



Estratégias e Táticas Pedagógicas para o Sistema Tutor Inteligente PAT2Math

Geiseane Lacerda **Rubi**
Universidade do Vale do Rio dos Sinos
Brasil
geiserubi@gmail.com

Patrícia A. **Jaques** Maillard
Universidade do Vale do Rio dos Sinos
Brasil
pjaques@unisin.br

Resumo

Na disciplina de Matemática a Álgebra é um conteúdo no qual a reprodução, se consolida. Portanto, estabelecer estratégias e táticas pedagógicas de ensino que incentivem e construam o conhecimento são essenciais para a sua evolução cognitiva. Essas estratégias se tornam ainda mais essenciais em ambientes inteligentes de aprendizagem, onde o aluno deve estabelecer certa autonomia. Dessa forma, esse trabalho descreve uma pesquisa qualitativa realizada com professores e alunos através de entrevistas com o objetivo de levantar estratégias de aprendizagem para a álgebra a serem aplicadas pelo Sistema Tutor Inteligente de Álgebra PAT2Math. Uma das diretrizes é que a linguagem empregada pelo sistema não se distancie da linguagem utilizada na sala de aula para não ocorrer a ruptura de aprendizagem. Um experimento foi realizado para validar algumas das estratégias e táticas definidas. Os resultados mostraram-se positivos, tendo em vista o envolvimento e o desempenho dos alunos no experimento.

Palavras chave: Aprendizagem Significativa, Equações Algébricas, Informática na Educação.

Álgebra e Aprendizagem Significativa

A Matemática é, em geral, considerada pelos alunos uma disciplina muito complexa. As dificuldades apresentadas, muitas vezes, referem-se à abordagem tradicional e mecânica da disciplina. Essa abordagem mecânica provém do professor como o transmissor de informações que já estão prontas e o papel do aluno é de decorar essas informações e reproduzi-las.

Inúmeras vezes, a aversão a disciplina de matemática está relacionada ao estudo da Álgebra, em especial, ao estudo das equações (FIORENTINI; MORIN, 2001). Também, já é sabido que um dos tópicos da Matemática em que os alunos apresentam maior dificuldade, de acordo com o Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB), é a Álgebra, “nos resultados do SAEB, por exemplo, os itens referentes à álgebra raramente atingem um índice de 40% de acerto em muitas regiões do país” (BRASIL, 1998, p. 115-116).

Os alunos enfrentam especial dificuldade em desenvolver o raciocínio algébrico devido à abstração necessária para lidar com valores incógnitos (variável), conforme já apontado por Cury e Konzen (2006), Lins e Gimenez (1997), Nehring e Pozzobon (2009), entre outros. Além disso, eles não compreendem a diferença entre o pensamento algébrico e aritmético, pois os aprendizes iniciam os estudos algébricos apenas após terem trabalhado o raciocínio aritmético, onde vêm conteúdos concretos e palpáveis (CURY; KONZEN, 2006; MCNEIL; ALIBALI, 2004; STACEY; MACGREGOR, 1999; USISKIN apud COXFORD; SHULTE, 1995).

Então, neste processo de construção da aprendizagem algébrica, professores e alunos caminham em estradas diferentes, já que os alunos continuam tentando empregar métodos aritméticos, no lugar de métodos algébricos, para resolver equações, ou ainda, empregando maneiras repetitivas e mecânicas para solucionar equações. Entretanto, Garbi (2009, p. 20) reitera que “É preciso nunca se esquecer dos raciocínios que existem por trás dos procedimentos que se tornam mecânicos...”.

Partindo da abordagem construtivista, o psicólogo norte-americano David Ausubel propõe a aprendizagem significativa em contrapartida à aprendizagem reproducionista e memorística. A aprendizagem significativa de Ausubel focaliza, primordialmente, a aprendizagem cognitiva (armazenamento organizado de informações na mente do aprendiz, ou seja, desenvolvimento da estrutura cognitiva). Corrobora que uma nova informação relaciona-se com um aspecto especificamente relevante (conceitos ou proposições relevantes), ou seja, este processo envolve a interação da nova informação com uma estrutura de conhecimento específica (subsunçor). Ausubel afirma que o que mais influencia na aprendizagem é o conhecimento prévio que o aluno possui. Entretanto, a aprendizagem será significativa se o conteúdo aprendido ligar-se a conceitos subsunçores relevantes, já existentes na estrutura cognitiva do mesmo.

