes são necessários para verificar a adequação deste valor;
- *Pending-contact list*: são os nomes de agentes ainda não contactados e a respectiva *cluster cache* a que eles se adequam. Os nomes dos agentes são descobertos através das referências de outros agentes contactados e a sua adequação às *cluster cache* é verificada através do processamento das *rumor cache* recebidas como referência.

Para iniciar a colaboração, os agentes dos aprendizes precisam descobrir pelo menos um outro agente que também atende aos critérios estabelecidos pelo AgGrupos. Isto pode ser conseguido solicitando os agentes que publicaram esta habilidade na sociedade. O AgAprendiz escolhe aleatoriamente um destes agentes e eles iniciam uma conversação.

Suponha que um agente A descobriu que o agente B possui a mesma RCD que está sendo solicitada pelo mediador para a formação dos grupos e que todos os aspectos (Interesse, Qualificação e Competência) devem ser considerados na negociação.

O agente A, solicita ao agente B, os seus valores para a meta estabelecida pelo AgGrupos. Caso o grau de diferença seja atendido e o agente B esteja disponível ele é adicionado à *cluster cache* correspondente (positiva ou negativa). Automaticamente, B é adicionado à *rumor cache* do agente A. Um agente sempre está disponível caso os aprendizes possam se repetir nos grupos e não está disponível quando os aprendizes não podem se repetir e este agente já assumiu o compromisso de permanecer na *cluster cache* de um outro agente.

Após essa fase de comparação, o agente A pede ao agente B referências de outros agentes que poderiam auxiliá-lo na formação dos grupos. O agente B então fornece a sua *rumor cache*. De posse da *rumor cache* do agente B, o agente A define quais dos agentes contidos nela podem ser inseridos na sua *pending-contact list* para um contato futuro e a *rumor cache* de A é atualizada com a *rumor cache* de B. Todo este processo é recíproco: o agente A também fornece os seus valores dos aspectos para B, assim como a sua *rumor cache* para que B possa continuar a sua busca. Após o término da colaboração com B, o agente A

prosegue contactando outros agentes da sua *pending-contact list*, ou caso ainda seja necessário o agente contacta os outros AgAprendiz que podem responder à meta do AgGrupos.

Dos requisitos passados pelo mediador, o tamanho do grupo é o que define o fim do algoritmo proposto. Como no nosso caso, os AgAprendiz são criados somente para formação do grupos e não estão em execução durante um longo período de tempo, é necessário que se forneça um número esperado de membros por grupo. Essa quantidade será o limitador do tamanho das *cluster cache*. Na estratégia gulosa adotada, quando a *cluster cache* de um AgAprendiz atender ao tamanho solicitado pelo AgMediador, ele envia a sua sugestão de grupo. O AgMediador por sua vez, caso não tenha recebido a *cluster cache* de algum AgAprendiz então a solicita independente do tamanho da mesma, podendo formar grupos menores, mas ainda assim atendendo aos outros critérios estabelecidos.

Uma estratégia que poderia ser implementada no futuro, caso os AgAprendiz venham a permanecer em execução por um longo período, seria sempre solicitar a *cluster cache* independente do seu tamanho e depois proceder a uma divisão destas *cluster cache*, por exemplo, para obter uma maior uniformidade no tamanho dos grupos.

Um dos questionamentos que surge da utilização de agentes de software é: a partir de que estes agentes podem aprender: a partir da sua interação com os seus usuários ou com outros agentes? Da forma como o sistema foi projetado, não é possível aprender mais sobre a interação entre agentes a não ser que os agentes permaneçam em execução por mais tempo. Já sobre os aprendizes é possível aprender através das modificações que ocorrerem na sua competência a partir da utilização do ambiente.

