

Sistema Tutor Inteligente PAT2Math: Caráter Pedagógico

Fábio Rafael Damasceno, Patrícia Augustin Jaques

¹Programa Interdisciplinar de Pós-Graduação em Computação Aplicada
Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS)
Caixa Postal 215 – 93022-000 – São Leopoldo – RS – Brasil
fabiorafaeldamasceno@gmail.com, pjaques@unisinossinos.br

***Abstract:** Intelligent tutoring systems represent a breakthrough in the use of computing resources for teaching contents to many different audiences. Over time alternatives emerged to teach in different ways, reflecting different pedagogical approaches for these different target audiences and their cognitive characteristics. The PAT2Math Project is an Intelligent Tutoring System which focus lies on teaching Elementary Algebra, for primary school students. This work presents the theoretical references that are basing the construction of the Tutor Module of PAT2Math and the Tutor features under development for the project.*

***Resumo:** Sistemas Tutores Inteligentes representam um avanço na utilização de recursos computacionais para ensino de conteúdos, para as mais diversas audiências. Com o passar do tempo surgiram alternativas para ensinar de maneiras diferentes, refletindo abordagens pedagógicas diferenciadas para estes distintos públicos-alvo e suas respectivas características cognitivas. O Projeto PAT2Math é um Sistema Tutor Inteligente cujo foco está no ensino de Álgebra Elementar, para alunos do Ensino Fundamental. Neste trabalho encontra-se o referencial teórico que está embasando a construção do Módulo Tutor do sistema e suas características em desenvolvimento para o projeto.*

1. Introdução

No início da década de 1970 pesquisadores definiram um objetivo ambicioso para sistemas IAC (Instrução Assistida por Computador) – adotar um tutor humano como modelo educacional de tais sistemas, aplicando técnicas de Inteligência Artificial (IA) para que o mesmo pudesse atuar como um tutor personalizado ao aluno. Assim criou-se o conceito de Sistemas Tutores Inteligentes (STI), que são sistemas computadorizados capazes de ensinar conteúdos, através de Modelos Instrucionais que estejam presentes em sua arquitetura. Tais modelos representam abordagens diferenciadas de ensino, levando em conta o caráter heterogêneo dos perfis de aluno que possam vir a utilizar o sistema, além das capacidades cognitivas de cada um [MURRAY, 1999].

O Projeto PAT2Math [DAMASCENO, CRUZ e JAQUES, 2010; MELLO, RUBI, *et al.*, 2009; SEFFRIN, RUBI, *et al.*, 2009; JAQUES, 2008; JAQUES, LEHMANN e SYLVIE, 2009] é um Sistema Tutor Inteligente que oferece uma alternativa ao ensino de Álgebra Elementar, em que os alunos brasileiros possuem sérias dificuldades de aprendizado. Este público-alvo e desenvolvimento considerando

individualidades do aluno constituem um diferencial comparando-se com demais trabalhos desta área.

Este projeto é de natureza interdisciplinar, em um campo de ensino que possui dificuldades para efetivação do aprendizado. Isto requisita a participação de vários pesquisadores de diversas áreas para pesquisa e desenvolvimento dentro do projeto. O foco deste trabalho se encontra na característica tutora do sistema, ou seja, de que maneira acontece o ensino individualizado dos alunos, além de quais variáveis são consideradas no momento de oferecer ao aluno um auxílio sobre um determinado conteúdo. O artigo está dividido em seções, como segue: A seção dois contém um breve estudo sobre o aprendizado de Álgebra e suas respectivas dificuldades. A seção três aborda um pequeno estudo de trabalhos relacionados e compara-os com o projeto PAT2Math. Na seção quatro encontra-se uma descrição breve sobre o Sistema Tutor Inteligente PAT2Math e sua arquitetura multiagente. Na seção cinco são abordadas teorias pedagógicas para aplicação no Módulo Tutor do sistema. A seção seis aborda as características que são consideradas nas tomadas de decisão do Agente Tutor no momento de ensinar um conteúdo ou aplicar exercícios. Na seção sete são detalhados os planos de ensino que serão criados pelo Módulo Tutor para adaptação dos conteúdos aos alunos. A seção oito contém um cenário em que é exemplificada a funcionalidade do que será construído posteriormente. Por fim, na seção nove, estão as considerações finais e perspectivas do projeto.

