

**Sistema Tutor Inteligente
baseado na Teoria da
Aprendizagem Significativa
com acompanhamento Fuzzy**

Vandor Roberto Vilardi Rissoli
Lúcia Maria Martins Giraffa
Jeysel de Paula Martins

**Intelligent Tutoring System
based on Subsumption
Theory with Fuzzy
accompaniment**

Resumo. Este artigo apresenta a proposta de um Sistema Tutor Inteligente (STI) para suporte a atividades de ensino, em ambiente virtual (web), cujo aporte teórico-metodológico está embasado na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel. A arquitetura tradicional de STI foi estendida utilizando um componente baseado em Lógica Fuzzy, cuja função é monitorar o acompanhamento evolutivo do aprendiz acerca do conteúdo estudado. Este sistema ainda inclui o docente como seu usuário, seguindo as tendências da área de STI em incluir o professor como parceiro do módulo tutor na assistência personalizada aos alunos usuários do sistema.

Palavras-chave: Sistemas Tutores Inteligentes. Lógica Nebulosa. Aprendizagem Significativa.

Abstract. This paper describes a web Intelligent Tutoring System (ITS) based on Subsumption Theory developed by Ausubel. The traditional ITS architecture was extended in order to support new component regarding student assistance and teacher interaction. These new modules were modeled using Fuzzy Logic.

Keywords: Intelligent Tutoring System. Fuzzy Logic. Subsumption Theory.

RISSOLI, Vador Roberto Vilardi; GIRAFFA, Lúcia Maria Martins; MARTINS, Jeysel de Paula. Sistema Tutor Inteligente baseado na Teoria da Aprendizagem Significativa com acompanhamento Fuzzy. *Informática na Educação: teoria & prática*, Porto Alegre, v.9, n. 2, p.37-47, jul./dez. 2006.

1. Introdução

A aplicação de recursos tecnológicos oriundos das pesquisas envolvendo TIC (Tecnologias da Informação e Comunicação) não é nova no contexto educacional. Cada vez mais, o processo ensino-aprendizagem está sendo apoiado por recursos tecnológicos que oferecem diferentes meios de comunicação entre indivíduos, além do uso de sofisticados softwares educacionais. As transformações causadas pelo advento do uso destas tecnologias na Educação, especialmente aquelas associadas à Internet, permitem que se repense profundamente a maneira tradicional de se construir e manipular o conhecimento. As informações disponíveis na Internet permeiam todos os setores da sociedade, apresentando características muito além de meras opções técnicas, podendo ser acessadas, instantaneamente, a qualquer momento e de qualquer lugar, por algum estudante ou professor, se constituindo em um elemento de transformação radical no relacionamento do ser humano com o seu meio sócio-cultural (Filatro, 2004).

Perrenoud (2000) salienta a necessidade de se romper com a Pedagogia que impõe a mesma lição, com a mesma abordagem e com os mesmos exercícios e atividades de fixação sobre um grupo, normalmente grande, de diferentes estudantes, acarretando na aplicação de uma pedagogia injusta com alguns membros deste grupo. No entanto, a realização do ensino-aprendizagem individual e sob medida, a cada membro deste grupo, não é viável no contexto da educação mais tradicional, uma vez que o elevado número de alunos por sala de aula, impossibilita a efetivação do contato personalizado e presencial do professor com seus estudantes. Por outro lado, a evolução das TIC tem disponibilizado recursos cada vez mais interessantes no que tange a formas alternativas de

interação, pesquisa e manipulação de informações. Observa-se que estes recursos estão sendo cada vez mais aproveitados na Educação semipresencial e à distância, estendendo-se sutilmente a efetivação destes apoios no ensino presencial.

Nesta última forma de ensino, o presencial, vários professores vêm reorganizando a forma de disponibilização de seus conteúdos destinados ao apoio do ensino presencial. No entanto, a mudança da mídia ou do local onde este conteúdo se encontra disponível não atende as necessidades educacionais mais essenciais nos dias atuais, sendo necessária a modificação consciente do modelo de aprendizagem, tradicionalmente, centrado no professor, para o modelo centrado na aprendizagem do estudante. A “virtualização do ensino”, abordada simplesmente como disponibilização de conteúdo em meio digital, não distingue a prática educacional, sendo preciso um processo de reflexão sobre as posturas e condutas dos agentes humanos envolvidos neste processo, podendo, estes agentes, planejarem a utilização coerente de recursos tecnológicos que apoiem a incorporação de uma metodologia pedagógica mais coerente.