Por que os AgAprendiz colaboram? Não seria melhor a criação de um agente central para *matchmaking*? Optou-se pela utilização de uma estrutura distribuída uma vez que, segundo Foner [1996], para um número reduzido de agentes, os ganhos computacionais não são consideráveis em relação à estrutura central. Em turmas com poucos aprendizes, a estrutura centralizada talvez fosse mais eficiente, porém este trabalho visa futuras versões do ambiente AulaNet e portanto o suporte a formação de grupos inter-turmas ou inter-servidores. Por exemplo, se um coordenador desejasse a criação de grupos para co-autoria de aprendiz, ele poderia solicitar aos mediadores de seu curso que lhe oferecessem os grupos ou aprendizes com características particulares em algumas RCDs. Esses grupos poderiam ser utilizados diretamente para serem atribuídos à atividade desejada. Ou, no caso dos aprendizes, os seus agentes poderiam ser solicitados a se moverem para a sociedade do coordenador e colaborarem para formação de grupos com membros de diferentes turmas.

Além da possibilidade de criação de grupos inter-turmas uma dos propósitos do projeto AulaNet é a criação de federações de servidores, onde seria possível que os participantes e cursos possuíssem identificadores únicos, mas estivessem fisicamente em servidores distintos. Estas federações dariam apoio à mobilidade dos usuários além de ser um campo ainda mais fértil para a utilização de agentes devido à natureza distribuída da proposta.

5.5. Federação de Servidores AulaNet

Uma das necessidades já percebidas no projeto AulaNet é a de haver troca de conteúdos entre diferentes servidores de gerenciamento instrucional na Web, sejam eles servidores AulaNet ou não. Silva *et alli* [2001] propõem um framework para a interoperabilidade de conteúdos educacionais utilizando as especificações da IMS chamado ContentNet. No

ContentNet é proposta uma arquitetura composta de dois módulos: o Content Search e o Iserver.

O módulo Content Search atua como um servidor de busca que centraliza as informações sobre os servidores de conteúdos enquanto o IServer serve para comunicação entre servidores de conteúdos e de busca.

O IServer, Intermediator Server, fornece ao servidor de busca a informação do servidor de conteúdo e fornece ao servidor de conteúdo a informação disponibilizada pelo servidor de busca. Desta forma é possibilitada a comunicação entre diferentes tipos de servidores de conteúdo que utilizam a especificação IMS. A arquitetura proposta é centralizada, assim é definido também um BackUp Server que atua como o Content Search quando este não está disponível.

Quando se fala de uma federação de servidores neste trabalho, pensa-se em um conjunto de servidores identificados unicamente, por exemplo pelo endereço IP do servidor, e que possam intercambiar informações sobre os aprendizes e suas interações em diversos cursos e não só conteúdos educacionais como no caso do ContentNet.

Um curso, na federação de servidores é criado em um servidor e têm turmas neste e/ou em outros servidores. As interações dos aprendizes são armazenadas nos servidores das turmas e o servidor do curso, conteúdos relativos ao curso todo. Este servidor portanto deve ser capaz de atender a uma quantidade de acessos maior.

A utilização de servidores centralizadores de conteúdo de cursos desperta problemas como a necessidade de cópias de segurança (*backups*) mais eficientes, assim como a necessidade de mecanismos de verificação de acesso mais seguros. A falta de um modelo de negócios para o comércio e utilização destes conteúdos também é um desafio a ser vencido. Esta, porém, é uma área de muito interesse atualmente e que será beneficiada pelo amadurecimento da área de comércio eletrônico e também pela utilização de padrões para intercâmbio entre sistemas de gerenciamento instrucional na Web.

Entre as vantagens que podem ser obtidas pela utilização das federações de servidores, podemos destacar que instituições interessadas em implantar soluções de Educação a Distância ou de gerência do conhecimento podem investir em servidores potentes para os conteúdos dos cursos e servidores com capacidade reduzida para o registro da interação dos aprendizes em suas respectivas turmas. Uma outra possibilidade que deve ser explorada é a de personalização dos conteúdos, a partir de um ponto central de acesso, estes conteúdos podem ser personalizados por agentes de software para utilização em diferentes servidores, e nestes servidores, estes conteúdos poderiam ser novamente personalizados de acordos com os modelos dos usuários ou com os dispositivos que estão sendo usados para acessá-los. A partir da federação de servidores, a utilização de agentes de software para a formação de grupos ou mesmo para personalização de conteúdos destaca-se como uma solução apropriada. Em especial, para a formação de grupos, temos que o armazenamento centralizado das informações sobre os aprendizes pode sobrecarregar o servidor de curso enquanto que mantendo servidores de turmas o conhecimento permanece distribuído e ainda assim de fácil acesso aos agentes. Os agentes poderão se locomover e fornecer informações ou negociar com agentes de outros aprendizes para atingir metas estabelecidas, por exemplo, pelo coordenador do curso.

