

UM AMBIENTE VIRTUAL PARA APRENDIZAGEM DE COMPILADORES COM SUPORTE INTELIGENTE À MEDIAÇÃO

Silvana Rossy de Brito¹, Orivaldo de Lira Tavares², Crediné Silva de Menezes³

Resumo — *Dentre as abordagens pedagógicas existentes, a pedagogia de projetos (PP) destaca-se por valorizar a cooperação e a colaboração entre os envolvidos. Essa abordagem é particularmente adequada em disciplinas onde o desenvolvimento do projeto aparece de forma faseada, como é o caso do projeto de um compilador. Para suportar a PP, é imprescindível a utilização adequada de tecnologias que apoiem a cooperação, característica considerada essencial em um ambiente de apoio à aprendizagem (AAA), e que, atualmente, é tratada com a utilização de recursos como as redes de computadores. Tais possibilidades expandem as vantagens obtidas com o uso de AAA por meio do reuso de conhecimento, do compartilhamento de informações e da cooperação. Este trabalho apresenta a modelagem e implementação de um ambiente virtual para a aprendizagem orientada a projetos com suporte inteligente à mediação, modelado em três camadas: camada de interação, camada de projetos (para apoiar o desenvolvimento de projetos de compiladores) e camada de inteligência (contendo uma organização de agentes para facilitar o trabalho dos mediadores).*

Palavras-chave — *MEDIADOR, agentes inteligentes, pedagogia de projetos, compiladores, compartilhamento, cooperação, colaboração.*

I. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, é freqüente a utilização da tecnologia de agentes no projeto e construção de ambientes de aprendizagem informatizados, devido às potencialidades que incorporam em tais ambientes. Apesar desse fato, características como o auxílio personalizado, o suporte à cooperação e o suporte às atividades docentes para lidar com um grande volume de usuários demonstram que os ambientes disponíveis, atualmente, ainda sofrem de limitações, que envolvem desde os aspectos tecnológicos até os aspectos pedagógicos. No sentido de minimizar essas limitações, as pesquisas prosseguem e, a cada tempo, os ambientes são melhorados com novas tecnologias que fundamentam as teorias de ensino-aprendizagem adotadas.

O aspecto cooperação, considerado uma característica essencial nos ambientes de aprendizagem, vem sendo atacado com o uso de novas tecnologias de desenvolvimento

de sistemas, como a incorporação das redes de computadores, a exemplo da Internet, facilitando a colaboração e a cooperação entre pessoas. Tais possibilidades expandem as vantagens obtidas com o uso de ambientes de aprendizagem através do reuso de conhecimento, do compartilhamento de informações e da cooperação, além de possibilitarem a integração entre pessoas com diferentes interesses e níveis de conhecimento.

Além da utilização de redes de computadores, o paradigma de agentes, visa reduzir a complexidade de construção dos ambientes de aprendizagem, permitindo que um sistema trabalhe de maneira cooperativa, considerando agentes humanos externos e agentes artificiais internos ao sistema, num esforço de tornar os ambientes de aprendizagem mais adaptativos e interessantes para seus usuários. Muito do esforço empenhado pelos pesquisadores na utilização do paradigma de agentes no contexto dos ambientes de aprendizagem está na tentativa de incorporar características pró-ativas, reduzindo o sobrecarga dos mediadores (professores) com tarefas repetitivas e permitindo uma adaptação maior ao estilo próprio do aprendiz (alunos) e do mediador.

Do ponto de vista do mediador, ainda são relatadas experiências onde a sobrecarga de trabalho com o acompanhamento dos aprendizes é substancialmente maior do que no ensino presencial [9]. Do ponto de vista dos aprendizes, maior flexibilidade e adaptabilidade são necessárias para que o modelo pedagógico adotado possa ser adequado ao modelo do aprendiz. Essas limitações se devem tanto ao modelo pedagógico adotado, quanto à necessidade de ferramentas que apoiem o mediador nas suas atividades de acompanhamento.