Embora, o conhecimento prévio que o discente possui não seja o único fator que influencia a aprendizagem, deverá abranger modificações relevantes na estrutura cognitiva pela influência do novo material que pode ser considerado como um organizador prévio (ponte para uma nova aprendizagem – “pontes cognitivas”) de conceitos a serem desenvolvidos. Assim, esse material é determinado como *potencialmente significativo*. Em contrapartida, a aprendizagem mecânica, aborda a aprendizagem de novas informações com pouca ou nenhuma interação com os conhecimentos prévios que o discente possui na sua estrutura cognitiva.

Sistemas Tutores Inteligentes e o PAT2Math

Sistemas Tutores Inteligentes (STI) são programas que se adaptam as características do

usuário utilizando-se de técnicas de inteligência artificial. De acordo com Viccari (1990 apud GIRAFFA, 1998), são sistemas que ao interagir com o aluno/usuário modificam suas bases de conhecimento, pois possuem a capacidade de aprender e se adaptar de acordo com a interação. Os STIs se diferem do software educacional ou a um sistema não inteligente que há apenas uma única interface e a apresentação e interação com o mesmo se dá uniformemente, ou seja, de maneira igual para todos os alunos. Os STIs, por outro lado, são capazes de ensinar conteúdos, 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).

Além disso, pode ser um grande aliado do desenvolvimento cognitivo dos alunos, na medida em que possibilita o desenvolvimento de um trabalho que se adapta a distintos ritmos de aprendizagem e permite que o aluno aprenda com seus erros (BRASIL, 1998, p.44).

Outro diferencial é corroborado por Borba (apud BICUDO, 1999, p. 287), que coloca que “o computador pode dar *feedback* a passos intermediários da atividade humana, que seriam impossíveis de serem dados por observadores externos”. Este atendimento individual pode dar ao aluno a autoconfiança, desmistificando a aprendizagem algébrica.

O PAT2Math (*Personal Affective Tutor to Math*) é um STI que visa o ensino de equações algébricas, em especial, equações do 1º e 2º com uma incógnita. Ele interage com o aluno auxiliando na construção do conhecimento, ou seja, é um software que se adapta às características cognitivas do usuário, interagindo junto a ele para uma melhor e mais efetiva interação. Neste sentido, espera-se que o aluno/usuário interaja com o tutor de modo que aprenda com prazer. Mais ainda, que o mesmo se sinta incentivado a estudar a álgebra, desmistificando a aprendizagem e as dificuldades deste conteúdo.

O desenvolvimento do STI PAT2Math está de acordo com o Parâmetro Curricular Nacional (PCN) buscando desenvolver habilidades e competências que considere o conhecimento prévio do aluno, objetivando o aprender a aprender. Baseia-se na teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel (referenciada anteriormente) para que o sistema seja um orientador da aprendizagem do aluno.

O cuidado com a linguagem utilizada no tutor é outro diferencial do PAT2Math, ou seja, o tutor utiliza a mesma aplicada em sala de aula pelos professores. Assim busca-se que não ocorra a ruptura de pensamento algébrico desenvolvido pelo aluno quando esse for interagir com o sistema, pois quando a linguagem não é a mesma que a utilizada em sala de aula, os alunos não relacionam a aprendizagem do tutor com o conteúdo aprendido na escola.

Coleta de Dados

Para o desenvolvimento deste trabalho foram realizadas entrevistas com professores e alunos almejando diferentes subsídios para a definição das estratégias e táticas para o ensino das equações algébricas de 1º e 2º grau com uma incógnita.

Coleta 1: Entrevistas com Professores

Foram entrevistados nove professores que lecionam Matemática na 6ª série / 7º ano e/ou 8ª série / 9º ano, estes têm em média 12,84 anos de docência. Com o intuito da preservação dos professores entrevistados definiram-se os sujeitos em questão como PROF_A, PROF_B, PROF_C, PROF_D, PROF_E, PROF_F, PROF_G, PROF_H e PROF_I.