2. Aprendizado de Álgebra

A proposta do PAT2Math é ensino de Álgebra Elementar em um ambiente *Web*, capaz de considerar fatores emocionais e individualidades do aluno. Essa característica tornou necessário o estudo dos fatores cognitivos que limitam ou dificultam o aprendizado deste conteúdo, dados a serem usados no desenvolvimento do Módulo Tutor do sistema, com o objetivo de que o ensino ocorra de forma efetiva. Um estudo foi realizado em [STACEY e MACGREGOR, 2000] apontando tais dificuldades.

Alunos de Ensino Fundamental têm grandes dificuldades durante o aprendizado de Matemática, sendo a Álgebra considerada um expoente entre tais assuntos. Os estudantes tentam usar uma série de cálculos sequenciais aritméticos para solucionar exercícios algébricos, testando-os com dados informados no problema ou aleatoriamente. Isso é reflexo do forte conceito aritmético presente em tais alunos, o que não torna simples a transição para o estudo da Álgebra.

Na Aritmética, inicialmente os alunos lidam com uma série de cálculos, tendo como desafio realizar uma cadeia sucessiva de operações, com a devida ordem de ser resolvida. Em um segundo momento, na Álgebra, é preciso fazer relações e simplificar termos, a fim de encontrar valores que solucionem uma condição proposta em uma equação. Trata-se de um paradigma de difícil adaptação para o aluno.

3. Trabalhos Relacionados

Avaliando artigos de autores com trabalhos relevantes na área de STIs foram encontrados alguns projetos em desenvolvimento, com seus resultados publicados em conferências correlatas. Aqui segue uma avaliação crítica destes.

O ActiveMath [SIEKMANN e MELIS, 2004] é um STI para ensino de Matemática considerando características individuais do aluno. No entanto, o sistema

não permite uma interação muito complexa com o usuário, sempre oferecendo opções pré-definidas de respostas para o aluno selecionar e validar se está correto. Isso parece ser reflexo da ausência de um modelo cognitivo detalhado, com regras para resolução de exercícios que tratem os *inputs* do usuário de maneira flexível.

O AnimalWatch [COHEN, BEAL e ADAMS, 2008] é um projeto que se concentra no ensino de Matemática com o apelo de estudo de espécies em extinção, um elo com a biologia. É baseado em *word problems*, ou seja, problemas textuais, que exigem boa leitura e interpretação para que o aluno possa saber como organizar sua resolução. No entanto, tal resolução se limita a entrar com a resposta de problemas pontuais ao fim de cada contexto, de cada texto que o sistema apresenta. A resolução exige um raciocínio que se concretiza no papel, gerando uma resposta final que deve ser inserida no sistema, para avaliar e deduzir o que o estudante fez, a fim de oferecer ajuda adequada.

Estes meios de interação, vistos em projetos como os comentados anteriormente, limitam a inferência das dificuldades do aluno. Isto, na realidade brasileira que possui um corpo discente bastante heterogêneo, torna problemático lidar com estas individualidades. Um trabalho de pesquisa foi levantado em [SEFFRIN, RUBI, *et al.*, 2010], mostrando como benéfica a utilização do Módulo Resolvedor de Equações do PAT2Math por um grupo de alunos, durante um experimento acompanhado pelos pesquisadores do projeto. No ambiente do sistema há uma tela em que alunos puderam montar suas equações e passo a passo resolvê-las, recebendo *feedback* imediato em seus eventuais erros. Isso constitui um diferencial e é uma ferramenta importante para as tomadas de decisão do Módulo Tutor do sistema.

4. Sistema Tutor Inteligente PAT2Math

Conforme citado na Introdução deste artigo, o PAT2Math é um Sistema Tutor Inteligente cujo objetivo é ensinar Álgebra de forma individualizada aos alunos em um ambiente *web*, capaz de considerar o seu estado emocional e cognitivo em relação aos conteúdos explorados no sistema. Sua arquitetura segue uma abordagem multiagente e é modelada segundo a metodologia Prometheus [WINIKOFF, 2004] (Mais detalhes em [DAMASCENO, CRUZ e JAQUES, 2010]).

