
Um sistema de resolução distribuída de problemas para apoiar o planejamento educacional

Flávia Beatriz Rodrigues Prisco da Cunha
Universidade Braz Cubas
55-11-4791-8000

José Demisio Simões da Silva
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Laboratório Associado de Computação e Matemática Aplicada (LAC)
55-12-3945-6543
Universidade Braz Cubas
55-11-4791-8000

Carlos Alberto de Oliveira
Universidade de Taubaté
55-12-225-4246
Universidade Braz Cubas
55-11-4791-8000

Resumo

Este artigo apresenta um sistema cooperativo de resolução distribuída de problemas, destinado a auxiliar o planejamento e a elaboração de currículos de cursos e disciplinas para educação mediada por computador (EMC). O sistema consiste em um ambiente composto por seis agentes inteligentes que trabalham de forma cooperativa para alcançar a solução final de um problema. No trabalho são descritas as técnicas de inteligência artificial (IA) utilizadas para o desenvolvimento do sistema, entre elas: raciocínio baseado em casos (RBC) e processamento da linguagem natural (LN).

Abstract

This paper presents a cooperative distributed problem solving system (CDPS) to help the educational planning for mediated-computer education. The system consists in an environment composed by intelligent agents that cooperate to solve a problem. This work describes the artificial intelligence resources used to develop the system, as case-based reasoning and natural language processing.

1. Introdução

Historicamente, e também por motivações científicas distintas, o domínio de Inteligência Artificial Distribuída (IAD) pode ser dividido em duas abordagens: Resolução Distribuída de Problemas (RDP) e Sistemas Multiagentes (SMA) (Rezende, 2003).

A resolução distribuída de problemas (RDP) estuda como um grupo de agentes pode trabalhar junto para solucionar problemas que excedem sua capacidade individual (Durfee et. al, 1989). Cada agente em um sistema RDP apresenta capacidade para solucionar problemas muitas vezes complicados e trabalham com independência, porém, a solução final não pode ser alcançada sem cooperação. A cooperação é necessária, pois nenhum agente apresenta conhecimento, informações e recursos suficientes para solucionar o problema. Em um sistema RDP existem diferentes agentes que são especialistas na solução de partes do problema.

Em geral, os trabalhos sobre resolução distribuída de problemas supõem a existência de benevolência, assumindo-se que os agentes em um sistema compartilham um objetivo comum e que não há potencial para conflitos entre eles (Wooldridge, 2002). A assunção de benevolência simplifica a tarefa de desenvolvimento do sistema, reduzindo a complexidade. Em contraste, os sistemas multiagentes focalizam sociedades de agentes com objetivos próprios, de modo que não é possível assumir que há o compartilhamento de um objetivo comum, pois o interesse de um agente pode conflitar com o de outro (Wooldridge, 2002).

O presente trabalho descreve um sistema de resolução distribuída de problemas, composto por agentes inteligentes que têm como objetivo comum a formulação de diretrizes capazes de nortear educadores em seu planejamento educacional. No artigo são abordados conceitos referentes a agentes, tanto no que diz respeito a aspectos sociais da agência (habilidade para se comunicar e cooperar), como aspectos relacionados à inteligência (habilidade de aprender, planejar, etc.). Além disso, são também tratadas subáreas da Inteligência Artificial (IA) como Raciocínio Baseado em Casos (RBC) e Processamento da Linguagem Natural (LN). É apresentado um sistema de resolução distribuída de problemas, denominado EDUCA-AÇÃO (Prisco da Cunha, 2003), destinado a auxiliar o planejamento e a elaboração de currículos de cursos e disciplinas para educação mediada por computador (EMC). O EDUCA-AÇÃO utiliza técnicas de IA e foi desenvolvido com base nas teorias da Aprendizagem de Piaget (Construtivismo) e de Vygotsky (aprendizagem como um processo social), nas idéias de Novak e Ausubel (mapas conceituais), e nos conceitos de Gagné sobre projeto instrucional (Gagné et. al, 1992; Gagné e Glaser, 1986) e mapas de hierarquia de aprendizagem.

2. A Educação Mediada por Computador

A utilização do ensino via computador com abordagens da IA (Inteligência Artificial) pode ser uma forma de diversificar os instrumentos de apoio do ambiente, atendendo às necessidades pedagógicas e tecnológicas em questão (Pozzebon e Barreto, 2003). Isso porque a IA possui técnicas que facilitam a modelagem de processos de inferência, permitindo a construção de ambientes amigáveis e interativos que conduzem a solução do problema lado a lado com o usuário. Desse modo, ela é uma opção muito atraente para a elaboração de sistemas computacionais de apoio à educação.