5.6. *Trabalhos Relacionados*

Agentes colaborativos são capazes de colaborar com outros agentes para atingir uma meta comum. Segundo Nwana [1996], as principais características dos agentes colaborativos são autonomia, habilidade social, reatividade e pró-atividade.

Para a utilização de atividades colaborativas na educação, é necessário o uso de ferramentas de comunicação síncronas e assíncronas. Essas ferramentas apresentam a vantagem de possibilitar o acesso à experiência e a colaboração de outros, tanto na criação de um produto compartilhado, quanto na troca de informação.

De forma geral, um agente colaborativo pode auxiliar nas atividades tanto do aprendiz quanto do professor. Ao comunicar-se e cooperar com seus pares (agentes artificiais ou humanos) por meio de monitorização e atuação de forma autônoma, os agentes podem ajudar a atingir objetivos ou cumprir tarefas para as quais os usuários foram designados.

Percebe-se que com a popularização da Internet e do paradigma de agentes, como uma das soluções para problemas distribuídos, novas técnicas e abordagens vêm sendo aplicadas em educação à distância através da *World Wide Web*. Muitos dos trabalhos são experimentais ou protótipos. No trabalho de O’Riordan e Griffith [1999] são apresentadas formas de aproveitar as possibilidades oferecidas pela WWW através da utilização de agentes em um ambiente educacional. Já o trabalho de Vassileva e Deters [2001], apresenta um sistema multi-agentes para o auxílio em pares que foi projetado para ajudar aprendizes nas atividades que requerem a resolução de problemas. Destacamos a seguir trabalhos que representam o campo de aplicação desta dissertação.

No trabalho de Olguín *et alli* [2000], percebe-se o desenvolvimento de uma arquitetura de agentes para o suporte à formação de grupos. Os grupos formados têm perfis bem definidos. Os grupos formados pelo sistema multi-agentes do AulaNet também possuem um perfil que é designado pelo mediador, porém como este perfil é derivado dos modelos dos aprendizes, ele pode se modificar durante o decorrer de um curso e o grupo pode ser reaproveitado em outras atividades além daquela para a qual ele foi criado.

Ainda sobre o trabalho de Olguín *et alli*, nos perfis dos usuários são armazenados informações sobre suas competências e habilidades em um conjunto de assuntos e também informações sobre a performance em atividades de grupo. Porém a dimensão interesse, utilizada no AulaNet, não é armazenada, apesar de no sistema citado a participação em um grupo depender da aprovação do usuário. No AulaNet essa dependência de aceitação por parte do usuário não está implementada, porém no futuro, o ambiente fornecerá suporte a grupos de estudo ou aprendizagem independente de uma atividade específica. Neste momento será necessário dotar também os aprendizes de uma forma de utilizar o SMA para a formação dos grupos e assim também será necessário permitir que os aprendizes aceitem ou não participar destes grupos.

O Guardian Agent [Whatley *et al.*, 2001] prevê o suporte ao trabalho em grupo, através da monitorização das atividades realizadas pelos aprendizes. Apesar de possuir uma espécie de modelo dos aprendizes ele não está preocupado em como formar os grupos, mas o que se ressalta é a atribuição de papéis específicos aos membros do grupo de acordo com seus modelos. As habilidades de um aprendiz são obtidas a partir do questionamento pelos agentes aos aprendizes das “áreas de uma tarefa” que o aprendiz gosta, é bom, não gosta ou não é bom. Ou seja, temos aqui apenas informações binárias (gosta ou não, sabe ou não) fornecidas pelos aprendizes para o modelo.

O suporte ao trabalho em grupo é uma preocupação importante em ambientes para aprendizagem na Internet, como bem destaca Kojiri *et alli* [2001]. Para eles, é preciso todo um apoio aos aprendizes e um gerenciamento da atividade para que estes se engajem, por exemplo, em discussões interativas sobre o processo de aprendizagem, e não permaneçam passivos. Com o suporte inicial à utilização de grupos no AulaNet um próximo passo é fornecer este apoio mais específico aos grupos dentro das atividades.