Existe um total de cinco agentes que compõem atualmente a arquitetura do PAT2Math, correspondendo aos módulos da arquitetura tradicional de um sistema tutor inteligente, sendo eles: Agente Interface (AI), Agente Domínio (AD), Agente Tutor (AT), Agente Modelo de Aluno (AMA) e Agente Modelo Cognitivo (AMC). Para implementação desta arquitetura multiagente proposta está sendo utilizada a plataforma JADE (Java Agent DEvelopment Framework) [BELLIFEMINE, CAIRE, *et al.*, 2009] e linguagem de programação Java.

Agente Tutor

Este agente analisa as informações do estudante e seleciona uma estratégia pedagógica adequada, para criação de um plano de ensino apropriado para o mesmo. Para isso, o Agente Tutor contará com o auxílio de uma estrutura que conterá a hierarquia dos conteúdos que podem ser ensinados no sistema, com seus respectivos pré-requisitos – consolidados como uma Ontologia. Ela ajudará no momento de inferir o que aluno aprendeu até lidar com determinado conteúdo e o que pode aprender a partir da

compreensão dele. Como as suas definições fazem parte do foco deste artigo, maiores detalhes deste se encontram descritos nas seções 6, 7 e 8 deste documento.

Agente de Domínio

O Agente de Domínio varre a Base de Domínio, em que todo o conhecimento declarativo sob os conteúdos se encontra, enviando estes dados para o Agente Tutor quando requisitado. Ele lida com banco de dados em OMDoc, um formato baseado em XML para representar o conteúdo de documentos matemáticos. Trata-se de um formato capaz de representar toda gama de conteúdos matemáticos escritos, tais como explicações, exemplos, teorias e exercícios. Além disso, pode-se inserir a semântica do conteúdo matemático e meta-informações sobre ele.

Agente Modelo de Aluno

Este agente monitora as informações sobre o aluno conforme este interage com o sistema, e as armazena na Base de Modelo de Aluno. O Agente de Modelo de Aluno serve como referência para o Agente Tutor no momento da criação de um plano de ensino específico para um aluno.

Agente do Modelo Cognitivo

O Agente de Modelo Cognitivo é capaz de resolver equações algébricas, atuando como um sistema especialista baseado em regras. As regras possíveis para resolução de equações algébricas estão presentes neste agente, através delas sendo possível verificar se um determinado aluno conseguiu realizar corretamente as etapas de resolução de um problema algébrico. Estas regras referenciam às operações algébricas que podem ser aplicadas na resolução de problemas desta categoria, constituindo a característica de *Model Tracing*, abordada em [ANDERSON, 1992]. Tal característica é importante para o ensino de Álgebra, pois um plano de ensino do Agente Tutor pode incluir certas equações resolvidas para a compreensão do aluno. Este agente também pode receber cada passo de resolução de uma equação que está sendo manipulada pelo aluno e a corrigir [SEFFRIN, RUBI, *et al.*, 2009]. Também é possível mostrar toda sua resolução passo a passo, para que o mesmo veja o método de solução ideal do problema em questão.

Agente de Interface

É responsável por unir os dados sobre ações do usuário dentro do sistema e, posteriormente, enviá-los para atualização no Agente Modelo de Aluno, que contribui nas tomadas de decisão do Agente Tutor. Este agente também é encarregado de mostrar tópicos e informações na tela do sistema. A interface está sendo desenvolvida como uma aplicação *Web*, um tipo de aplicativo desenvolvido na linguagem Java que executa dentro de navegadores para Internet. Para a resolução de equações, foi utilizado o um *Applet* de edição de equações. A interface do módulo de resolução de equações disponibiliza ao usuário ferramentas para auxiliá-lo passo a passo na manipulação de equações matemáticas [SEFFRIN, RUBI, *et al.*, 2009].