Em geral, os sistemas computacionais desenvolvidos para o meio educacional estão direcionados para o educando, havendo pouca ou quase nenhuma preocupação com o educador. Esses sistemas, sejam eles destinados à educação a distância ou presencial, não costumam apresentar recursos que orientem os educadores em como utilizá-los. Tal constatação mostra um campo a ser explorado na IA aplicada à educação, área que permite a utilização de técnicas diversas para a modelagem e o desenvolvimento de sistemas destinados a auxiliar o planejamento educacional.

Normalmente, o material criado para a EMC é preparado segundo as características do ensino presencial tradicional, sendo apoiado em modelos educativos fragmentados ou cada vez mais criticados, como o Behaviorismo (Deschênes, 1992). A experiência tem mostrado que os professores, quando optam pela EMC, reproduzem suas práticas como se estivessem em uma sala de aula convencional, esquecendo-se das peculiaridades desses ambientes. Os alunos também se sentem inibidos com a riqueza oferecida pelas tecnologias e adotam posturas pouco interativas, visto que determinados modelos de conduta já se encontram cristalizados (Nova e Alves, 2003). Assim, podem ocorrer conturbações no processo de aprendizagem, quando se trata da utilização de tecnologias como o computador e a Internet.

Para evitar a formação desse quadro, o educador, ao preparar o seu material educacional, deverá preocupar-se com o fato de que não se portará mais como um repassador de conhecimentos, colocando-se diante de uma classe e expondo o conteúdo; e sim deverá lembrar-se de que esse material será apresentado aos educandos através da tela de um computador e, por

esse motivo, deverá ser preparado considerando a nova situação na qual o educando estará envolvido. O uso de recursos tecnológicos no processo educacional requer um planejamento cuidadoso para promover um ambiente produtivo de aprendizagem. De forma alguma as novas tecnologias devem ser empregadas na educação desconsiderando-se sua utilização. Elas alteram os papéis dos participantes do processo educacional e por isso a reflexão sobre a sua utilização é necessária.

O EDUCA-AÇÃO consiste em um ambiente computacional desenvolvido, exclusivamente, para apoiar educadores em seu planejamento educacional. Ele é um sistema de resolução distribuída de problemas, composto por seis agentes: sendo um deles responsável pelo estabelecimento de uma comunicação em linguagem natural com o usuário (educador). Além disso, apresenta um mecanismo de analogia que utiliza raciocínio baseado em casos para auxiliar a solução dos problemas. Esse ambiente adaptável, desenvolvido com técnicas de IA, viabiliza a construção de currículos para EMC, respeitando os aspectos pedagógicos e didáticos inerentes a nova mídia. O interessante é que o educador, mesmo desconhecendo ou não querendo, estará sendo orientado pelos princípios (pedagógicos e didáticos), pois eles são intrínsecos ao modelo. A junção das técnicas de IA possibilitou que se alcançasse esse ambiente amigável capaz de auxiliar, muitas vezes de forma não transparente para o usuário, o educador em seu planejamento educacional. O ambiente EDUCA-AÇÃO é tratado na seção seguinte.

3. O Ambiente EDUCA-AÇÃO

A arquitetura do EDUCA-AÇÃO, exibida na Figura 1, contempla as características de um sistema de resolução distribuída de problemas (RDP) (Decker, 1987; Durfee et. al, 1989; Durfee and Rosenschein, 1994), no qual existem diversos agentes, especialistas na solução de problemas, que apresentam um objetivo comum. Ela é composta por:

- um agente humano;
- seis agentes artificiais, cada um desempenhando um papel específico e bem definido, e, por isso, tendo responsabilidades especializadas sobre a solução do problema, sendo um deles responsável pelo controle ou gerenciamento das atividades realizadas;
- um espaço de conhecimentos, projetado com base nas idéias de *blackboard* (Nii, 1986; Huhns e Stephens, 1999; Bello e Sandler, 2000; Chen e Occeña, 2000), para permitir a representação do conhecimento e a comunicação interna no sistema.