No contexto do modelo pedagógico, dentre as abordagens existentes, destaca-se a pedagogia de projetos, que se insere como uma abordagem que valoriza a cooperação e a colaboração entre aprendizes e mediadores. Para suportar a pedagogia de projetos, é imprescindível a utilização adequada de tecnologias que auxiliam o trabalho cooperativo entre os participantes do processo.

No contexto do ensino de computação, a disciplina de compiladores freqüentemente exige do aprendiz o desenvolvimento de um projeto (o projeto do compilador). Esse desenvolvimento ocorre de forma faseada, através da construção dos diversos componentes do compilador.

¹ Silvana Rossy de Brito, UFES Universidade Federal do Espírito Santo, Av. Fernando Ferrari s/n, Goiabeiras, 29.060-900, Vitória, ES, Brazil, UNAMA Av Alcindo Cacela, 287, CEP 66060-902, Belém, PA, Brasil, Vitória, ES, Brazil, srossy@uol.com.br

² Orivaldo de Lira Tavares, UFES Universidade Federal do Espírito Santo, Av. Fernando Ferrari s/n, Goiabeiras, 29.060-900, Vitória, ES, Brazil, tavares@inf.ufes.br

³ Crediné Silva de Menezes, UFES Universidade Federal do Espírito Santo, Avenida Fernando Ferrari s/n, Goiabeiras, 29.060-900, Vitória, ES, Brazil, credine@inf.ufes.br

Esse artigo apresenta a arquitetura para um ambiente de aprendizagem para apoiar o ensino de compiladores, baseado na pedagogia de projetos e com suporte inteligente à mediação. Constitui-se de mais 4 seções distribuídas da seguinte forma: a seção 2 apresenta a pedagogia de projetos no curso de compiladores; a seção 3 apresenta o MEDIADOR, um ambiente para apoio a aprendizagem baseada em projetos com suporte inteligente à mediação e, finalmente, a seção 6 apresenta as considerações finais.

II. PROJETOS DE COMPILADORES

Na concepção da pedagogia de projetos, os alunos são distribuídos em grupos, cabendo a cada grupo investigar e construir conhecimento sobre um tema. A escolha do tema é norteada pela curiosidade visando com isso tornar a aprendizagem mais significativa possível [9].

Nessa abordagem, os projetos se constituem em planos de trabalho e conjunto de atividades que podem tornar o processo de aprendizagem mais dinâmico, significativo e interessante para o aprendiz, deixando de existir a imposição dos conteúdos de maneira autoritária. A partir da escolha de um tema, o aprendiz realiza pesquisas, investiga, registra dados, formula hipóteses, analisa, aplica e avalia o artefato construído [1]. A aprendizagem é significativa uma vez que a definição de um tema para o projeto pressupõe que o aprendiz possui algum conhecimento prévio sobre o tema proposto, levando em consideração que este se encontra dentro de seu foco de interesse.

A proposta da pedagogia de projetos reflete, portanto, os conceitos construtivistas de Piaget, as idéias de Vygotsky [10], e, mais recentemente, encontra nas idéias de Resnick [7], sobre o construcionismo distribuído, originado do construcionismo de Papert [6] um suporte computacional através da utilização de redes de computadores.

Nessa abordagem, não há professor no sentido clássico do termo. Ao invés disso, cada projeto conta com um, ou mais, mediadores. O envolvimento dos aprendizes é fundamental, sendo uma característica chave do trabalho de projetos. Além disso, a responsabilidade e a autonomia dos aprendizes são essenciais: os aprendizes são responsáveis pelo trabalho e pelas escolhas ao longo do desenvolvimento do projeto [9].