5. Teorias Pedagógicas para Aplicação no Sistema Tutor Inteligente PAT2Math

Observando a característica pedagógica do Sistema Tutor Inteligente PAT2Math, percebeu-se a necessidade de estudo sobre os conhecimentos e objetos de aprendizado

em um sistema computacional, bem como os benefícios dessa abordagem, mais especificamente o que se deve fazer para que ocorra um aprendizado efetivo.

Ensino Individualizado

No ensino particular, onde um professor cuida exclusivamente de um único aluno, os resultados são bem mais significativos do que na abordagem tradicional - um professor para um conjunto de alunos [BLOOM, 1984]. É neste cenário que a computação oferece uma alternativa interessante, com uso de Sistemas Tutores Inteligentes. Tais sistemas oferecem um ambiente virtual em que os alunos podem interagir, sendo monitorados de alguma maneira, com o uso de agentes computacionais por exemplo. No PAT2Math cada aluno explora o ambiente do sistema e é monitorado de forma individual, para que dados pessoais acerca do seu aprendizado e dificuldades sejam percebidos e atualizados no seu respectivo Modelo de Aluno.

Construção do Conhecimento – Teoria de Vygotsky

Como Vygotsky propõe o desenvolvimento do aluno de uma maneira diferenciada, através da Zona de Desenvolvimento Proximal, e um Sistema Tutor Inteligente fornece os benefícios de aprendizagem semelhantes àqueles com uso de um professor particular, este tópico de estudo tem como objetivo a agregação de tais princípios ao Módulo Tutor do Sistema Tutor Inteligente PAT2Math.

Vygotsky propõe o conceito de mediação, em que relações são intermediadas através de elementos e os signos, estruturas mentais que referem à objetos e acontecimentos. Em um STI como o PAT2Math, esta mediação é concretizada com objetos de aprendizado que estão na Base de Domínio, sendo estes explicações, exemplos ou exercícios. Com estes materiais podem-se mediar conhecimentos sob esta teoria de Vygotsky [VIGOTSKY, LURIA e LEONTIEV, 1934-1986].

Qualquer conceito científico carrega um sistema hierarquizado do qual ele faz parte. Esta definição realizada pela teoria de Vygotsky toma forma dentro do PAT2Math através do posicionamento dos objetos de aprendizagem em uma Ontologia contendo os conteúdos algébricos e seus respectivos pré-requisitos entre eles. Esta Ontologia contém os pré-requisitos de cada um dos conteúdos e permite a inferência de que saberes o aluno possui ao dominar um determinado ponto desta estrutura, assim como quais conhecimentos estará apto a compreender posteriormente, com a análise desta árvore [VIGOTSKY, LURIA e LEONTIEV, 1934-1986].

Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP)

O estudo de Zona de Desenvolvimento Proximal, proposto por Vygotsky [VIGOTSKY, LURIA e LEONTIEV, 1934-1986] engloba duas zonas – o Desenvolvimento Real e o Desenvolvimento Potencial. Desenvolvimento Real representa as tarefas que uma pessoa consegue realizar de forma autônoma, sem a ajuda de terceiros. Já o Desenvolvimento Potencial representa as capacidades de uma pessoa relativas ao que ela consegue fazer com determinado auxílio ou observação do seu ambiente. Ambos atuam como uma projeção do que a pessoa será capaz de fazer, analisando-se de forma hierárquica as tarefas propostas.

Através da postulação da existência destes dois níveis de desenvolvimento que Vygotsky propõe, é definida a Zona de Desenvolvimento Proximal. É uma formalização das funções que ainda não amadureceram no aluno, mas que estão em processo de

maturação, além de funções que amadurecerão que estão presentes em estado primitivo ainda no indivíduo. Esta zona é considerada a que a interferência de outros indivíduos, como um professor ou STI, é a mais transformadora e geradora de aprendizados.

Neste cenário a Ontologia comentada anteriormente atua fortemente, pois sabendo se existe o domínio de um dado conteúdo pode-se inferir o Desenvolvimento Real do aluno, avaliando quais eram os pré-requisitos do mesmo e se houve êxito no seu aprendizado. O Desenvolvimento Potencial é consolidado como os conteúdos cujo pré-requisito seja este que o aluno está trabalhando atualmente.