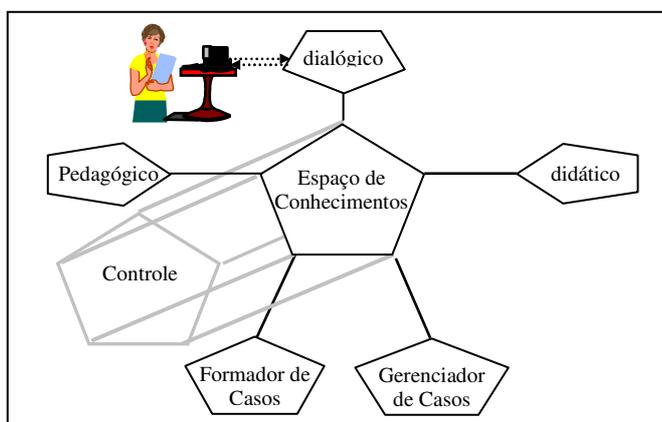


Figura 1 - Arquitetura do EDUCA-AÇÃO

A descrição de cada agente é dada a seguir:

- Agente Humano: o agente humano representa o usuário do sistema, sendo qualquer educador interessado em obter auxílio para a elaboração do currículo de um curso e/ou disciplina para EMC.
- Agente Dialógico: o agente Dialógico é responsável pela comunicação entre o usuário (educador) e o sistema, que ocorre em linguagem natural e/ou através de menus, elaborados com o intuito de facilitar o diálogo e minimizar erros ocasionados por má interpretação de textos ou digitação incorreta. Sua função é colher informações e interpretá-las, disponibilizando os resultados de suas inferências no Espaço de Entrada (EE) do Espaço de Conhecimentos.
- Agente Pedagógico: o agente Pedagógico é responsável em auxiliar o planejamento pedagógico de cursos e/ou disciplinas.
- Agente Didático: O agente Didático é responsável por auxiliar o educador no estabelecimento da didática empregada com os educandos, de acordo com o perfil desses últimos e de acordo com o curso ou disciplina que se está planejando. A função do agente Didático é auxiliar o educador na definição das estratégias e táticas educacionais, lembrando-lhe sempre da importância da participação do educando no processo de aprendizagem e das características do meio educacional a ser utilizado, do perfil do educando, do domínio da aplicação etc.
- Agente Gerenciador de Casos: Este agente tem a função de gerenciar o Espaço de Casos (alterar, inserir, excluir e realizar busca e analogia de casos). Sua tarefa principal é buscar por casos que possam ser úteis para a solução de novos problemas. O agente Gerenciador de Casos procura se antecipar com uma solução que atenda às necessidades do educador. Sua tarefa evita a realização de fases de processamento desnecessárias.
- Agente Formador de Casos: O agente Formador de Casos é responsável pela formação do currículo do curso ou disciplina. Ele promove a unificação do conhecimento gerado pelos demais agentes e compõe o material referente à orientação ao educador, produzindo um novo caso.
- Agente de Controle: O agente de controle é responsável por gerenciar a solução do problema. Ele possui uma visão macro do ambiente e é o responsável pelo acionamento do agente que deverá realizar a próxima tarefa. Ele deve manter a coerência e a competência do modelo.

Assim, tem-se um ambiente composto por agentes inteligentes que se relacionam. O projeto dos agentes e das relações estabelecidas entre eles foi realizado com base nas teorias da psicologia cognitiva (Construtivismo e Aprendizagem como um processo social).

No sistema, cada agente dispõe de uma capacidade denominada “habilidade de colaboração”, que permite ao agente inferir, através de sua experiência e de alguma informação que possui sobre o ambiente, sobre a direção a ser tomada em um dado momento da solução do problema. Desse modo, ele pode agir sem prejudicar a coordenação do sistema e mantendo o caráter cooperativo do ambiente. A habilidade de colaboração é obtida a partir de regras para planejamento e cooperação, que viabilizam a aquisição de conhecimentos sobre a resolução do problema. Tais conhecimentos auxiliarão na definição das ações individuais a serem realizadas pelo agente. O objetivo principal da habilidade de colaboração é dar ao agente condição de selecionar as ações mais adequadas para a solução do problema, tentando eliminar a realização de atividades desnecessárias. Entretanto, essas informações do ambiente não são suficientes para evitar que o agente trabalhe desnecessariamente. Uma solução encontrada foi introduzir no modelo um agente centralizador, denominado agente de controle, destinado a gerenciar a agência.