Grégoire & Laferrière [3] defendem a idéia de que um projeto será bem sucedido se a participação dos aprendizes e sua contribuição ao tema tiverem sido importantes para o grupo de maneira geral. Isso acontece se os artefatos de um pequeno grupo de aprendizes atraírem o interesse de outros, permitindo que esses outros expandam ou refinem o seu próprio processo de aprendizagem. Os artefatos são produtos produzidos ou consumidos nas diversas atividades durante a construção do projeto [9].

Em um projeto, a responsabilidade e a autonomia dos aprendizes são essenciais. Os aprendizes são co-responsáveis pelo trabalho e pelas escolhas realizadas ao longo do desenvolvimento do projeto. Em geral, essas escolhas são

realizadas em equipe, motivo pelo qual a cooperação está também quase sempre associada ao trabalho de projetos. A cooperação é necessária uma vez que o desenvolvimento de um projeto envolve complexidade e resolução de problemas. O objetivo central do projeto constitui um problema que exige o planejamento e a execução de uma ou mais atividades para sua resolução [5]. A execução dessas atividades acontece em fases [4]: identificação do problema, observação e mineração, coleta de dados, análise, síntese, formalização e validação.

Ao criar um novo curso, o mediador deve definir [9]:

- um conjunto de tarefas a serem realizadas, que podem ser, por exemplo, as etapas do processo descritas na seção anterior;
- a estratégia de execução das tarefas;
- os métodos e as técnicas que serão usados no desenvolvimento de cada tarefa;
- as ferramentas que vão automatizar a aplicação dos métodos e técnicas.

O mediador tem a liberdade de decidir, por exemplo, diferentes estratégias (figura 1) para conduzir os aprendizes durante a aprendizagem, podendo, por exemplo, realizar uma ou mais fases de análise e síntese, antes de partir para a fase de formalização, ou adotar modelos cíclicos em que após a fase de validação, o processo volta à fase de identificação do problema, permitindo que o aprendiz vá amadurecendo seus conceitos a cada iteração do ciclo.

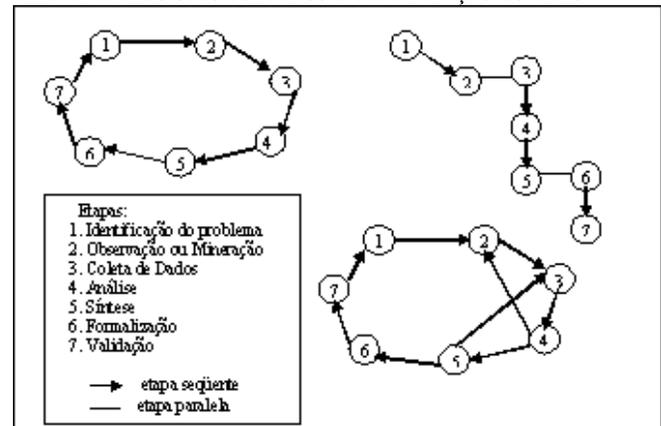


FIGURA 1

ALGUMAS FORMAS DE ESTRUTURACAO DO PROCESSO DE APRENDIZAGEM [9]

No contexto do ensino de compiladores, a pedagogia de projetos pode facilitar a integração com outras disciplinas, como a engenharia de software, favorecer a aprendizagem cooperativa e promover maior envolvimento do aprendiz. Nessa disciplina, o aprendiz, freqüentemente desenvolve o projeto de um compilador de acordo com as especificações de linguagem definidas pelo professor. O projeto de compilador é desenvolvido através de um processo, definido pelos aprendizes, sendo muitas vezes ad-hoc. Apesar disso, o

aluno tem a oportunidade de aplicar conceitos e técnicas estudadas no desenvolvimento prático do seu projeto.

III. MEDIADOR

O MEDIADOR [1] é um ambiente virtual para a aprendizagem orientada a projetos modelado em três camadas (figura 1): camada de interação, camada de projetos e camada inteligente, onde atua uma organização de agentes para facilitar o trabalho dos mediadores.