O MATHNET [[Labidi *et al.*, 2000] e [Coutinho *et al.*, 2000]] não se preocupa com a formação dos grupos, apesar de possuir um agente específico para a modelagem dos aprendizes. O intuito desta modelagem é a prestação de uma tutoria inteligente, mas também poderia ser utilizada para a formação dos grupos, auxiliando assim os professores que utilizam o SMA.

Os trabalhos relacionados mostram um panorama diversificado para a utilização de agentes para a formação e utilização de grupos. Além disso, também é possível perceber as diferenças na implementação utilizada no AulaNet e nos demais trabalhos e extrair daí lições que servem como estímulo para a realização de trabalhos futuros no ambiente.

6. Considerações Finais

Conforme destacado por Dertouzos [2001], tanto o trabalho em grupo como a educação são importantes na nova era em que computação está voltada para os humanos (*human-centered computing*). Este trabalho se insere nestes dois campos fornecendo uma perspectiva tecnológica para a formação de grupos de trabalho. Esta perspectiva é representada pela tecnologia de CSCW incrementada com a utilização de agentes de software.

A utilização dos grupos de trabalho dentro do ambiente AulaNet fornece uma visão realista das necessidades dos aprendizes e professores e colabora para uma pesquisa contextualizada. Além disso, a preocupação em utilizar padrões IMS e a abordagem *groupware* que é adotada no sistema possibilita uma fácil correspondência entre o mundo educacional e o mercado de trabalho. A utilização do AulaNet como uma ferramenta para o suporte ao trabalho já vêm sendo pesquisada e é promissora. A correspondência de um curso com um projeto, de uma turma com uma equipe, de um grupo de aprendizagem com um grupo de trabalho é uma visão estimulante neste processo de pesquisa.

Pela literatura pesquisada, acredita-se que a utilização de agentes pode favorecer vários aspectos psico-pedagógicos em educação baseada na *Web*. Ao fornecer apoio para a formação e o trabalho em grupo, os agentes de software estão também apoiando a aprendizagem por projetos e a aprendizagem colaborativa. Quando os grupos formados apresentam um alto nível de heterogeneidade, a atitude e prática interdisciplinares também podem ser beneficiadas. Da mesma forma que estes aspectos são influenciados é necessário ressaltar que habilidades profissionais podem ser desenvolvidas e influenciadas através do trabalho em grupo como as capacidades de se automonitorar, de ouvir, de apresentar idéias e de persuadir entre outras.

6.1. Trabalhos Futuros

Este foi um trabalho incremental e pode-se perceber várias extensões e trabalhos futuros. A seguir apresentam-se algumas destas possíveis extensões e trabalhos futuros.

O sistema multi-agentes desenvolvido como parte deste trabalho utiliza uma abordagem distribuída para o problema de matchmaking. Segundo a literatura, essa abordagem não traz

muitos ganhos computacionais em turmas pequenas. Uma extensão a este trabalho seria então um estudo de aspectos quantitativos, como o número médio de participantes em uma turma, e a sua influência nos aspectos computacionais do SMA para a formação de grupos. Os aspectos Interesse e Qualificação dos modelos dos aprendizes, atualmente são fornecidos pelos próprios participantes. Essa decisão de projeto define mais uma atribuição para o aprendiz, porém deve ser vista como uma forma de reflexão sobre o seu aprendizado. A utilização de agentes como assistentes pessoais pode tornar esta tarefa menos árdua. Por exemplo, se o agente pessoal for capaz de reconhecer entre os documentos ou mensagem de correio eletrônico do aprendiz áreas de interesse, ele poderia se comunicar com o ambiente para a atualização do modelo.

Como os grupos e também as definições reutilizáveis de competência foram definidos utilizando o padrão IMS, a criação de ferramentas ou mecanismos que permitam a troca destas informações entre servidores compatíveis com IMS é um dos possíveis trabalhos futuros. Conforme explicitado anteriormente, existe a necessidade de adaptações no ambiente para que essa nova funcionalidade possa ser disponibilizada, por exemplo, a criação de um identificador único para cada servidor AulaNet.