Para uma coleta mais rica buscou-se professores que já tinham experiência em lecionar os conteúdos em questão, professores pós-graduados e ainda, um professor que conclui a

graduação. Essa abrangência possibilita um olhar contínuo sobre o processo de ensino e aprendizagem algébrica, tendo em vista a prática e a teoria dos professores.

O foco das entrevistas foi perceber as estratégias e táticas que os professores utilizam para ensinar equações algébricas. Para isto, inicialmente, os professores foram questionados sobre a maneira como abordam o ensino das equações, tendo em vista o complexo processo de aprendizagem da Álgebra.

Questionados sobre o ensino de equações do 1º grau, os professores afirmaram que desenvolvem conceitos básicos para o conteúdo e utilizam-se de definições, exemplos e situações problemas para o ensino. A maioria dos professores (88,89%) afirma que o aporte intuitivo que a balança proporciona desenvolve o raciocínio algébrico, pois aprendem a comparar e igualar problemas.

Alguns professores sugerem uma maneira interessante e instigante para o aluno aprender. Essa abordagem se dá através de problemas do cotidiano do aluno, pois o interesse é despertado em função da sua realidade. No entanto, o PROF_A corrobora “Costumo partir de algum conhecimento já adquirido dos alunos, pois assim o conteúdo os interessa”. A história da matemática abordada de uma maneira criativa e contextualizada mostrando a importância e a evolução histórica do conteúdo e suas aplicações. Ainda, dos 9 professores, 5 deles afirmam que utilizar desafios é uma forma de instigar os alunos e despertar a curiosidade dos mesmos.

Já quando questionados sobre o processo de ensino e aprendizagem de equações do 2º grau com uma incógnita as respostas foram breves e sem muitos detalhes, o que mostrou insegurança e falta de estratégias e táticas para a abordagem deste conteúdo. Apenas três professores abordam, inicialmente, a resolução de equações incompletas através do fator comum e da extração da raiz. Ainda, apenas dois professores (22,22%) abordam o ensino das equações do 2º grau a partir da área de um quadrado, o que permite a comparação de áreas. Finalmente, a maioria (8 professores) afirmaram que ao utilizar a fórmula de Bhaskara para ensinar o conteúdo os alunos aprendem melhor, pois precisam apenas decorar a fórmula e aplicá-la.

Posteriormente, foram questionados sobre as dificuldades que os alunos apresentam com determinados conteúdos. Nas operações inversas que os alunos devem aplicar para solucionar uma equação do 1º grau, mas os mesmos não sabem qual operação aplicar, ou ainda, confundem-se com os sinais e números negativos. Salientam sobre as dificuldades triviais que muitos alunos apresentam quanto à divisão, multiplicação, subtração, operações com números negativos e fracionários e quanto à extração da raiz quadrada. Embora apenas um professor cite que “A dificuldade do aluno está relacionada em compreender a igualdade”, os outros apoiam a ideia de que os erros provêm da incompreensão de conceitos iniciais como a igualdade e incógnita.

Outro destaque é corroborado pelo PROF_G quando diz “Temos que respeitar as diversas maneiras que o aluno resolve, ou seja, a maneira que fez sentido para determinado aluno”, pois já é sabido que as pessoas aprendem diferenciadamente, no entanto, a realidade escolar contrapõe essa afirmação quando exige uma única maneira de resolução, ou ainda, que todos devem reproduzir o que o docente diz. Ainda relata sobre o que ocorre quando o professor impõe intuitivamente uma única forma de aprender: “Então, com o tempo a Mariazinha desiste do seu jeito e decora o jeito de resolver da prof., resolvendo de uma maneira mecânica”. O que resulta na reprodução mecânica e sem sentido, pois esse aluno apenas decora os passos, as regras, mas não compreende o que está reproduzindo deixando de ser uma aprendizagem significativa.

Coleta 2: Entrevistas com Alunos

Para esta coleta de dados participaram cinco alunos (três alunos de 6ª série / 7º ano e dois

alunos de 8ª série / 9º ano). Esses alunos foram selecionados aleatoriamente conforme disponibilidade. Com o objetivo de preservar os alunos entrevistados definiu-se os sujeitos em questão como ALUNO_A, ALUNO_B, ALUNO_C, ALUNO_D e ALUNO_E.