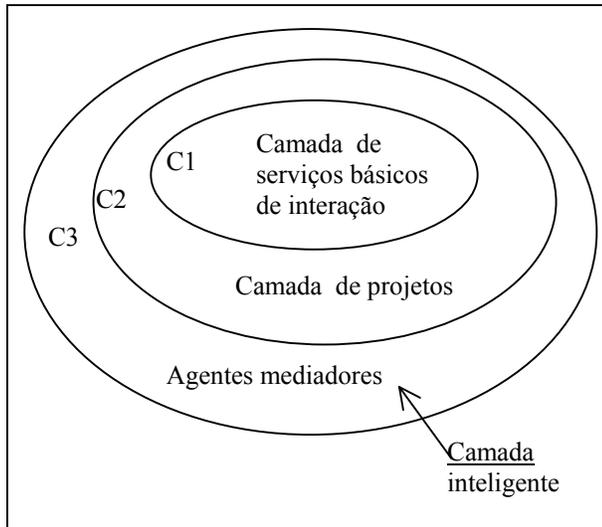


FIGURA 1

MEDIADOR – ARQUITETURA EM 3 CAMADAS [1]

Camada de serviços básicos de interação

Nesta camada estão presentes as ferramentas que facilitam a interação entre os participantes. Essas ferramentas visam atender os requisitos de interação entre os participantes. Entre as ferramentas de interação assíncrona que compõem essa camada, estão: Fórum, Mural, Correio Eletrônico, Mecanismo de Decisão, Listas de Discussão. Entre as ferramentas de comunicação síncrona, tem-se: *Chat* (sala de bate-papo) e Mensagens Instantâneas.

Camada de projetos

Para apoiar as atividades desenvolvidas no ciclo de desenvolvimento de projetos, a camada de projetos propõe mecanismos que permitam planejar, desenvolver e avaliar os projetos realizados pelos aprendizes. Essa camada atende os seguintes requisitos [1]:

- controlar os acessos mediante *login* e senha e permitindo ao aprendiz identificar a comunidade (turma ou grupo) que participa;
- permitir que os participantes (aprendizes, mediadores, colaboradores e observadores) proponham temas para os projetos;

- permitir que os aprendizes formem grupos (comunidades) de trabalho dentro de uma turma;
- permitir a seleção de temas propostos (dentre os vários temas propostos, um número limitado pode ser selecionado para os participantes desenvolverem seus projetos);
- permitir que grupos selecionem temas para desenvolvimento dos projetos; uma vez que um tema seja selecionado, ele está disponível para que um (ou vários) grupos o selecione para elaborar um projeto;
- No desenvolvimento do projeto: prover agenda para marcação dos compromissos da comunidade (grupo ou turma); uma área de trabalho (compartilhada) para o desenvolvimento dos projetos (incluindo o controle de versões);

No processo de desenvolvimento de um projeto de compilador, o primeiro passo consiste na definição da linguagem para a qual o compilador deverá ser desenvolvido. Para essa etapa, o mediador propõe um conjunto de especificações mínimas para cada grupo. Todos os participantes podem sugerir novos requisitos/linguagens que, mais tarde, poderão passar a constituir projetos. Os temas (especificações) propostos podem ser votados através de ferramentas apropriadas (enquetes). Finalmente, após a etapa de votação, os mediadores aprovam os projetos selecionados e uma nova etapa se inicia.

Os participantes formam grupos e selecionam um projeto para ser desenvolvido. Nesse momento, todo o espaço para o desenvolvimento do projeto é criado (agenda, área de desenvolvimento, mecanismos de comunicação). Após a definição do projeto, o ambiente passa a controlar as ferramentas disponíveis para cada projeto.