A teoria abordada nesta seção está sob um caráter simplificado, pois é computacionalmente complexo lidar com as variáveis propostas originalmente no estudo de Vygotsky, que envolve percepções e demais impressões subjetivas do professor em relação ao aluno.

Aprendizagem Significativa e Subsunoços de Ausubel

Ausubel [MOREIRA, 1999] propõe o conceito de aprendizagem significativa, em que uma nova informação relaciona-se com um aspecto relevante da estrutura de conhecimento existente do aluno, envolvendo um processo de interação desta nova informação e da estrutura cognitiva já existente no indivíduo, nomeada como subsunçor. Aqui a ontologia comentada anteriormente apontará quais conceitos subsunçores estão presentes no aluno no momento em que este lida com um dado conteúdo. Isso será avaliado através dos conteúdos que foram pré-requisitos deste conteúdo sendo trabalhado. Assim é possível a dedução de quais subsunçores (representados como classes na ontologia) serão afetados no momento em que este novo conhecimento será agregado, sendo importante para a concretização da teoria de *diferenciação progressiva*, que relata a transformação de conceitos subsunçores com o aprendizado ao longo do tempo. Este processo de aprendizagem significativa deve ser explorado com a maximização da identificação de conceitos subsunçores à um dado conteúdo, através das dependências naturais dos conteúdos a serem ensinados. Isto estará disposto na ontologia do Agente Tutor.

6. Variáveis de Decisão no Ensino do Aluno

O Agente de Modelo Cognitivo é capaz de informar quais regras de produção o aluno utilizou nos passos de resolução dos exercícios realizados, assim como se a utilização foi correta. Em caso negativo, está apto a informar qual regra deveria ser usada em determinado momento. Com estas regras é possível apontar quais habilidades o aluno está utilizando corretamente ou tendo dificuldades, uma vez que cada regra está relacionada a uma habilidade que o aluno deve possuir (por exemplo, somar termos com incógnitas). Isso constitui uma variável importante para o Agente Tutor na seleção de quais conteúdos mostrar ao aluno para remediar um aprendizado incorreto, pois esta regra que deveria ser utilizada remete à uma habilidade para resolução de equações algébricas, que por sua vez remete à um ou mais conteúdos sendo desenvolvidos ao longo das sessões do aluno com o sistema. Como estes conteúdos possuem seus respectivos pré-requisitos, existe a possibilidade de inferir onde pode ter ocorrido uma falha no aprendizado, mostrando materiais referentes até tal ponto da árvore conhecimentos que o aluno explorou.

Estes conhecimentos possuem meta-informações sobre o desenvolvimento de determinadas habilidades do aluno, para que o Agente Tutor possa fazer uma consulta nesta estrutura com o objetivo de selecionar material para exercício de uma ou mais habilidades, ou seja, quais habilidades o aluno pode aprimorar compreendendo determinado conteúdo. A construção desta Ontologia, com tais meta-informações, será feita a partir de extensos mapas conceituais já existentes, criados por uma das pesquisadoras dentro do projeto, cuja formação é em Licenciatura em Matemática.

Sabendo quais conteúdos devem ser trabalhados com o aluno e que habilidades podem ser aprimoradas com os mesmos, pode-se proporcionar o aprendizado de caráter individual proposto pelo sistema. Através das estruturas de informação abordadas no tópico anterior sabe-se o que o aluno acompanhou de exemplos e conteúdos, além de quais exercícios realizou, bem como as regras que utilizou com sucesso na resolução de exercícios e em quais teve dificuldades e/ou solicitou ajuda. Tais informações são repassadas ao Agente Tutor como variáveis no momento de decidir a forma com que estes conteúdos serão expostos ao aluno em questão.