Apesar de profundas transformações, estas tecnologias não estão substituindo o mecanismo interpessoal de ensino-aprendizagem. Elas estão promovendo modificação no mecanismo de construção do conhecimento, não se tratando mais somente de algo “oferecido” pelo professor, mas de conteúdo construído dinamicamente pelos estudantes orientados por seus professores, apoiados ou não por recursos tecnológicos.

Acredita-se que as tecnologias permitem aos professores desenvolverem metodologias diferenciadas e inovadoras para o trabalho com

os alunos. A tecnologia deve estar a serviço do processo educacional, ampliando possibilidades e proporcionando alternativas para que o aluno construa e produza seu próprio conhecimento.

Este trabalho apresenta um ambiente de suporte ao processo de ensino e aprendizagem voltado a alunos de graduação em informática, sendo especificamente voltado para subárea de Programação Computacional. Este ambiente universitário é composto por diversos softwares educacionais, cabendo a integração das atividades a um Sistema Tutor Inteligente (STI) que promoverá a interação entre o aluno (usuário) e o sistema. O mecanismo de interação foi inspirado na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), proposta por Ausubel (1968), e instanciado fisicamente no sistema por um assistente inteligente que infere o estado cognitivo corrente do aluno, utilizando um modelo de acompanhamento baseado em Lógica Fuzzy.

Este artigo está dividido em 6 seções. Na seção 2 são apresentados alguns fundamentos dos STIs, no apoio virtual a educação praticada por um assistente artificial, enquanto a seção 3 resume os principais aspectos da TAS. A seção 4 trata as características relacionadas à utilização da Lógica Fuzzy na modelagem deste assistente e descreve a formalização do modelo envolvendo a teoria de aprendizagem com recursos tecnológicos que a viabilizam. Na seção 5 são apresentadas as considerações finais, sendo as referências bibliográficas relacionadas ao final do texto.

2. Assistentes Virtuais e Sistemas Tutores Inteligentes

Atualmente, encontram-se disponíveis vários tipos de software educacional, destacando-se entre estes os chamados Sistemas Tutores Inteligentes (STI). Estes sistemas possuem a capacidade de ensinar e aprender, procuran-

do adequar as estratégias de ensino às necessidades da aprendizagem de cada estudante, sendo esta adequação possível por meio da combinação mais coerente e dinâmica das informações relacionadas ao estudante, ao conteúdo ou domínio, além dos aspectos pedagógicos envolvidos na efetivação do ensino-aprendizagem eficiente sobre o conteúdo desejado.

Segundo Giraffa (1999), um STI "... incorpora técnicas de Inteligência Artificial a fim de tentar criar um ambiente que leve em consideração os diversos estilos cognitivos dos alunos", atribuindo ao computador à simulação de certos aspectos comuns à inteligência humana. Emprega-se assim o computador como ferramenta de apoio ao ensino-aprendizagem, promovendo a criação de ambientes virtuais de cooperação entre o(s) estudante(s), o professor e o STI (Dahmer, 1999).

Este tipo de abordagem contribui com a mudança do modelo de ensino centrado no professor para o modelo que melhor condiz com as necessidades atuais do indivíduo e da sociedade, sendo este modelo centrado no estudante e em sua aprendizagem individual e responsável, baseada, principalmente, nos aspectos educativos do "aprender a aprender" (Chaves, 1991).

O desenvolvimento do STI tem sido realizado de diferentes formas, no entanto suas características mais fundamentais são mantidas. Costuma-se propor alteração na arquitetura tradicional proposta por Carbonell (1970), a fim de atender às necessidades relacionadas aos domínios (conteúdos) trabalhados. Estes sistemas são modulares e baseados em conhecimento, isto é, pressupõe-se que o domínio de sua aplicação está representado em algum tipo de formalismo utilizado em Inteligência Artificial e modelado independente da sua forma de manipulação. Sua arquitetura tradicional é

composta pelo módulo pedagógico, responsável pela modelagem de atuação deste programa como tutor artificial que auxilia na interação do sistema com o usuário. O aluno (usuário) está representado através do módulo do aprendiz, sendo a modelagem do seu perfil cognitivo efetivada de forma estática e dinâmica através de sua interação sobre o módulo do domínio que corresponde ao conteúdo estudado.