Durante o desenvolvimento dos projetos, os aprendizes utilizam a agenda do grupo, correio, listas de discussão, reuniões virtuais síncronas (chat) e assíncronas (fórum), para promover a comunicação, a cooperação e a interação. Documentos e porções de códigos para avaliação podem ser disponibilizados, utilizando-se uma área compartilhada. Os diversos artefatos produzidos pelo grupo em etapa do processo (como estruturas de dados, gramáticas, analisadores léxicos) podem ser compartilhados, de modo a promover seu registro e compartilhamento.

Em diferentes etapas do processo de aprendizagem, o mediador precisa intervir. Exemplos dessa intervenção estão relacionados ao acompanhamento das agendas de grupos e no cumprimento das atividades (grupos/participantes). Essa intervenção pode acarretar em uma sobrecarga no trabalho do mediador comprometendo suas atividades de mediação. Assim, a camada de agentes mediadores atua sobre as camadas C1 e C2 no sentido de minimizar essa sobrecarga.

Camada de agentes mediadores

Para apoiar as atividades de mediação, os agentes mediadores, dispostos sobre uma camada inteligente, passam a monitorar e acompanhar os aprendizes no desenvolvimento de seus projetos. A abordagem de agentes é apropriada por

inserir características pró-ativas ao ambiente, reduzindo, dessa forma, a sobrecarga de trabalho do mediador no acompanhamento dos aprendizes através do monitoramento de suas ações.

A organização de agentes é projetada segundo a metodologia Gaia [WOO 2000], considerando-se, na modelagem, as camadas C1 e C2 (figura 1) como o ambiente percebido pelos agentes. A metodologia Gaia [WOO 2000] considera o projeto de sistemas multiagentes como uma organização artificial, permitindo combinar o poder da abstração de agentes (na verdade, de papéis) com um projeto e implementação orientados a objetos (ou outro paradigma) significativamente simplificados e com alta reusabilidade. Uma característica particular da metodologia está na ênfase do uso de classes abstratas de agente, como um meio de agrupar papéis durante a análise e durante o refinamento do modelo. Desse modo, algumas decisões sobre agentes podem ser postergadas até a fase de projeto. Assim, alterações quanto a granularidade, por exemplo, remetem a modificações apenas nos modelos de projeto, garantindo que os papéis não sejam modificados. Os seguintes papéis foram identificados [1]:

- **GerEstr:** papel gerenciador de estratégias, responsável pela carga e gerenciamento das modificações nas estratégias definidas pelos mediadores;
- **InterpretEstr:** papel interpretador de estratégias, responsável pela interpretação e delegação de responsabilidades para as condições e ações definidas nas estratégias;
- **ExecutorEstr:** responsável pela execução das ações definidas nas estratégias (para o grupo ou para um componente do grupo);
- **AcompAprendiz:** analisa as ações executadas e acompanha o aprendiz em suas ações, registrando essas ações para auxiliar no processo de mediação;
- **AcompGrupo:** analisa as estratégias e táticas empregadas no acompanhamento dos aprendizes participantes de um grupo/turma, realiza estatísticas de grupo e atende a solicitações relativas a essas informações;
- **AcompMediador:** armazena e analisa as ações do mediador, buscando dar suporte na definição de estratégias para o acompanhamento dos aprendizes;
- **Mensageiro:** realiza as comunicações definidas nas táticas das estratégias. Essas comunicações podem acontecer de forma síncrona ou assíncrona. Para este trabalho as comunicações possíveis são através de correio eletrônico, quadro de avisos (Web) ou agente de interface;
- **AtMediador:** efetua as interações entre o mediador, a organização de agentes virtuais e o ambiente;
- **AtAprendiz:** efetua as interações entre o aprendiz, a organização de agentes virtuais e o ambiente;
- **AvaliadorEstr:** esse papel registra todas as comunicações entre agentes virtuais e entre agentes

virtuais e aprendiz. Ele é responsável por avaliar as estratégias definidas, no sentido de auxiliar o mediador com estatísticas relacionadas às ações executadas ou não das estratégias. Para isso, utiliza os registros de comunicação;