7. Planos de Ensino

O plano de ensino individualizado, para cada aluno que utilize o sistema, baseado no que este aluno sabe em determinado momento e os *feedbacks* informados ao mesmo são o que constituem o caráter individual de ensino por parte do Agente Tutor. A criação deste plano envolve as informações presentes no Agente Modelo de Aluno, sendo aplicados os princípios da teoria ZDP (*Zona de Desenvolvimento Proximal*), e *Aprendizagem Significativa*, conforme visto na seção quatro. A teoria ZDP visa o aprendizado considerando o que o aluno sabe e que pode saber com um determinado auxílio externo, seja um professor, outro colega ou um agente computacional, como no caso do PAT2Math. Já a aprendizagem significativa defende o aprendizado sob agregação de informações à conceitos já existentes na estrutura cognitiva do aluno. A estrutura dos conhecimentos está disposta na Ontologia comentada anteriormente, assim como meta-informações das habilidades que são consolidadas com a compreensão dos mesmos. Isso possibilita a inferência, a partir de um conhecimento, de quais conteúdos o aluno teve que aprender para compreendê-lo e utilizá-lo. É possível também descobrir quais conteúdos que o aluno poderá dominar futuramente tendo este conhecimento inicial como base, através da consulta sobre que conteúdos têm este conhecimento em questão como pré-requisito para compreensão. Com esta lista de conteúdos, pode ser feita a consulta no Modelo de Aluno para descobrir de que forma o aluno interagiu com eles, se os visualizou ou exercitou. Se já foram explorados previamente, textos introdutórios podem não compor o plano, partindo para uma abordagem mais expositiva com mais exemplos, por exemplo.

Com o objetivo de interpretar o comportamento do estudante dentro de um sistema computacional, é interessante mapear os seus respectivos saberes sobre os assuntos abordados dentro deste mesmo sistema. Este é um problema que pode ser resolvido pela teoria ACT - (*Atomic Components of Thought*) [ANDERSON, CORBETT, *et al.*, 1992] que afirma que a habilidade cognitiva de um estudante pode ser representada como um conjunto de regras, interpretadas como estruturas de *condição-ação*. Tais regras podem ser utilizadas para interpretar as resoluções de exercícios realizadas pelo estudante, enquadrando as suas ações com estas regras previamente definidas pela teoria ACT. Isto viabiliza o acompanhamento das ações de

um aluno através de *Model Tracing* [ANDERSON, CORBETT, *et al.*, 1992], como acontece nas interações do Agente de Modelo Cognitivo. Assim pode-se inferir os seus respectivos conhecimentos através do *Knowledge Tracing* (ANDERSON, CORBETT, *et al.*, 1992),

A criação deste plano de ensino considera as informações traçadas no *Model Tracing* [ANDERSON, 1992] do aluno, que aponta como é a utilização das regras de resolução de equações por parte do mesmo. Estas informações têm caráter importante, pois compõe o denominado *Knowledge Tracing* [ANDERSON, 1992], que quando enviado ao Agente Tutor o informa sobre o domínio em relação aos conhecimentos do sistema e habilidades para resolver problemas que o aluno possui. Considera também os conteúdos que são considerados subsunçores a um dado conteúdo.

Neste cenário entra o auxílio que o Agente Tutor pode oferecer ao aluno. Está dividido em duas categorias:

- *Feedback* imediato nos passos de resolução que o aluno faz nos exercícios;
- *Planos de Ensino* baseados no domínio do aluno inferido sobre os conhecimentos abordados.

A teoria do *Model Tracing* embasa o primeiro, baseado no *feedback* imediato das ações do aluno. As ações possíveis na resolução de problemas algébricos estão mapeadas como um conjunto de regras à disposição do Agente de Modelo Cognitivo, que avalia as ações do aluno e pode informar se os passos realizados estão corretos ou não, sendo possível inferir o grau de habilidade nos conhecimentos aos quais tais regras se referem. O *feedback* é informado ao aluno na forma de mensagens na tela do Módulo Resolvedor de Equações. Isto constitui a ajuda de caráter em curto prazo do Agente Tutor. Já a teoria do *Knowledge Tracing* concretiza o segundo tópico, pois através do domínio dos conteúdos inferidos é possível verificar a compreensão do aluno em um aspecto mais amplo, além dos pontos que causaram um maior problema no aprendizado e focar o auxílio nos mesmos. Neste escopo entram as estratégias pedagógicas que serão selecionadas pelo Agente Tutor. No caso, informações sobre que conteúdos o aluno já teve contato e tem dificuldade, mapeadas no seu respectivo Modelo de Aluno, serão utilizadas para definir uma estratégia pedagógica adequada para apresentação do conteúdo. As seguintes trabalham em conjunto, conforme abordado no *Cenário* deste trabalho, podendo ser:

Tutoria: O Agente Tutor irá expor conteúdos baseados nos seus subsunçores e expor conceitos subsunçores seguintes da estrutura hierárquica, sob os moldes da teoria ZDP, agindo quando ocorrer um erro por parte do aluno. Tal ação reconstrói o plano de ensino vigente para o mesmo.

Treinamento: Em caso de erros na resolução de exercícios, o aluno pode solicitar ao Agente Tutor a exposição passo a passo dos passos de solução de exercícios semelhantes aos realizados de forma incorreta.

Macro-Adaption: As habilidades que não foram totalmente desenvolvidas pelo aluno são variáveis na tomada de decisão sobre que conteúdos mostrar a este aluno [VANLEHN, 2006].

Com uma estratégia pedagógica selecionada inicialmente, no caso a *Macro-Adaption*, o Agente Tutor pode então criar este plano de ensino que melhor se aplique a

este aluno, informando ao sistema de que forma as informações devem ser expostas. Tal plano é de natureza pré-definida para se enquadrar com os PCN (Parâmetros Curriculares Nacionais), visando utilização em escolas. A sua formulação se dá através da Ontologia comentada previamente. Estes planos de ensino terão um papel muito importante durante a apresentação de material instrucional, ou quando o aluno posteriormente cometer erros durante a resolução de exercícios, em que a estratégia *Tutoria* entra em cena para modificação do plano para atender as necessidades do aluno. São dados importantes que serão utilizados na definição dos tópicos que vão compor um determinado plano de ensino criado pelo Agente Tutor.

8. Cenário

Para exemplificar o funcionamento proposto pelo presente trabalho, vamos considerar o acesso de um aluno no sistema PAT2Math e explicar o que acontece durante a sua interação com conteúdo hipotético. Inicialmente um aluno entra no sistema sendo então verificado e apontado para uma tabela com suas informações na Base de Dados do Modelo de Aluno. Ao explorar um conteúdo no sistema referente à equações algébricas, o Agente de Modelo de Aluno é consultado para verificar se o aluno previamente viu tal conteúdo, se acompanhou exemplos do mesmo ou solucionou corretamente exercícios correlatos. Essa informação é passada ao Agente Tutor e então alimentada no seu motor de inferência para que seja escolhida uma estratégia adequada para a apresentação de material condizente com o seu estado cognitivo em relação ao conteúdo.

As habilidades que o aluno não desenvolveu por completo, provenientes desta interação com o Agente Modelo de Aluno, são usadas para definir um conteúdo a ser exposto ao mesmo, constituindo a *Macro-Adaption*. Após isto, são escolhidos exercícios para efetivar o aprendizado deste material, também sob esta teoria. Durante a resolução destes, em um eventual erro, o modo *Tutoria* entra em ação para reconstruir o plano de ensino vigente, para que o aprendizado do aluno possa ser remediado. Concluído isto, o sistema retoma o exercício que o aluno trabalhava inicialmente. Em qualquer momento o aluno pode solicitar o auxílio do sistema, momento em que ocorre a estratégia *treinamento*, para que o exercício seja resolvido passo a passo.

9. Considerações Finais

O presente trabalho de pesquisa está sendo uma parte importante no desenvolvimento do Módulo Tutor do Projeto PAT2Math. Ele envolve uma pesquisa interdisciplinar vista a necessidade de unir os recursos e ferramentas computacionais para concretizar princípios pedagógicos estudados. Com a construção deste Módulo Tutor sob tais aspectos o sistema alcançará o caráter individualizado de ensino, permitindo o aprendizado com a consideração das individualidades de cada estudante. Para a validação e testes do Módulo Tutor e suas características pedagógicas serão realizadas simulações com informações inseridas na Base de Modelos de Aluno, bem como serão feitos testes com uma turma de 40 alunos. Lá serão sorteados perfis de aluno para a extração de suas características, tais como quais exercícios realizados, exemplos acompanhados ou ainda explicações teóricas lidas. Com isto será possível ao Módulo Tutor oferecer um plano de ensino com conteúdos de forma adequada e individual para cada perfil, baseando-se nas suas abordagens pedagógicas e tipos de material instrucional a sua disposição na Base de Domínio.