O agente de controle, modelado através de um conjunto de regras de controle, possui uma visão macro do domínio do problema, tendo condições de proporcionar coerência e coordenação ao modelo, uma vez que apresenta a capacidade de detectar a melhor tarefa a ser realizada no ambiente e notificar o agente responsável por sua execução. As regras modeladas nesse agente permitem que, pela análise do ambiente, ele seja capaz de selecionar as decisões de controle apropriadas, dando continuidade ao processo colaborativo de solução do problema.

Além dessa habilidade, os agentes do EDUCA-AÇÃO apresentam mais três habilidades: habilidade de captação, habilidade de comunicação e habilidade de ação.

A habilidade de comunicação possibilita as interações e o compartilhamento de informações entre os agentes através do espaço de conhecimentos, elaborado com base nas idéias de *blackboard*. Ela promove a interface entre o agente e o ambiente.

A habilidade de captação dá ao agente a capacidade de capturar dados do Espaço de Conhecimentos. Para isso, ele deverá ter sido noticiado pelo agente de controle sobre a existência de tarefas de sua responsabilidade a serem realizadas. Sendo assim, ela permite que o agente perceba o ambiente, possibilitando a realização da ação. O esquema ilustrado na Figura 2 resume esse processo.

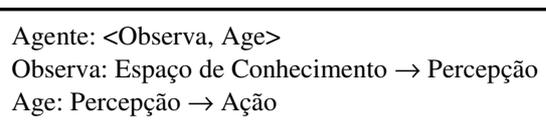


Figura 2 – Esquema de percepção e ação

A habilidade de ação permite que o agente seja capaz de executar uma ação sobre o ambiente, colaborando para a composição da solução de um problema. A ação define a especialidade do agente, representando o que ele está apto para fazer. A ação é regida por um conjunto de regras de acordo com a especialidade do agente, que permitem que ele execute seu trabalho adequadamente.

A Figura 3 ilustra as habilidades dos agentes do modelo.

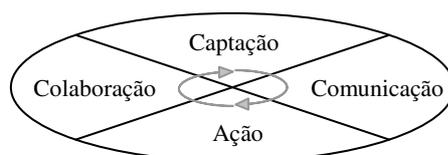


Figura 3 – Habilidades dos Agentes

As habilidades dos agentes são importantes pois contribuem para o correto direcionamento da tomada de decisões. Um agente tem um repertório de ações que representam sua capacidade efetiva: sua habilidade de modificar seu ambiente. Porém, essas ações estão sujeitas a pré-condições que definem situações nas quais elas podem ser aplicadas. Assim, através de suas habilidades, o agente tem condição de perceber o ambiente e utilizar o seu conhecimento para definir a ação que acredita ser a mais adequada, cooperando para o alcance do objetivo comum.

Conforme os agentes agem, a partir das percepções constatadas, o espaço de conhecimentos vai sendo alterado. As alterações do espaço de conhecimentos geram novas percepções, que, por sua vez, geram novas ações e novas alterações no espaço de conhecimentos. Tem-se, portanto, um ciclo que se repete até que seja atingido o estado objetivo, ou seja, até que a solução tenha sido encontrada. A Figura 4 ilustra o Espaço de Conhecimentos

que é dividido em três partes: Espaço de Entrada (EE), Espaço de Desenvolvimento (ED) e Espaço de Casos (EC).