- **GerFerrComunic:** fornece informações solicitadas sobre as ferramentas de comunicação no ambiente para um grupo ou para um aprendiz participante de um grupo/turma;
- **GerAgenda:** fornece informações solicitadas sobre a agenda de um grupo/turma ou para um componente de grupo/turma;
- **GerProjeto:** fornece informações solicitadas sobre o andamento do projeto de um grupo/turma;
- **GerFerrPedagogica:** fornece informações sobre usos de ferramentas pedagógicas disponíveis para um grupo/turma;
- **GerConteudo:** fornece informações sobre acessos a conteúdos disponibilizados para turma/grupo;

O modelo de comunicação (figura 2) entre papéis é apresentado na figura 2.

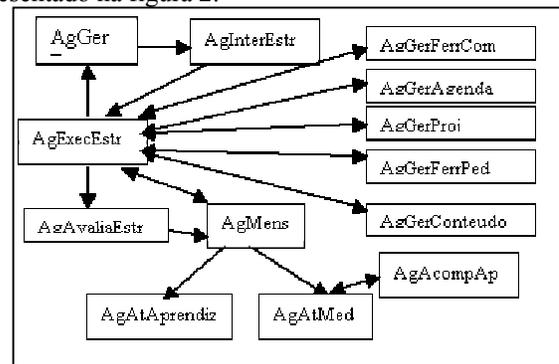


FIGURA 2

MODELO DE COMUNICAÇÃO DOS AGENTES

Uma vez que o projeto orientado da metodologia GAIA não especifica os detalhes para a implementação, realizou-se a modelagem orientada a objetos para cada agente modelado, de forma consistente com a implementação em linguagem orientada a objetos (JAVA). Em tempo de projeto, um novo agente foi projetado para a organização (o agente comunicador), atendendo aos requisitos de comunicação entre agentes.

Para compreender o funcionamento da organização de agentes, abstraído-se a função do agente comunicador, basta analisar os papéis desempenhados pelos agentes: o agente Gerenciador de Estratégias (AgGerEstr) monitora as estratégias e quando identifica que houve modificação em alguma estratégia, ou se nova estratégia foi definida, encaminha para Interpretador de Estratégias (AgInterEstr). Este, por sua vez, interpreta cada uma das táticas definidas nas estratégias e encaminha para o Agente Executor de Estratégias (AgExecEstr). O agente Executor repassa a condição estabelecida na estratégia para o agente

responsável por analisá-la (nesse caso, os agentes monitores das ferramentas presentes na divisão de gerência de ferramentas) e aguarda até que todas as condições estabelecidas na estratégia sejam encontradas. Nesse caso, o Executor de Estratégia deve iniciar a execução (que pode ser, por exemplo, uma mudança na agenda, um aviso no mural ou o envio de mensagens, via e-mail ou através de agentes de interface). Quando mais de uma condição remete à execução de ações, o executor deve solicitar a revalidação das condições encontradas. Por exemplo, a condição 1 pode ter sido encontrada 3 dias de antecedência da condição 2 e, nesse momento, a condição 1 pode não ser mais válida para aquele aprendiz.

Uma das ações estabelecidas nas estratégias pode ser uma parada na estratégia. Nesse caso, o Executor informa ao Gerenciador de Estratégias que a estratégia deve ser desativada e solicita a interrupção de todos os outros serviços. Uma vez que todas as comunicações entre agentes são registradas, o Avaliador de Estratégias (AgAvalEstr) é responsável por acompanhar os registros de comunicação e enviar mensagens (através do Agente Mensageiro – AgMens) para o mediador informando sobre a situação da estratégia. Os agentes Acompanhadores (na divisão de acompanhamento) são responsáveis por fornecer informações (quantitativas) relativas às ações de grupo, aprendiz e mediador, quando solicitadas.