A utilização de agentes em educação a distância apresenta-se como uma solução para os problemas gerados pela distribuição dos aprendizes, pela necessidade de uma maior personalização dos conteúdos didáticos e também das interações. A possibilidade de adaptação do ambiente AulaNet a esta realidade tem início com os agentes para a formação de grupos, porém não deve se limitar a isso. O conceito de wrappers que são agentes para o encapsulamento de sistemas já prontos para interagirem com sistemas multi-agentes é uma opção na transição para um sistema completamente orientado a agentes.

7. Referências

- [AICC, 2001] Aviation Industry Computer-Based Training Committees [online]. [citado em 03 de julho de 2001]. Disponível na World Wide Web em <URL: <http://www.aicc.org>>.
- [Aroyo & Kommers, 1999] AROYO, L., KOMMERS, P. Preface - Intelligent Agents for Educational Computer-Aided Systems. *Journal of Interactive Learning Research*, v. 10, n. 3/4, p. 235-242, 1999.
- [Baecker, 1993] BAECKER, R. *Readings in Groupware and Computer-Supported Cooperative Work: Assisting Human-Human Collaboration*. San Mateo, CA, EUA: Morgan-Kaufmann, 1993.
- [Barker & Barker, 2001] BARKER T., BARKER J. How Group Working Was Used to Provide a Constructive Computer-Based Learning Environment. In: *The Fourth International Conference on Cognitive Technology*, University of Warwick, United Kingdom. p. 203. 2001.
- [Borghoff & Schlichter, 2000] BORGHOFF, U.M., SCHLICHTER, J.H., *Computer-Supported Cooperative Work: Introduction to Distributed Applications*. Springer, USA, 2000.
- [Coutinho *et al.*, 2000] COUTINHO L. R., LABIDI S., SERRA G., TEIXEIRA G. A Learner Modelling Agent for Cooperative Learning. *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*. Maceió, Alagoas, Brazil. p. 17-23, 2000.
- [Cunha, 2002] CUNHA, L. M. *Formação de Grupos de Trabalho Utilizando Agentes de Software*. Dissertação de mestrado. Rio de Janeiro: PUC-Rio, 2002.