A primeira pergunta foi sobre o gostar ou não da disciplina de matemática. A resposta foi unânime: “não!”; apenas os motivos variaram. Perguntou-se aos alunos sobre o que lembravam de equações do 1º grau (para alunos de 6ª série) e de equações do 2º grau (para alunos de 8ª série), todos lembraram que há incógnita (mudou apenas a maneira como expressaram). Ainda, alguns se referenciaram a maneiras para resolução das equações: ALUNO_A: “letras para esquerda e números para direita e, no final chega num resultado”; ALUNO_B: “x, que no final chega num número”; ALUNO_C: “Variáveis e valores que temos que descobrir”; ALUNO_D: “Bhaskara e encontra os números”; ALUNO_E: “Bhaskara e delta... e depois os números”.

Já quando questionados sobre como estudavam matemática e como melhor aprendiam ou ainda, o que sentiam quando era feita referência à disciplina, as respostas foram diversas, mas as opiniões foram unânimes. Afirmaram que a resolução de exercícios é essencial para aprenderem qualquer conteúdo. Além disso, gostam dos exemplos que os professores mostram, pois se guiam pelos mesmos. Dois dos cinco alunos relatam que estudam matemática lendo e, apenas quando apresentam muita dificuldade, fazem exercícios. Ainda, quatro dos cinco alunos, ou seja, 80% dos alunos entrevistados relataram que têm medo e vergonha de perguntar, de sanar as dúvidas. No entanto apresentam resultados negativos nas avaliações. E, os mesmos, ainda afirmam que ficam muito nervosos e inseguros quando fazem provas/avaliações.

Definição das Estratégias e Táticas para o STI PAT2Math

A definição de estratégias e táticas para o STI PAT2Math é essencial para a qualificação pedagógica do mesmo. Como o objetivo do sistema é o processo de ensino e aprendizagem algébrica e tendo em vista a particularidade do sistema de adaptar-se ao modelo cognitivo de cada aluno, as estratégias e as táticas não produzirão efeito satisfatório para todos os alunos.

De acordo com Seixas (2005, p. 35, grifo do autor): “O termo *Estratégia* é entendido, de modo geral, como um plano, uma construção ou elaboração, enquanto que a ação propriamente dita é denominada *Tática*”. Nesse mesmo contexto Ferreira (2004 apud SEIXAS, 2005, p. 35) reitera que a estratégia é a “arte de aplicar os meios disponíveis com vista à consecução de objetivos específicos”, ainda define tática como “meios postos em prática”.

Assim, a partir da análise do contexto escolar, ou seja, das entrevistas realizadas com professores e alunos de 6ª e 8ª série definiu-se as estratégias e táticas. Cada estratégia foi definida de maneira que se torne um plano para abordar o conteúdo de equações algébricas. No entanto, para isto, parte-se do conteúdo no geral, ou seja, o “bruto” da Álgebra, o que caracteriza a abordagem inicial para a aprendizagem algébrica e, a partir das estratégias e táticas pedagógicas aplicadas, os conteúdos ensinados vão se tornando “lapidados” (SEIXAS, 2005).

O objetivo das estratégias é de intermediar o processo da construção do conhecimento respeitando o “tempo” de cada aluno. Com o foco na aprendizagem algébrica e a partir das coletas de dados foram definidas estratégias pedagógicas que determinam como ensinar e táticas pedagógicas que efetivam a ação de como ensinar equações algébricas. A cada estratégia pedagógica determina-se um conjunto de táticas, mas a seleção das estratégias e das táticas depende do nível de conhecimento do aluno, de sua motivação para interagir com o sistema e de suas características afetivas e cognitivas. Tanto as estratégias como as táticas foram definidas para serem implementadas no STI PAT2Math. Foram definidas 5 estratégias, entre as quais:

1) **ESTRATÉGIA - INTRODUÇÃO:** O objetivo principal desta estratégia é propor táticas que irão introduzir o conteúdo (equações do 1º e/ou 2º grau com uma incógnita) através de mecanismos intuitivos e interessantes, para que o aluno tenha um contato inicial prazeroso e instigante com interações que o induzam a desenvolver o raciocínio algébrico refletindo sobre as possibilidades apresentadas pelo tutor. Neste sentido, o tutor será um parceiro do aluno que o guiará introduzindo-o para o estudo das equações propriamente dita. Esta estratégia compreende diferentes táticas que possivelmente serão utilizadas por outras estratégias.