A modelagem do aluno ocorre desde o início de sua interação e no decorrer do processo de resolução de atividades propostas pelo sistema. A grande maioria das aplicações existentes na comunidade de pesquisa trabalha com a forma de resolução de problemas utilizando bases de exemplos e/ou exercícios, por onde o aluno recebe tarefas, com complexidades coerentes com seu perfil elaborado no módulo do aprendiz. À medida que o aluno demonstra domínio de conteúdo, o próprio sistema utiliza a base de regras, existente no módulo pedagógico, para promovê-lo de nível e fornecer-lhe desafios compatíveis com o seu estado de maturidade cognitiva.

Toda esta coreografia é determinada por um conjunto de regras que expressam a concepção pedagógica do autor do sistema (Giraffa, 1999). Estas regras distribuídas nos diferentes módulos são coordenadas pelo sistema (controle), o qual pode ser ou não distribuído. Desta forma, pode-se criar uma interação personalizada para cada aluno. Geralmente, as interfaces dos STIs acompanham esta personalização. Muitos trabalhos têm incorporado pesquisas de aspectos afetivos como em (Viccari e Bercht, 2000) e em (Jaques e Viccari, 2005). Este último apresenta na interface a externalização do domínio afetivo, agregado ao cognitivo de forma inferencial, e garante a interação personalizada.

Apesar da evolução tecnológica que subsidia, significativamente, a interação do STI com

seus usuários (alunos), ainda permanece grande a dificuldade destes sistemas reconhecerem as características individuais relevantes de cada aprendiz, o que resulta na elaboração de modelos incompletos e incoerentes para alguns aprendizes. No entanto, com grande capacidade de observação sensitiva, muito distante da realidade tecnológica atual, o tutor humano consegue captar muitas outras informações relacionadas às características e ao comportamento do estudante, usando de suas “leituras” para inferir, de forma mais segura e completa, sobre a adequação mais coerente em sua estratégia de ensino com cada estudante (Viccari e Giraffa, 2003).

Por mais robusto que seja elaborado o módulo do aprendiz, sua adaptabilidade apresenta limitações, sendo seus canais de comunicação restritos, se comparados aos canais de um agente real (humano) de ensino, além de ser impossível ao sistema prever todas as possibilidades de comportamento dos estudantes. Porém, o melhor aproveitamento do potencial destes sistemas não se encontra na substituição do tutor humano pelo tutor artificial, mas sim nas ações de ambos poderem acontecer de maneira complementar, onde o STI é adotado como recurso ou ferramenta de apoio às ações e percepções do tutor, assim como de acompanhamento contínuo, motivacional e esclarecedor condizente com as necessidades reais de cada estudante.

A necessidade contínua de estudos para ajudar a determinar métodos efetivos de ensino e aprendizagem na sub-área de Programação Computacional tem sido ressaltada por trabalhos e artigos como de McKeown (1999), que constata queda acentuada no número de profissionais adequadamente qualificados nesta sub-área, num panorama sem previsão de mudanças em um futuro próximo. Este estudo argumenta que métodos e recursos educacionais

usados no ensino de introdução à programação, geralmente desencorajam novos alunos, que consideram lenta e difícil a assimilação de seus conteúdos fundamentais, assim como a aquisição de habilidades essenciais ao seu desenvolvimento.

No âmbito educacional, o emprego de STIs nesta subárea tem potencializado uma aprendizagem apoiada por recursos tecnológicos em qualquer modalidade de ensino (presencial, semipresencial ou a distância) (Raabe, 2005). Estes sistemas podem ser aplicados de diferentes maneiras, sendo estas coerentes com os objetivos almejados. Isso os capacita a realizar adaptação das particularidades de cada aprendiz, promovendo uma interação mais adequada ao estudante que utiliza o sistema. Estas possibilidades de adaptações conferem ao STI a característica de um sistema inteligente, que “raciocina” sobre seu “conhecimento”, inclusive, sendo capaz de aprender cada vez mais com as novas interações do aprendiz, atualizando assim seu “conhecimento”.

No entanto, as adequações realizadas pelo sistema, com o intuito de direcionar a interação entre este e o aprendiz, confere a este sistema inteligente também a capacidade de administração do processo ensino-aprendizagem almejado pelo aprendiz, possibilitando, ao sistema, a efetuação de uma tarefa de apoio eficiente sobre este processo.