- [Decker *et al.*, 1996] DECKER K., WILLIAMSON M., SYCARA K. Matchmaking and Brokering. In: The Second International Conference on Multi-Agent Systems (ICMAS-96), Kyoto, Japan. 1996.
- [DeMarco & Lister, 1999] DEMARCO, T., LISTER, T. Peopleware: productive project and teams. 2. ed., New York: Dorset House Publishing Co., Inc., 1999.
- [Dertouzos, 2001] DERTOUZOS, M. L. Unfinished revolution: human-centered computers and what they can do for us. New York: HarperCollins Publishers, Inc., 2001.
- [Dillenbourg, 1999] DILLENBOURG, P. What do you mean by collaborative learning? In: DILLENBOURG, P. (Ed) Collaborative-learning: Cognitive and Computational Approaches. Oxford: Elsevier. p. 1-19, 1999.
- [Ellis *et al.*, 1991] ELLIS, C. A., GIBBS, S. J., REIN, G. L. Groupware: Some Issues and Experiences. Communications of the ACM, v. 34, n. 1, p. 38-58, 1991.
- [Ellis & Wainer, 1999] ELLIS, C. A., WAINER, J. Groupware and Computer Supported Cooperative Work. In: WEISS, G. (ed) Multiagent Systems – A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence. Cambridge, MA: MIT Press. p. 426-457, 1999.
- [Foner, 1996] FONER, L. A Multi-Agent Referral System for Matchmaking. In: The First International Conference on the Practical Application of Intelligent Agents and Multi-Agent Technology (PAAM 96), London, UK. p. 245-262, 1996.
- [Franklin & Graesser, 1996] FRANKLIN, S., GRAESSER, A. Is it an agent, or just a program?: A taxonomy for autonomous agents. In: ECAI'96 Workshop on Agents Theories, Architectures, and Languages: Intelligent Agents III, Berlin: Springer. p. 21-36, 1996.
- [Freud, 1921] FREUD, S. Group Psychology and the Analysis of the Ego, edited and translated by STRACHEY, J. (1975) New York: Norton. 1921.
- [Fuks & Assis, 2001] FUKS, H., ASSIS, R. L. Facilitating Perception on Virtual Learningware-based Environments. The Journal of Systems and Information Technology, Edith Cowan University, v. 5, n. 1, p. 93-113, 2001.
- [Fuks *et al.*, 1999] FUKS, H., LAUFER, C., CHOREN, R., BLOIS, M. Communication, Coordination and Cooperation in Distance Education. In: V AMCIS'99 - 1999 Americas Conference on Information Systems. Association for Information Systems (AIS), Milwaukee, USA. p. 130-132, 1999.
- [Fuks *et al.*, 2002] FUKS, H., GEROSA, M. A., LUCENA, C. J. P. Using a Groupware Technology to Implement Cooperative Learning via the Internet - A case study. In: HICSS'35 - Thirty-fifth Annual HAWAII International Conference on System Sciences. Big Island of Hawaii. p. 4, 2002.
- [Fuks *et al.*, 2002a] FUKS, H., GEROSA, M. A., LUCENA, C. J. P. Usando a Categorização e Estruturação de Mensagens Textuais em Cursos pelo Ambiente AulaNet, Revista Brasileira de Informática na Educação, Sociedade Brasileira de Computação, n. 10, 2002.
- [Fussel *et al.*, 1998] FUSSEL, S. R., KRAUT, R. E., LERCH, F. J., SCHERLIS, W. L., MCNALLY, M. M., CADIZZ, J. J. Coordination, Overload and Team Performance: Effects of Team Communication Strategies. In: CSCW '98, The Association for Computer Machinery, Chapel Hill, USA. p. 275-84, 1998.
- [Gardner, 1993] GARDNER, H. Frames of Mind. London: Fontana Press, 1993.
- [Garey & Johnson, 1978] GAREY, M., JOHNSON, D. Computers and Intractability – A Guide to the Theory of NP-Completeness. W.H. Freeman and Co., San Francisco, 1978.

- [Huberman, 1988] HUBERMAN, B. A. (Ed). The Ecology of Computation. Elsevier Science Publishers B. V., 1988.
- [Hübner & Sichman, 2000] HÜBNER, J. F., SICHMAN J. S. SACI: Uma ferramenta para Implementação e Monitoração da Comunicação entre Agentes. In: Brazilian Symposium on Artificial Intelligence (SBIA)/7th Ibero-American Conference on AI (IBERAMIA). Atibaia, São Paulo. p. 47-56, 2000.
- [Hübner & Sichman, 2001] HÜBNER, J. F., SICHMAN, J. S. SACI Programming Guide. Version 0.8. July, 2001. Universidade de São Paulo. 2001.
- [Huhns & Singh, 1998] HUHNS, M. N., SINGH, M. P. (Ed). Readings in Agents. Morgan Kaufmann Publishers, 1998.
- [IEEE, 2001] IEEE – Learning technology Standards Committee [online]. [citado em 03 de julho de 2001] Disponível na World Wide Web em <URL: <http://ltsc.ieee.org>>.
- [IMS ENT, 2001] Instructional Management Systems Global Consortium, Inc. [online] [citado em 03 de julho de 2001] . IMS Enterprise Specification. Version 1.01, released January 12, 2000. Disponível na World Wide Web em <URL: <http://www.imsproject.org/enterprise/index.html>>.
- [IMS RCD, 2001] Instructional Management Systems Global Consortium, Inc. [online] [citado em 03 de julho de 2001]. . IMS Reusable Competency Definition Specification. Version .01, approved by the IMS Technical Board in February 2000. Disponível na World Wide Web em <URL: <http://www.imsproject.org/rcd/index.html>>.
- [IMS, 2001] Instructional Management Systems Global Consortium, Inc. [online] [citado em 03 de julho de 2001] Disponível na World Wide Web em <URL: <http://www.imsproject.org>>.
- [Ivezic *et al.*, 2000] IVEZIC, N., BARBACCI, M., LIBES, D., POTOK, T., ROBERT, J. An Architecture Analysis of Agent-based Systems. In: Workshop Proceedings of ESAW'00. Engineering Societies in the Agents' World. August, 2000.
- [Jaques *et al.*, 2000] JAQUES, P. A., ANDRADE, A. F., MORAES, M. C., MÓRA, M. C. Uma Arquitetura de Agentes para a Análise Qualitativa da Interação em Ambientes de Educação à Distância. In: Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, Maceió-Al. p. 282-289, 2000.
- [Jaques, 2000] JAQUES, D. Learning in Groups. 3. Ed. London: KoganPage Limited, 2000.
- [Jennings & Wooldridge, 2000] JENNINGS, N. and WOOLDRIDGE, M. Agent-Oriented Software Engineering. In: BRADSHAW. J. (ed.), Handbook of Agent Technology, AAI/MIT Press, 2000.
- [Jennings *et al.*, 1998] JENNINGS, N., SYCARA, K., WOOLDRIDGE, M. A Roadmap of Agent Research and Development. Autonomous Agents and Multi-Agent Systems, Boston, n. 1, p. 7-38, Kluwer Academic Publishers, 1998.
- [Kay, 2001] KAY, J. Learner Control. User modelling and User Adapted Interaction, Netherlands, n. 11, p. 111-127, Kluwer Academic Publishers, 2001.
- [Kojiri *et al.*, 2001] KOJIRI, T., OGAWA, Y., WATANABE, T. Agent-oriented Support Environment in Web-based Collaborative Learning. Journal of Universal Computer Science, v. 7, n. 3, p. 226-239, 2001.
- [Koshafian & Buckiewicz, 1995] Khoshafian, S., Buckiewicz, M. Introduction to Groupware, Workflow, and Workgroup Computing. New York: John Wiley and Sons, Inc., 1995.