Referências

- Anderson, J. et al (1992) "General principles for an intelligent tutoring architecture" In: Cognitive Approaches to Automated Instruction. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Bellifemine, F. et al (2009) "JADE – A White Paper". Disponível em: <<http://jade.tilab.com/papers/2003/WhitePaperJADEEXP.pdf>>.
- Bloom, B. S. (1956) "Taxonomy of Educational Objectives" In: The classification of educational goals: Handbook I, cognitive domain. New York: Longman.
- Bloom, B. S. (1982) "The 2 Sigma Problem: The search for methods of group instruction as effective as one-to-one tutoring". In: Educational Researcher. [S.l.]: [s.n.]. p. 4-16.
- Cohen, P. R.; Beal, C. R.; Adams, N. M. The Design, Deployment and Evaluation of the AnimalWatch Intelligent Tutoring System. In: Proceeding of the 2008 conference on ECAI 2008: 18th European Conference on Artificial Intelligence. [S.l.]: IOS Press, 2008.
- Corbett, A. T. Koedinger, K. R. Anderson, J. R. (1997) "Intelligent Tutoring Systems" In: SCIENCE, E. Handbook of Human-Computer Interaction, 2nd edition. [S.l.]: [s.n.]. p. 849-870.
- Damasceno, F. R. Cruz, A. D. Jaques, P. (2010) "Sistema Tutor Inteligente PAT2Math: Proposta de Arquitetura Multi-Agente" In: Workshop-Escola de Sistemas de Agentes, seus Ambientes e Aplicações. Rio Grande: [s.n.].
- Jaques, P. A. (2008) "Avaliando um Modelo Afetivo de Aluno baseado em uma Abordagem Cognitiva" In: Simpósio Brasileiro de Informática na Educação.
- Mello, G. et al (2009) "Implementando o Agente de Base de Domínio do Sistema Tutor Inteligente PAT2Math" In: XIII Ciclo de Palestras sobre Novas Tecnologias na Educação. Porto Alegre: [s.n.].
- Merril, M. D. (2001) "First Principles of Instruction". In: Education Technology Research & Development.
- Moreira, M. A. (1999) "Teorias de Aprendizagem". São Paulo: EPU - Editora Pedagógica e Universitária LTDA.
- Moysés, L. (1997) "Aplicações de Vygotsky à Educação Matemática". Campinas: Papyrus.
- Murray, T. (1999) "Authoring intelligent tutoring systems: An analysis of the state of the art" In: International journal of artificial intelligence in education, vol. 10.
- Padgham, L. Winikoff, M (2004). "The Prometheus Methodology".
- Seffrin, H. et al (2009) "Um resolvidor de equações algébricas como ferramenta de apoio à sala de aula no ensino de equações algébricas" In: Workshop de Informática na Escola. Bento Gonçalves: [s.n.].
- Seffrin, H. et al. Sistema Tutor Inteligente PAT2Math: Estudo de Caso na Resolução de Equações. Latin American Conference on Learning Objects, São Paulo, 2010.
- Siekman, E.; Melis, J. ActiveMath: An Intelligent Tutoring System for Mathematics. Artificial Intelligence and Soft Computing - ICAISC, 2004.
- Stacey, K. Macgregor, M. (2000) "Learning the Algebraic Method of Solving Problems" In: Journal of Mathematical Behavior.
- VanLehn, K. The Behavior of Tutoring Systems. International Journal of Artificial Intelligence in Education, 2006.
- Vygotsky, S. Luria, S. Leontiev, N. A (1934-1986) "Linguagem, Desenvolvimento e Aprendizagem" [S.l.]: [s.n.].