3. Teoria da Aprendizagem Significativa

A Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) propõe uma aprendizagem facilitada por meio da associação/interconexão do novo conteúdo com os conhecimentos pré-existent na estrutura cognitiva do aprendiz, o tornando significativo para este. Um conhecimento significa-

tivo é aquele que se estabelece na estrutura mental do indivíduo por meio de relacionamentos e interconexões com os conhecimentos mais inclusivos já estabelecidos em sua estrutura mental. Esta forma de perceber a construção do conhecimento pode ser empregada em qualquer área, onde sua aplicação, em âmbito educacional, parte de duas hipóteses fundamentais:

1ª) O ser humano possui maior facilidade em captar aspectos diferenciados de um todo geral mais substantivo e previamente aprendido, do que compreender o todo a partir de suas partes menos inclusivas;

2ª) A organização do conhecimento na mente humana consiste em uma estrutura hierárquica, onde idéias mais inclusivas estão no topo da estrutura e progressivamente incorporam a esta novos dados menos inclusivos.

Para que ocorra a aprendizagem significativa é preciso que o novo conteúdo relacione-se com um aspecto relevante já existente na estrutura de conhecimento do aprendiz, sendo esta estrutura específica definida na TAS como conceito subsunçor. De acordo com a segunda hipótese, o armazenamento de informações no cérebro humano acontece de maneira altamente organizada, formando uma hierarquia conceitual no qual elementos mais específicos de conhecimento são agregados a conceitos mais gerais e inclusivos, denominados conceitos subsunçores (Ausubel, 1963).

No entanto, pode o aprendiz envolver-se com novos conhecimentos que sejam completamente desconhecidos para ele, criando uma situação realmente nova de aprendizagem. Para estas situações a TAS utiliza organizadores prévios na formação do conhecimento mais inclusivo (subsunçor) na estrutura mental do aprendiz. Esta estratégia procura manipular,

deliberadamente, a estrutura cognitiva do aprendiz a fim de facilitar sua aprendizagem significativa sobre o domínio completamente desconhecido, onde estes organizadores realizam um papel de “ponte cognitiva” entre o que aprendiz já sabe e o que ele deve saber (Ausubel, 1963).

Este tipo de aprendizagem exige comprometimento responsável de todos os envolvidos, cabendo a cada um a realização de sua parte no processo como um todo, sendo pressuposto dois requisitos essenciais para seu êxito:

- Elaboração e uso de material de aprendizagem potencialmente significativo;
- Disposição pró-ativa do aprendiz em relacionar o novo conteúdo a sua estrutura cognitiva, de maneira substantiva, não-arbitrária e não-literal.

A primeira condição expõe a necessidade do planejamento consciente e organizado que o professor, cuidadosamente, deve possuir com a elaboração de seu material de ensino para aprendizagem do estudante, enquanto que a outra condição enfatiza a necessidade do estudante manifestar sua disposição em relacionar o novo conteúdo com sua estrutura de conhecimento disponível (processo de subsunção). Este esforço proativo do aprendiz conectará, de forma não-arbitrária e não-literal, o novo conhecimento a seu correspondente subsunção estabelecido em sua estrutura cognitiva, efetuando a aprendizagem significativa por meio da transformação dos significados lógicos, referentes ao conteúdo potencialmente significativo, em significados psicológicos, relacionados ao conhecimento construído e estruturado idiossincraticamente por cada estudante.

Este significado lógico é inerente ao material que contém a informação, relacionado somente a sua própria natureza. Porém, quando o

aprendiz transforma o significado lógico, intrínseco ao coerente material pedagógico, em um conhecimento agregado a sua estrutura mental por meio da subsunção, torna-o significado psicológico, ou seja, o estudante internaliza este conhecimento aprendendo-o de forma significativa. Para cada indivíduo esta agregação (subsunção) ocorre de maneira peculiar e diferente, sendo filtrado os materiais que possuem significado para cada aprendiz.

Reconhecendo que o fator de influência mais importante na TAS concentra-se naquilo que o aprendiz já sabe (Ausubel, 1968), torna-se necessário determinar, continuamente, o que o aprendiz conhece, ensinando-o de acordo com o que ele realmente precisa saber e oferecendo-lhe uma situação de aprendizagem mais adequada sobre este conteúdo.

4. Especificação do Sistema Tutor Inteligente que Apóia Aprendizagem Significativa usando a Lógica Fuzzy no Acompanhamento de cada Estudante

A Lógica Fuzzy utiliza a Teoria dos Conjuntos Fuzzy (TCF) generalizando a noção clássica de conjuntos e proposições para tratar a incerteza inerente nas informações. Assim, esta lógica fornece modelos matemáticos nos quais o conceito de “vago” pode ser tratado de maneira precisa e rigorosa (Fernandes, 1996). Por meio da TCF a noção básica de pertinência do elemento ao conjunto é modificada, permitindo que um elemento de um conjunto base pertença a um conjunto fuzzy com certo grau, sendo este grau obtido por uma função de pertinência que varia no intervalo $[0,1]$ (Klir, 1995).