- [Labidi *et al.*, 2000] LABIDI, S., SILVA, J. C., COUTINHO, L. R., COSTA, N. S., COSTA, E. B. Agent Based Architecture for Cooperative Learning Environment. . In: Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, Maceió-Al. p.32-39, 2000.
- [Lees & Ye, 2001] LEES, B., YE, Y. Preface of the Proceedings of ASCW01 – Workshop of Agent-Supported Cooperative Work. In: The Fifth International Conference on Autonomous Agents. Montreal, CA, 2001.
- [Lewin, 1948] LEWIN, K. Frontiers of group dynamics. *Human Relations*, n. 1, p. 5-42, 1948.
- [Lipman-Blumen & Leavitt, 2001] LIPMAN-BLUMEN, J., LEAVITT, H. J. Hot Groups: Seeding Them, Feeding Them, and Using Them to Ignite Your Organization. Oxford University Press (Trade), 2001.
- [Lucena *et al.*, 1999] LUCENA, C. J. P., FUKS, H., MILIDIÚ, R., LAUFER, C., BLOIS, M., CHOREN, R., TORRES, V., DAFLON, L. AulaNet: Helping Teachers to Do Their Homework. In: Multimedia Computer Techniques in Engineering Education Workshop. Graz, Austria: Technische Universitat Graz, 1999.
- [Maes, 1994] MAES, P. Agents that Reduce Work and Information Overload. *Communications of the ACM*, v. 37, n. 7, p. 31-40. 1994.
- [McCalla *et al.*, 2000] MCCALLA, G., VASSILEVA, J., GREER, J., BULL, S. Active Learner Modelling. In: GAUTIER, FRASSON & VANLEHN (Ed.). Proceedings of ITS'2000, Springer LNCS 1839, p. 53-62, 2000.
- [Minsky, 1987] MINSKY, M. The society of mind. London: Wilian Heinemann Ltd, 1987.
- [Nwana, 1996] NWANA, H. Software Agents: An Overview. *Knowledge Engineering Review*, v. 11, n. 3, p. 1-40, 1996.
- [O’Riordan & Griffith, 1999] O’RIORDAN, C., GRIFFITH, J. A Multi-Agent System for Intelligent Online Education. *Journal of Interactive Learning Research*, v. 10, n. 3/4, p. 263-274, 1999.
- [Olguín *et al.*, 2000] OLGUÍN, C. J. M., DELGADO, A. L. N., BOTERO, S. W., RICARTE, I. L. M. O Uso de Agentes em Ambientes de Aprendizagem Colaborativos. In: Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, Maceió-Al. p. 236-247, 2000.
- [OMG, 2000] OBJECT MANAGEMENT GROUP. Agent Technology – Green Paper. Version 1.0, Object Management Group. 2000.
- [Perkins, 1993] PERKINS, D. N. Person Plus: a distributed view of thinking and learning. In: SALOMON, G. (Ed). *Distributed Cognitions. Psychological and educational considerations*. Cambridge, USA: Cambridge University Press. pp. 88-110, 1993.
- [Poslad *et al.*, 2000] POSLAD, S., BUCKLE, P., HADINGHAM, R. The FIPA-OS Agent Platform: Open Source for Open Standards. In: International Conference on the Practical Application of Intelligent Agents and Multi-Agent Technology - PAAM 2000. Manchester, UK. p. 355-368, 2000.
- [Searle, 1969] SEARLE, J. R. *Speech Acts*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1969.
- [Silva *et al.*, 2001] SILVA, V., LUCENA, C. J. P., FUKS, H. ContentNet: A Framework for the Interoperability of Educational Content Using Standard IMS. *Computers & Education Journal*, v. 37, n. 3/4, Elsevier Science Press, p. 273-295, 2001.
- [Soltysiak and Crabtree, 1998] SOLTYSIAK, S., CRABTREE, B. Knowing Me, Knowing You: Practical Issues in the Personalisation of Agent Technology. In: International Conference on the Practical Application of Intelligent Agents and Multi-Agent Technology - PAAM'98. London, p. 467-484, 1998.