V. CONCLUSÕES

O MEDIADOR foi desenvolvido, inicialmente, a perspectiva de ser incorporado ao AmCorA [4], de forma que possa ser utilizado em disciplinas ou cursos que favorecem a utilização da pedagogia de projetos (como é o caso da disciplina de Compiladores, Inteligência Artificial, entre outras).

A utilização do ambiente e acompanhamento da organização de agentes é fundamental para avaliar os requisitos e identificar novos requisitos necessários para atingir os objetivos propostos. Requisitos de interface, por exemplo, podem ser identificados através da utilização do ambiente (visualizar mensagens de acordo com as preferências do aprendiz etc).

Fundamentalmente, deve-se considerar que essa proposta é fortemente baseada nas questões de interatividade do ambiente. A definição de estratégias cujas táticas sejam baseadas na interatividade só pode efetivamente ser avaliada conforme o uso do ambiente por aprendizes e mediadores.

Finalmente, as estratégias definidas nessa proposta baseiam-se em critérios quantitativos. Para uma análise qualitativa do ambiente, a integração desta proposta a outras ferramentas, como [8] e [2] é fundamental, para que se possam obter melhores resultados na execução das estratégias.

- [1] Brito, S. R., Tavares, O. L., Menezes, C. S., "MEDIADOR: Um ambiente para aprendizagem orientada a projetos com suporte inteligente à mediação", In: *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, 13., 2002, São Leopoldo-RS, Anais... São Leopoldo: UNISINOS, 2002, p. 116-124.
- [2] Castro, Glauco Palassi Cupertino de Castro; CURY, Davidson; MENEZES, Crediné Silva de. *SAMIR: Assistente pessoal de perguntas*. In: *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, 12., 2001, Vitória-ES. Anais..., Vitória: UFES, 2001.
- [3] Grégoire, R.; Laferrière, T. "Project-based collaborative learning with network computers: teacher's guide". *Canada's Schoolnet*, 2001. Disponível em: <<http://www.tact.fse.ulaval.ca/ang/html/projectg.html#anchor387673>>. Acesso em: 05 mai. 2001.
- [4] Menezes, C.S., Cury, D., Campos, G.H.B. "AmCorA: Um Ambiente Cooperativo para a Aprendizagem Construtivista Utilizando a Internet". In: *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, 10, 1999, Curitiba; Anais...Curitiba: UFPR, 1999. p. 333-340.
- [5] Nogueira, N. R. *Uma prática para desenvolvimento das múltiplas inteligências: aprendizagem com projetos*. São Paulo: Érica, 1998.
- [6] Papert, S. Situating Construction. *Constructionism*, I. Harel & S. Papert (eds.) Norwood, NJ: Ablex Publishing, 1991.
- [7] Resnick, Mitchel. "Distributed Constructionism". In *Proceedings on.. Learning Sciences Association for the Advancement of Computing in Education*, Northwestern University, Jul. 1996.
- [8] Souza, R. S., Menezes, C. S. "Aplicando técnicas de recuperação de informações para facilitar a interação em ambientes cooperativos: uma abordagem multiagentes". In: *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, 12, 2001, Vitória-ES. Anais..., Vitória: UFES, 2001.
- [9] Tavares, O. L.; Brito, S. R.; Souza, R. S.; Menezes, C. S. "Ambiente de apoio à mediação de aprendizagem: Uma abordagem orientada por processos e projetos". *Revista de Informática na Educação*, set., 2001, p. 77-87.
- [10] Vigotsky, L.S. "A Formação Social da Mente". Martins Fontes, 1984.
- [11] Wooldridge, M., Jennings, N. R., Kinny, D. "The Gaia Methodology for Agent-Oriented Analysis and Design". In: *Journal of Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, 2000. Disponível em: <<http://www.csc.liv.ac.uk/~mjlw/>>. Acesso 01 de fev. 2001].

REFERENCES