A Lógica Fuzzy faz uso da TCF buscando representar o pensamento humano, ou seja, ligar à lingüística e a inteligência humana, pois vários conceitos são mais bem definidos por pa-

lavras do que pela matemática. Esta lógica pode ser vista em parte como uma extensão da Lógica Multivalorada (Zadeh, 1979), sendo seu poder expressivo derivado do fato de conter como casos especiais os sistemas lógicos convencionais e multivalorados, além da teoria de probabilidade e a lógica probabilística. Esta Lógica tem se mostrado mais adequada no tratamento de determinados tipos de imperfeições da informação, podendo, de maneira preliminar e mais objetiva, ser definida como uma metodologia capaz de capturar informações vagas, em geral descritas em linguagem natural, e convertê-las para um formato mais rígido e numérico (Rissoli, 2001).

O projeto descrito neste artigo apresenta um STI que oferece mais alternativas de interação e responsabilidades aos diagnósticos efetuados entre os módulos que compõe sua arquitetura, tendo estes à incumbência de propiciar a interação do professor (novo usuário), com sua unidade de controle. Esta unidade subsidia o docente com informações de acompanhamento individual dos alunos e ainda agrega indicações e orientações deste docente sobre a situação cognitiva de cada aprendiz, além de aspectos relevantes em cada tópico pertencente ao domínio disponível na base de conhecimento do sistema.

Este tipo de interação contribui muito com o processo de subsunção, almejado pelo agente real e artificial, no estabelecimento do novo conteúdo, ancorando, este novo conhecimento, num conceito subsunçor já existente na estrutura mental do aprendiz, promovendo assim sua Aprendizagem Significativa (Moreira, 1982). Isso tudo propicia a extensão da arquitetura tradicional do STI para uma nova arquitetura que visa subsidiar atividades incorporando uma metodologia de aprendizagem que permita ao professor trabalhar aspectos da aprendiza-

gem dos alunos por meio de sua “virtualização” ou não, sendo esta extensão representada na Figura 1.

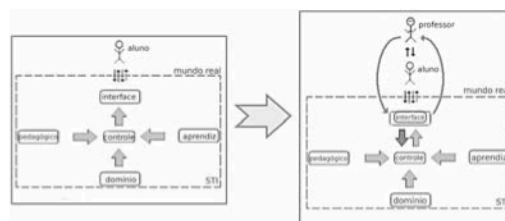


Figura 1. Representação da arquitetura do STI, sendo a) tradicional e b) estendido.

Estas variações sobre a arquitetura tradicional do STI consistem em novas atribuições aos resultados esperados da interação entre os módulos do sistema, porém com participação integrativa do docente como usuário deste sistema.

A interação entre estes agentes reais e artificiais busca fornecer uma aprendizagem sob medida a seus aprendizes, adaptando-se a estes da melhor maneira possível. Assim, almeja-se uma aprendizagem excelente para cada um deles. No entanto, “não se melhora o ensino sem melhorar a sua avaliação” (Castro, 2005), sendo neste trabalho empregada uma inovadora maneira de acompanhar a aprendizagem do aluno sobre os aspectos da TAS. Esta nova forma de acompanhamento procura obter uma avaliação mais precisa e coerente com o conteúdo abordado, atendendo a expectativa do(s) especialista(s) que o acompanha(m) durante o ensino-aprendizagem.

A transformação do novo conteúdo, que possui seu significado lógico natural, em significado psicológico, idiossincrático a cada aprendiz, é acompanhado pelo SAE (Sistema de

Apoio Educacional) mediante aplicação da TCF sobre a aprendizagem efetivada e constatada na interação com este sistema. Este “raciocínio” emprega Lógica Fuzzy no tratamento das imperfeições e incertezas inerentes à informação, conferindo ao SAE um acompanhamento mais realista da situação mental do aprendiz, diante desta transformação necessária para aprendizagem.