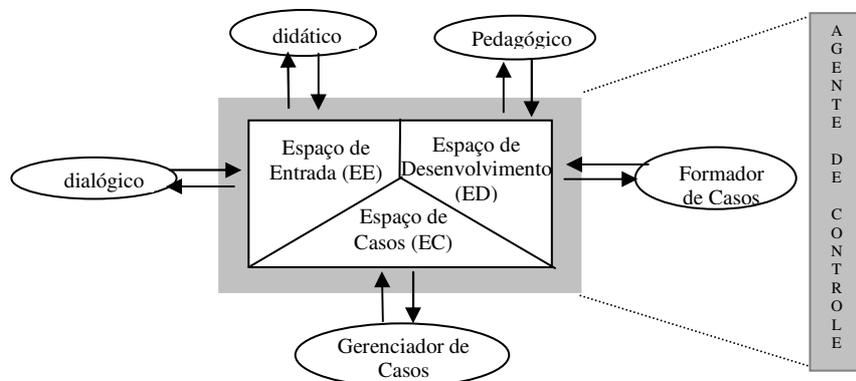


Figura 4 – Espaço de Conhecimentos

O Espaço de Entrada (EE) consiste em uma área destinada ao recebimento do conhecimento tratado pelo agente dialógico, proveniente do agente humano. O conhecimento principal manipulado no EE é a solicitação inicial do agente humano, que será analisada pelo agente dialógico e, se compreendida, convertida para uma função composta pelos indicadores Acao, Pal-Chave, Obj, Grupo e Area: Solic (Acao, Pal_Chave, Obj, Grupo, Area). No Espaço de Desenvolvimento (ED) acontece a formação da solução para o problema proposto, disponibilizado no Espaço de Entrada através da função “Solic”. No Espaço de Casos (EC) ocorre a representação dos casos no sistema, na forma de estruturas de *frames*. As estruturas de *frames* constituem a implementação dos mapas conceituais e de hierarquia de aprendizagem no EDUCA-AÇÃO e possibilitam a realização do processo de analogia de casos, visto que os *frames* são os próprios casos.

O funcionamento do sistema se inicia com o recebimento de uma sentença em LN proveniente do educador, que será analisada pelo agente dialógico e uma vez compreendida, convertida em uma lista de palavras na forma (V,P,O,_,_). Após essa tarefa, são recuperadas as informações “grupo” e “área”, através de pesquisas nos dicionários do sistema, e a lista é inserida no EE do Espaço de Conhecimentos, na forma (V,P,O,G,A). Finalizada esta etapa, inicia-se o trabalho cooperativo dos agentes para a construção da solução para o problema. A Figura 5 mostra o processo de interação com o usuário (educador), ilustrando a transformação da sentença em LN na lista de palavras.

Conforme pode ser observado pela Figura 5, o agente dialógico é responsável por realizar as análises sintática e semântica da solicitação. Ele não realiza uma análise morfológica profunda, o que é justificável pelo fato de o domínio da aplicação ser restrito. No EDUCA-AÇÃO, um dicionário fechado (estático) é suficiente para armazenar as palavras (lexias) e os gramemas, e um dicionário dinâmico (conjunto de sinônimos para componentes do dicionário fechado) atua como colaborador no processo de inferências do sistema. Os dicionários são carregados sempre que o sistema é iniciado. O tratamento da solicitação inicial do educador é representado pela regra: *interpreta_solicitacao(Lista_de_componentes, Acao, Chave, Objeto, Grupo, Area, Acao_conhecida)*. Uma vez que os valores da solicitação inicial do educador tenham sido inferidos (através da análise semântica), é obtida a regra “solic”, a qual é inserida no EE para ser trabalhada pelos outros agentes. A Figura 6 ilustra a inserção da regra “solic” no EE (na forma (V,P,O,G,A)), para ser trabalhada pelos agentes e gerar um novo caso a ser armazenado no EC pelo agente gerenciador de casos.