- [Vassileva & Deters, 2001] VASSILEVA, J., DETERS, R. Lessons from Deploying I-Help. In: First International Workshop on Agents and Internet Learning, Autonomous Agents 2001. Montreal, CA. p. 21-23, 2001.
- [Vygotsky, 1987] VYGOTSKY, L. S. The Collected Works of L.S.Vygotsky. v. 1. New York: Plenum Press, 1987.
- [Weiss, 1999] WEISS, G. (Ed). Multiagent Systems: modern approach to Distributed Artificial Intelligence. Cambridge, MA: MIT Press, 1999.
- [Whatley *et al.*, 2001] WHATLEY, J., BEER, M., STANIFORD, G. Facilitation of Online Student Group Project with a Support Agent. In: Workshop of Agent-Supported Cooperative Work, Autonomous Agents 2001. Montreal, CA. p. 19-23, 2001.
- [Wooldridge & Jennings, 1995] WOOLDRIDGE, M., JENNINGS, N. Intelligent agents: Theory and Practice. The Knowledge Engineering Review, v. 10, n. 2, p. 115-152, 1995.
- [Wooldridge, 1999] WOOLDRIDGE, M. Intelligent agents. In: WEISS, G. (Ed) Multiagent Systems – A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence. Cambridge, MA: MIT Press. p. 27-77, 1999.
- [Yimam & Kobsa, 2000] YIMAM, D. S., KOBASA, A. DEMOIR: A Hybrid Architecture for Expertise Modeling and Recommender Systems. In: The IEEE 9th International Workshops on Enabling Technologies: Infrastructures for Collaborative Enterprises. Gaithersburg, MD, 2000.

8. Agradecimentos

O projeto AulaNet é parcialmente financiado pela Fundação Padre Leonel Franca, pelo Ministério da Ciência e Tecnologia através de seu Programa de Núcleos de Excelência (PRONEX) bolsa nº 76.97.1029.00 (3366), pelo Projeto Engenharia de Software Para Sistemas Multi-Agentes (ESSMA) bolsa nº 552068/2002-0 e pelo artigo 1º do decreto 3.800, de 20 de abril de 2001. E também através de bolsas individuais do CNPq : Carlos José Pereira de Lucena nº 300031/1992-0, Hugo Fuks nº 303055/02-2 and Leonardo Magela Cunha nº 140895/2002-7.