O especialista no domínio do conteúdo a ser ensinado elabora a função de pertinência coerente com os conteúdos mais relevantes a serem aprendidos por seus estudantes, conferindo a esta função as características mínimas dos tópicos a serem avaliados por meio de atividades interativas que serão realizadas pelo aprendiz durante seu ensino-aprendizagem. Este especialista identifica pontos de controle relevantes no caminho de aprendizagem sobre determinado conteúdo, planejando atividades interativas de fixação e avaliação proporcionadas pelo STI.

A elaboração desta função de pertinência corresponderá ao conhecimento e vivência do especialista (ou especialistas) envolvido neste ensino-aprendizagem, onde poderão ser atribuídos pesos relacionados aos pontos de controle identificados e condizentes com sua representatividade junto à efetivação da aprendizagem almejada. Esta elaboração confere a esta função a responsabilidade de identificar a situação cognitiva da aprendizagem de cada aluno sobre estes tópicos que compõem o conteúdo estudado. Isso ocorre por meio da identificação do grau de pertinência sobre os resultados obtidos em cada tópico, que corresponderão a elementos do conjunto fuzzy que representa esta aprendizagem, ou seja, seu significado psicológico (sig-psico) sobre os tópicos abordados.

Baseado no resultado individual de cada tópico o sistema promove, de forma transparen-

te para o aprendiz, um caminho diferente de estudo, reforço e aprendizagem para cada aluno no decorrer de seu curso, sendo o sistema e o docente envolvido, responsáveis pelo direcionamento da aprendizagem desejada, conforme representação simplificada na Figura 2. Porém, cabe ao estudante a responsabilidade consciente do seu esforço nesta aprendizagem, adequando este esforço ao seu ritmo e disciplina, principalmente nas modalidades de ensino a distância e semi-presencial, sendo mais rígidos os prazos no ensino presencial.

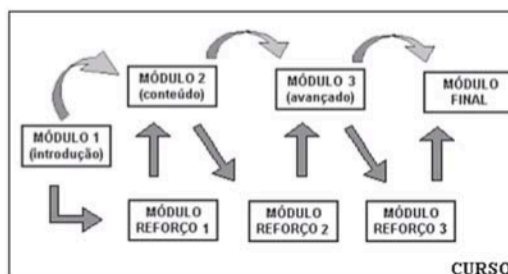


Figura 2. Representação simplificada de curso não-linear resultante das interações.

Caso se deseje obter um resultado único, que represente a aprendizagem geral ao fim do curso, o SAE calcula o grau de disparo para o conjunto fuzzy sig-psico, sendo este calculo realizado por meio da fórmula:

$$GrauDsp_{conj} = \frac{\sum_{i=1}^n QtdNota_{x_i} \cdot GrauPrt_{x_i}}{QtdTopico}$$

GrauDsp armazena o grau de disparo de um conjunto fuzzy, enquanto que seu parâmetro **conj** indica o conjunto que esta sendo usado no calculo, sendo neste sistema o **conj** = {sig-psico}. QtdNota informa a quantidade de tópicos com a nota **x** e GrauPrt informa o grau de pertinência da nota **x**, sendo QtdTopico à quan-

tidade de tópicos avaliados por este curso. Após o cálculo do grau de disparo para o conjunto sig-psico este valor é comparado ao valor da média para aprovação do estudante, por meio da aplicação da operação de *maximo*, caracterizada na TCF como uma s-norma (Klir, 1995). Esta aplicação apresentará a “média final” alcançada por este aprendiz para aprovação, sendo importante ressaltar que o estudante só conseguirá resultados em todos os tópicos do curso quando sua aprendizagem (ou transformação em significado psicológico) no tópico anterior for satisfatória para que este continue seu caminho de aprendizagem no tópico seguinte.

Procurando ilustrar este acompanhamento está sendo selecionada uma das disciplinas envolvidas no primeiro experimento que emprega o SAE como ferramenta virtual de apoio ao ensino-aprendizagem, onde algumas definições já foram elaboradas pelos docentes (especialistas) envolvidos diretamente com esta disciplina. Por meio da interação destes especialistas foi elaborado o mapa conceitual desta disciplina denominada Algoritmo e Programação (Novak, 1998).



Figura 3. Mapa Conceitual da disciplina de Algoritmo e Programação.

O desenvolvimento deste mapa conceitual almeja a identificação dos conteúdos envolvidos na aprendizagem da disciplina e indica a organização hierárquica que será respeitada pelos agentes reais e virtuais durante o processo de ensino para aprendizagem significativa do estudante. Este mapa ainda orienta na criação da função de pertinência que acompanhará todo o processo de esforço e resultado (esforço versus resultado) individual de cada aprendiz, possibilitando a identificação mais exata das dificuldades que por ventura podem ocorrer.