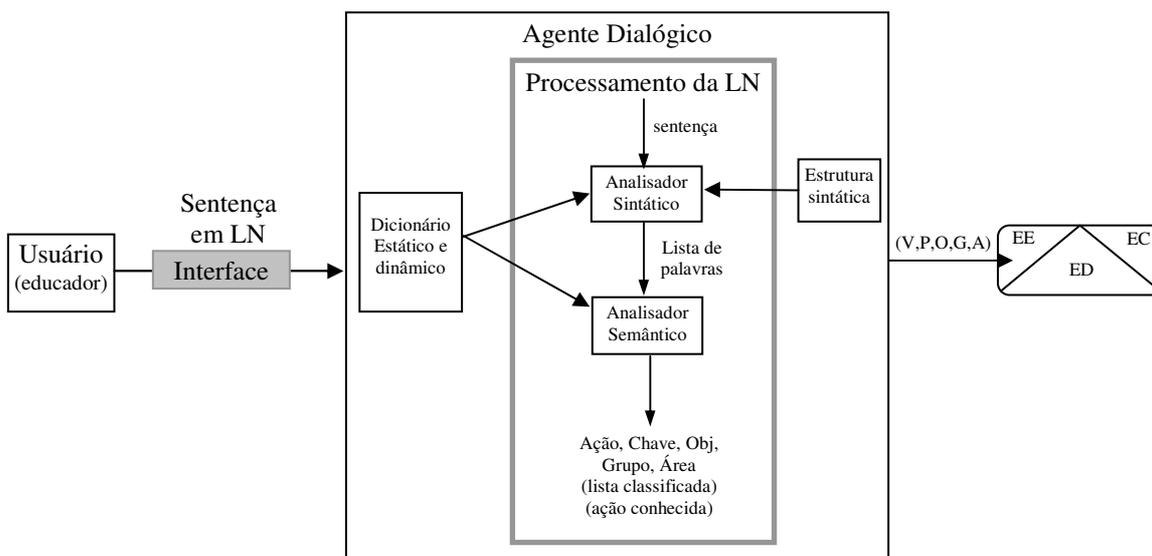


Figura 5 – Ação do agente dialógico

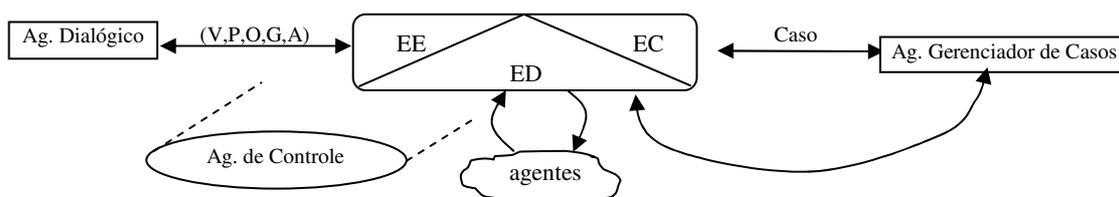


Figura 6 – Esquema resumido do trabalho dos agentes

A técnica de RBC provê um excelente mecanismo, capaz de auxiliar o curso das ações dos agentes. No EDUCA-AÇÃO, as ações não estão restritas apenas às percepções sobre o estado atual do ambiente (Espaço de Entrada e de Desenvolvimento), mas também têm como base as experiências anteriores (Espaço de Casos). Uma percepção é, portanto, formada tanto por informações novas, oriundas do usuário externo ou de outros agentes, como por informações já conhecidas pelo ambiente, armazenadas no espaço de casos.

De acordo com Costa (1999), uma das vantagens da aplicação do raciocínio baseado em casos está em trabalhar com conhecimento do domínio parcialmente incompleto. Não há necessidade de existir um modelo explícito do domínio, característica esta que permite que o crescimento do conhecimento seja de forma incremental. O conhecimento de um sistema RBC é constantemente alterado, em decorrência do surgimento de novas experiências que geram novos casos (Soibelman e Peña-Mora, 2000). Uma vez gerado um caso, ele é representado no Espaço de casos, sendo dividido em problema e solução (Watson,1997). A representação dos casos no espaço de casos do sistema e o processo de associação de um caso anterior com um atual podem ser mais bem compreendidos através da Figura 7. Na Figura 7, o novo caso está ligado ao caso anterior através de um tracejado, para indicar o processo de analogia de *frames*. Assim, quando um novo problema é colocado para o sistema, é realizada a busca no espaço de casos, sendo feitas comparações entre o novo problema e os casos anteriores. Havendo correspondência, o conhecimento contido no *frame* que representa o caso anterior poderá ser utilizado para auxiliar na construção da solução para o novo problema. Será, então, iniciado o processo de representação das informações do novo caso em um *frame*, decorrente do processo de analogia de *frames* e das interações com o educador. Serão, também, realizadas as devidas ligações no sistema de *frames* e o novo caso será representado no Espaço de Casos (EC).