2) **ESTRATÉGIA – ORIENTAÇÃO:** Essa estratégia tem como objetivo principal orientar o aluno de maneira que proporcione a reflexão por meio de informações diretas direcionando o aluno na construção do conhecimento e no desenvolvimento do raciocínio algébrico. Dentro desta possibilidade, o tutor torna-se um guia sugerindo ações e reflexões específicas. Abrange táticas que deverão auxiliar o aluno na compreensão de conceitos centrais necessários para a aprendizagem algébrica, a partir de textos explanatórios argumentativos e exemplos para que o discente possa compreender a orientação dada pelo tutor. Quando necessário e solicitado pelo aluno, o tutor apresenta mecanismos como dicas/sugestões e a possibilidade da orientação através do desenvolvimento de um passo para a resolução de uma determinada equação.

3) **ESTRATÉGIA – REFLEXÃO:** Possibilita ao aluno analisar sua interação com o tutor. Assim, o objetivo desta é que o aluno reflita sobre o seu desenvolvimento e suas aprendizagens, ou seja, o aluno irá analisar sua evolução, suas dúvidas e dificuldades obtidas a partir das interações com o sistema e se as mesmas já foram sanadas. Dessa forma, abrange táticas que priorizam a individualidade e a diversidade do aluno permitindo um “olhar” sob sua aprendizagem, desmistificando a disciplina de matemática e a aprendizagem algébrica, além de reforçar a auto-estima do aluno. Outro destaque desta estratégia é proporcionado pela reflexão de uma intervenção solicitada pelo aluno e executada pelo tutor. Assim, o aluno receberá o retorno simultaneamente a solicitação possibilitando meditar sobre essa intervenção que irá contribuir para seu desenvolvimento cognitivo e algébrico.

4) **ESTRATÉGIA – CONFIRMAÇÃO:** A estratégia Confirmação tem como objetivo principal verificar a aprendizagem do aluno, dentre a particularidade que o sistema proporciona, assim como auxiliá-lo na sua evolução e no seu desenvolvimento quanto às equações algébricas. Para isto dispõe de táticas que irão ajudá-lo a superar as barreiras de aprendizagem proporcionando mecanismos que o farão primeiro identificar o erro e posteriormente auxiliá-lo para evoluir na interação superando o erro cometido.

5) **ESTRATÉGIA – ANIMAÇÃO:** O objetivo da estratégia Animação é instigar o aluno à aprendizagem de equações algébricas. Para isso abrange táticas que deverão despertar a curiosidade, o entusiasmo e o interesse do aluno para aprender equações, contrariando a visão behaviorista da aprendizagem matemática, pois irá desmistificar conceitos e a aplicação do conteúdo estudado.

Cada estratégia citada acima é formada por, em média, 6 táticas que visam aplicar concretamente, no tutor, as estratégias. Devido a restrições de espaço, serão citadas abaixo apenas as táticas compreendidas pela estratégia Introdução, que são:

Subsunçor: De maneira menos diretiva o tutor busca informações relevantes e as características do aluno-usuário para montar um perfil. A partir deste, o tutor considera o conhecimento prévio que este aluno possui: a sua experiência e sua vivência de conhecimentos matemáticos. Esse conhecimento prévio que o aluno possui, seja intuitivamente, seja por estudos anteriores, age como “âncora” para novas aprendizagens que se relacionam motivando ainda

mais o aluno e aumentando sua confiança, pois conforme enfatiza Asubel (1980 apud MOREIRA, 1999, p.163) “[...] o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe [...]”. Logo, para a construção de um novo conhecimento significativo é essencial partir do que o discente sabe e então motivá-lo para novas aprendizagens relacionando-as com seus conhecimentos anteriores;