Diante deste mapa são mostrados os elementos que compõe o conjunto fuzzy sig-psico para a disciplina em questão, sendo estes: Representação do Raciocínio (R), Uso do Computador (U), Instruções de Entrada e Saída (E), seleção (S), repetição (Rp), função (F), procedimento (P), estrutura numérica (N), estrutura de caracter (C).

$$\text{sig-psico} = \{0,5/U + 0,6/R + 0,5/E + 0,7/S + 0,7/Rp + 0,6/F + 0,8/P + 0,5/N + 0,7/C\}$$

O acompanhamento de cada um destes elementos indicará os resultados alcançados pelo aluno sobre cada um destes elementos, onde os especialistas também indicam o fator mínimo a ser atingido como satisfatório para que o mesmo possa avançar no conteúdo da disciplina.

Com a superação de todos os tópicos da disciplina o aprendiz obterá graus fuzzy distintos para cada elemento de acompanhamento definido pelos especialistas neste conteúdo. Isso indicará a confiabilidade na aprendizagem satisfatória efetivada por cada indivíduo sobre cada tópico relevante nesta aprendizagem, possibilitando, somente com os graus de todos os elementos do conjunto sig-psico, a realização do cálculo do grau de disparo para esta disciplina.

5. Considerações Finais

A utilização de STIs, com arquiteturas alternativas e embasadas em uma proposta metodológica, como apresentado no trabalho de Raabe (2005), demonstram que este tipo de aplicação, usado de forma complementar no ensino semipresencial e virtual, tem alcançado melhores resultados que a educação tradicional (Thiry, 2001). Entendendo-se aqui como tradicional aquela centrada em conteúdos organizados pelo e para os objetivos do professor, sem considerar a participação contínua e efetiva do aluno no processo de ensino-aprendizagem. Este trabalho, que alia a TAS com os recursos tecnológicos dos STI e conceitos oriundos da Lógica Fuzzy, busca contribuir para área de Informática na Educação, através da disponibilização de ambiente que permita aos professores e alunos trabalharem de forma criativa e flexível as suas concepções sobre a aprendizagem.

A próxima etapa deste projeto visa efetivar uma análise nos resultados obtidos no experimento real que estará encerrando no final do primeiro semestre de 2007. Este experimento envolve algumas turmas do curso de Ciência da Computação e almeja obter dados estatísticos que indiquem o grau de intervenção do uso do sistema na percepção de alunos e professores, além dos resultados alcançados por cada um dos envolvidos nesta pesquisa. O domínio selecionado é similar ao utilizado por Raabe (2005), porém este trabalho não se limita somente ao ensino introdutório na subárea de Programação Computacional dos cursos de graduação, pois o mesmo almeja formar um “profissional completo” nas características e conhecimentos relevantes nesta sub-área.

Para que isso aconteça os docentes desta sub-área tem desenvolvido atividades de conscientização sobre os aspectos pedagógicos da TAS, aliadas ao treinamento e construção de ferramental tecnológico que apóie a elaboração de um novo ambiente de ensino-aprendizagem, com aporte metodológico na superação deste difícil desafio. Este ambiente é conhecido como SAE - Sistema de Apoio Educacional e pode ser acessado por meio do sitio virtual www.cesmic.ucb.br/programar/.

Os dados do aproveitamento dos alunos em situação convencional de trabalho (semestres anteriores) foram armazenados e serão comparados aos resultados obtidos neste mesmo processo de ensino (disciplina), porém apoiado pelo SAE. Neste primeiro experimento estão sendo utilizadas turmas dirigidas pelos mesmos professores que forneceram estes dados anteriores, a fim de evitar outras variáveis intervenientes, tais como: estilo do professor, didática e organização do conteúdo.

Dessa forma, se procurará validar esta arquitetura estendida dos STIs, principalmente após a finalização deste primeiro experimento, que permitirá uma análise enriquecedora desta proposta que alia um método de aprendizagem com uma forma de acompanhamento e avaliação mais precisa sobre os aspectos da aprendizagem de cada estudante. Averigua-se assim, a confiabilidade de seu módulo fuzzy para o acompanhamento individual do aprendiz, sendo este módulo baseado nos mapas conceituais estabelecidos pelos docentes e especialistas envolvidos nesta subárea de conhecimento.