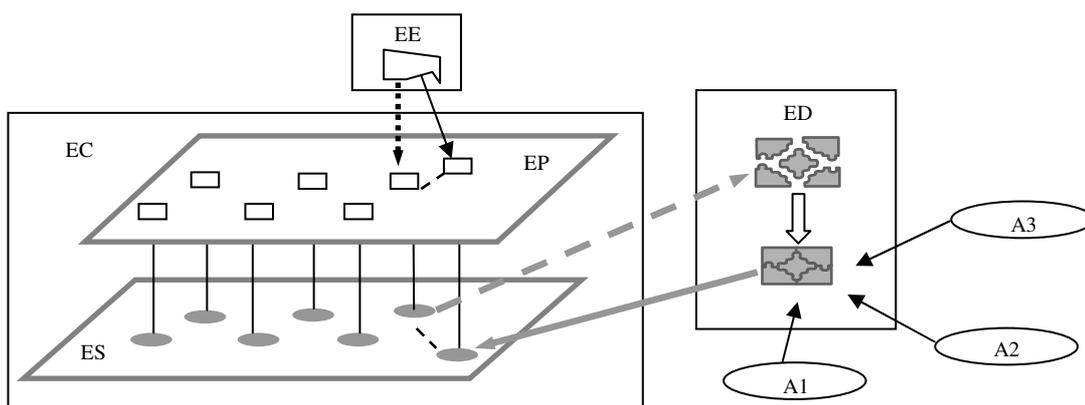


Figura 7 – Analogia de Frames

Durante a fase de composição do caso, entram em ação os agentes pedagógico e didático, sendo o primeiro responsável pela orientação referente à formação do conteúdo pedagógico e o segundo pelo conteúdo didático. No decorrer de seus trabalhos, esses agentes capturam o conhecimento de seu interesse do ED, referente ao caso recuperado do Espaço de Casos pelo agente gerenciador de casos, tratam esse conhecimento e, se julgarem apropriada a sua utilização, disponibilizam uma mensagem no ED que deverá disparar um novo diálogo entre o agente dialógico e o humano para confirmar a propriedade do aproveitamento do caso. Essa confirmação é realizada pelo estabelecimento de diversos diálogos com o educador, sendo um deles ilustrado na Figura 8.

EDUCA-ACAO > Já existe uma disciplina sobre Introdução à Programação. Quer ver?
 EDUCA-ACAO> sim.

Figura 8 – Diálogo para a exibição de um caso

Devido ao modo como foi modelado, o ambiente EDUCA-AÇÃO trabalha em conjunto com o educador, de forma colaborativa, segundo a idéia de parceiro mais competente (Sá Leite, 1999). Sendo assim, ele dá condições para que se obtenha um currículo educacional adequado aos propósitos desejados, respeitando o ambiente educacional, os educandos, a forma como se dará a educação, entre outros fatores importantes para a harmonia do processo educacional.

4. Conclusão

O presente sistema resgata as características de um *blackboard*, através do desenvolvimento do Espaço de Conhecimentos, e mostra o potencial dessa arquitetura para um sistema RDP. Isso porque um sistema RDP tem como característica principal a cooperação e não a competição. Assim, quando se trata a solução de uma tarefa onde não há competição e onde os agentes têm que cooperar para o alcance da solução final o *blackboard* se mostra adequado e simples de implementar. Ele diminui a complexidade do sistema, uma vez que os agentes não necessitam ter conhecimentos detalhados do ambiente e das habilidades dos demais agentes, e proporciona um ambiente capaz de permitir a comunicação e o compartilhamento de informações durante a solução do problema. Ele satisfaz os requisitos básicos de cooperação em um sistema RDP, que é o compartilhamento de tarefas e soluções. Além disso, atende ao estabelecimento das fases do processo de resolução distribuída de problemas: decomposição do problema, solução de subproblemas e síntese de solução.

A opção por múltiplos agentes também reduziu a complexidade em relação ao conhecimento manipulado pelo sistema. A divisão do problema em subproblemas facilitou a

criação das regras utilizadas para a representação do conhecimento, o tratamento dessas regras e todo o processo de manipulação do conhecimento. Além disso, mostrou-se compatível com o sistema de raciocínio baseado em casos implementado no sistema, pois otimizou os processos de busca e de analogia de casos, também em virtude da redução da complexidade.

A utilização da LN para a interação homem-máquina teve dois aspectos importantes no sistema. Primeiro porque ela permitiu o estabelecimento de diálogos amigáveis e naturais com o educador, dando a ele liberdade de interagir com o agente dialógico por meio de pequenos textos digitados, aumentando a flexibilidade dos diálogos e dando ao sistema características que o tornam mais próximo do homem. Segundo porque as entradas fornecidas pelo usuário (educador), uma vez compreendidas pelo agente dialógico, eram facilmente convertidas em uma regra de entrada, a ser disponibilizada no EE do Espaço de Conhecimentos, permitindo o início da solução do problema pelos agentes. Embora a LN apresente problemas, como a ambigüidade, cujo tratamento é difícil, ela mostrou-se propícia neste caso, pois devido à natureza do sistema, foi possível limitar o vocabulário utilizado para a comunicação entre o educador e o agente dialógico, sem que ocorresse perda de qualidade e sem inviabilizar o diálogo. Uma pequena gramática mostrou-se suficiente para proporcionar os diálogos, permitir a aferição das intenções do usuário e gerar uma regra inicial com os requisitos básicos do que é desejado por ele. Assim, ganhou-se em flexibilidade, sem o acarretamento de mais complexidade na implementação.