6. Referências

- AUSUBEL, D. P. **The Psychology of Meaningful Verbal Learning**. New York: Grune & Stratton, 1963.
- _____. ; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Educational Psychology: A cognitive view**. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1968. 733 p.
- CARBONELL, J. R. AI and CAI: An artificial intelligence approach to computer-assisted instruction. **IEEE Transactions on Man Machine Systems**, New York, v. 11, n. 4, p. 190-202, 1970.
- CASTRO, C. M. A aula tradicional: a iguana do ensino. In: **Fórum Educação e Conjuntura**. 10., 2005, São Paulo. Tecnologia para Educação no setor privado. Disponível em: <<http://mmsales.breezecentral.com/p47821356>>. Acesso em: 25 jan. 2006.
- CHAVES, E. O. C. **Multimídia: Conceituação, Aplicações e Tecnologia**. Campinas: People Computação, 1991. 206 p.
- DAHMER, A. et al. Ambiente Integrado de Apoio ao Ensino a Distância: Gerenciamento de Aulas, Tutores Inteligentes e Avaliação Remota. In: **Taller Internacional de Software Educativo**, 1999. Santiago. Actas... Santiago: Universidad de Chile, 1999. Disponível em: <<http://www.tise.cl/archivos/tise99/html/papers/ambiente/index.html>> . Acesso em: 17 mayo 2005.
- FERNANDES, A. M. R. **Sistema Especialista Difuso Aplicado ao Processo de Análise Química Qualitativa de Amostras de Minerais**. 1996. 146 p. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- FILATRO, A. **Design Instrucional Contextualizado: educação e tecnologia**. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2004. 215 p.
- GIRAFFA, L. M. M. **Uma arquitetura de tutor utilizando estados mentais**. 1999. 177 p. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- JAQUES, P. A.; VICCARI, R. M. Considering Student's Emotions in Computer Mediated Learning Environments. In: ZONGMIN, M. M. (Org.). **Web-based Intelligent e-Learning Systems: Technologies and Applications**. Hershey: Information Science Publishing, 2005. p. 122-138.
- KLIR, J.; YUAN, B. **Fuzzy sets and fuzzy Logic - theory and applications**. Upper Saddle River: Prentice-Hall PTR, 1995. 574p.
- MCKEOWN, J.; FARRELL, T. Why We Need to Develop Success in Introductory Programming Courses. In: **Consortium for Computing Sciences in Colleges**: Central Plains Conference, 1999. Maryville. Proceedings... Maryville, 1999. v. 3, n.1.
- MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. **Aprendizagem Significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Moraes, 1982. 112 p.
- NOVAK, J. D. **Learning, creating, and using knowledge: Concept maps as facilitative tools in schools and corporations**. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 1998. 252 p.
- PERRENOUD, P. **Dez Novas Competências para Ensinar: Convite à viagem**. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 2000. 192 p.
- RAABE, A. L. A. **Uma proposta de arquitetura de Sistema Tutor Inteligente baseada na Teoria das Experiências de Aprendizagem Mediadas**. 2005. 152 p. Tese (Doutorado em Informática na Educação) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

RISSOLI, V. R. V. **Sistema especialista Fuzzy para avaliação de instituições educacionais**. 2001. 143 p. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

THIRY, M. C. C. **Uma Arquitetura Baseada em Agentes para Suporte ao Ensino à Distância**. 2001. 90 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

VICCARI, R. M.; BERCHT, M. Pedagogical agents with affective and cognitive dimensions. In: **Congresso Ibero-americano de Informática Educativa**, 5., 2000. Viña del Mar. Actas... Viña del Mar: Universidad de Chile, 2000. v. CD-ROM.

_____. ; GIRAFFA, L. M. M. Fundamentos dos Sistemas Tutores Inteligentes. In: BARONE, D. A. C. (Org.). **Sociedades Artificiais: A nova fronteira da inteligência nas máquinas**. Porto Alegre: Bookman, 2003. p. 155-208.

ZADEH, L. A. A Theory of Approximate Reasoning. In: HAYES, J. E.; MICHIE, D.; MIKULICH, L. I. (Eds.). **Machine Intelligence**. Sussex: Ellis Horwood, 1979. v. 9, p. 149-194.

Recebido em dezembro de 2006
Aceito para publicação em abril de 2007

Vandor Roberto Vilardi Rissoli
Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação

Lúcia Maria Martins Giraffa
Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

Jeysel de Paula Martins
Universidade Católica de Brasília