O RBC também serviu para reduzir a complexidade pois a existência de um Espaço de Casos a ser utilizado para auxiliar a solução do problema, estruturado na forma de um sistema de *frames*, contribuiu para a redução do conhecimento modelado nos agentes, do esforço empregado na solução do problema e da representação do conhecimento do ambiente como um todo. Os *frames* permitem o estabelecimento de relacionamentos de herança, o que suprime a necessidade de se representar o conhecimento em duplicidade. Além disso, são estruturas capazes de representar adequadamente o domínio do problema e permitem a realização do processo de analogia de casos.

Em relação às contribuições inerentes à área educacional, o EDUCA-AÇÃO é uma ferramenta capaz de minimizar as dificuldades verificadas junto aos professores, no que diz respeito à utilização da tecnologia para o incremento da educação. Ele possibilita uma interação lado a lado com o educador auxiliando-o em seu planejamento educacional, de modo que, ao final do processo, se obtenha currículo adequado ao propósito desejado.

Referências Bibliográficas

- Bello, J. P., Sandler, M. Blackboard system and top-down processing for the transcription of simple polyphonic music. In: COST G-6 Conference on Digital Audio Effects (DAFX-00), 2000, Verona. Proceedings... Verona, Italy, 2000.
- Chen, C., Occeña, L. G. Knowledge decomposition for a product design blackboard expert system. Artificial Intelligence in Engineering. n. 14, p. 71-82, 2000.
- Costa, M. T. C. Uma arquitetura baseada em agentes para suporte ao ensino à distância. 1999. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção)-Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.
- Decker, K. S. Distributed problem-solving techniques: a survey. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics. v.17, n. 5, p. 729-740, September/October, 1987.
- Durfee, E. H., Lesser, V. R., Corkill, D. D. Trends in cooperative distributed problem solving. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering. Vol. 1, No. 1, March, 1989.
- Durfee, E. H., Rosenschein, J. S. Distributed Problem Solving and Multi-Agent Systems: Comparisons and Examples. In Proceedings of the Thirteenth International Distributed Artificial Intelligence Workshop, p. 94-104, July 1994.

-
- Deschênes, A. J. Psychologie cognitive et formation à distance. *Revue québécoise de psychologie*, v. 13 n. 3, p. 29-47, 1992.
- Gagné, R. M., Briggs, L.J., Wager, W. *Principles of instructional design*. 4th. ed., Harcourt Brace College Publishers, 1992.
- Gagné, R. M., Glaser, R. *Foundations in research and theory. Instructional Technology: Foundations*. Hillsdale, NJ:Erlbaum, 1986.
- Huhns, M. N., Stephens, L. M. *Multiagent systems and societies of agents. Multiagent Systems: A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence*. Massachusetts: The Mit Press Cambridge, 1999.
- Nii, H. P. *Blackboard systems*. Report No. STAN-CS-86-1123 (also numbered KSL-86-18). Department of Computer Science. Stanford University, CA, June, 1986.
- Nova, C., Alves, L. *Educação a distância: limites e possibilidades. Educação a Distância*. São Paulo: Ed. Futura, 2003.
- Pozzebon, E., Barreto, J. M. Ambiente de aprendizagem adaptável conforme as preferências do aprendiz. In: *International Conference on Engineering and Computer Education*, 3., 2003, São Paulo. Proceedings... São Paulo, Brazil, 2003.
- Prisco da Cunha, F. B. R. *EDUCA-AÇÃO: Uma metodologia e um modelo para auxiliar a construção de currículos para educação mediada por computador*. 2003. Tese (Doutorado em Computação Aplicada)-Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2003.
- Rezende, S. O. *Sistemas Inteligentes: Fundamentos e Aplicações*. São Paulo: Manole, 2003.
- Sá Leite, A. Um modelo de sistema educativo cognitivista baseado em tutoria inteligente adaptativa via aderência conceitual. 1999. Tese (Doutorado em Engenharia Eletrônica e Computação). -Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), São José dos Campos, 1999.
- Soibelman, L., Peña-Mora, F. Distributed multi-reasoning mechanism to support conceptual structural design. *Journal of Structural Engineering*, p. 733-742, jun. 2000.
- Watson, I. *Applying case-based reasoning: techniques for enterprise systems*. Morgan Kaufmann Publishers, Inc, San Francisco, CA, 1997.
- Wooldridge, M. *Introduction to MultiAgent Systems*. First Edition, John Wiley & Sons, 2002.