Organizador prévio: Material ou explanação introdutória antes do próprio conteúdo a ser ensinado. Ou seja, esse material, ancorado a um subsunçor (conhecimento prévio do aluno), será abordado de maneira intuitiva introduzindo o conteúdo a ser explorado. Esses materiais servirão como pontes cognitivas para a aprendizagem, pois segundo Moreira (1999, p. 1), “a estrutura cognitiva de cada aluno é dinâmica na medida em que o processo interativo levá-lo a ressignificar continuamente seus conhecimentos”. Como exemplo, pode ser citado o uso introdutório da balança de dois pratos para desenvolver o conceito de igualdade entre os membros, essencial para compreensão de equações. Na verdade, o aluno possui como subsunçor a compreensão do que é ser igual e a balança torna-se esse organizador prévio que faz a ponte cognitiva entre o “ser igual” do dia-a-dia do aluno e o conceito matemático de igualdade, facilitando a aprendizagem. Ainda, Moreira e Masini (1982) afirmam que os organizadores prévios são mais eficientes quando utilizados para introduzir conteúdos;

História da matemática: Como, muitas vezes, os alunos salientam que os conteúdos são abstratos e não fazem muito sentido para os mesmos aprenderem, esta tática pode suprir este vazio, ou seja, aquela tradicional pergunta que muitos alunos fazem aos professores: “para que serve isto?” Ou ainda, “como surgiu isso?” pode ser respondida através da história da Matemática. Dentre isto, a história da Matemática também pode ser agente transformador e motivador para os alunos, pois através dela é possível instigar o interesse dos mesmos, despertando a curiosidade em prol da aprendizagem algébrica. Por isso, esta tática tem como objetivo abordar a questão histórica da disciplina de matemática, em especial a Álgebra e as equações, de maneira que contextualize o conteúdo em questão para que o aluno possa compreender a evolução das equações algébricas, bem como reconhecer a necessidade da aprendizagem do conteúdo, tendo em vista a importância da álgebra e das equações para o desenvolvimento da humanidade e sua aplicação, antigamente e nos dias de hoje; Esta tática também compreende a estratégia Animação.

Desafios: São desafios propostos ao aluno em forma de texto, imagem ou pela interação do agente e aluno. Esses desafios estarão relacionados à aplicação das equações algébricas e são apresentados quando o aluno se mostrar desanimado, ou quando demonstrar um bom conhecimento sobre o assunto abordado; Esta tática também compreende a estratégia Animação.

Curiosidades: Essa tática será apresentada ao aluno quando estiver aprendendo os conceitos centrais, ou quando estiver resolvendo exercícios, ou ainda, quando forem apresentados textos que formalizem o conteúdo. Tem como objetivo mostrar dados curiosos relacionados com a aprendizagem do momento a fim de instigar e motivar os alunos na interação; Esta tática também compreende a estratégia Animação.

Situações problema: Esta tática considera a vivência do aluno, sua experiência abordando o conteúdo a ser ensinado a partir de problemas, ou seja, o conteúdo é abordado com questões reais, do cotidiano do aluno. Sánchez Huete e Fernández Bravo (2009, p.71) reiteram “Trata-se de um processo no qual se combinam diferentes elementos que o aluno possui, como os pré-conceitos, as regras, as habilidades... Exige uma grande dose de reflexão [...] É importante que essa aprendizagem sustente-se na realidade”. Através desta tática desenvolverá no aluno a capacidade de raciocinar algebricamente percebendo a aplicação do conteúdo estudado. Esta

tática também compreende a estratégia Animação.

Descrição do Experimento

Um experimento foi realizado com seis alunos, três alunos de 6ª série e três alunos de 8ª série, para verificar a efetividade das estratégias e táticas. Os alunos foram selecionados pelo professor regente da turma, tendo em vista o mau desempenho em Matemática.

Como PAT2Math encontra-se em desenvolvimento, realizou-se uma simulação do funcionamento completo do tutor através de apresentação de slides e da interação com o módulo de resolução de equações do STI (que já se encontra desenvolvida) (SEFFRIN et al., 2009).

O experimento para os alunos da 6ª série teve início a partir de um organizador prévio a noção intuitiva de igualdade. Posteriormente a tática aplicada propôs a partir da leitura matemática da situação intuitiva através da balança e a comparação dos pratos desenvolver este conceito de igualdade através da comparação intuitiva e do aporte matemático. Essa tática tem como objetivo animar o aluno, tendo em vista que utiliza seu conhecimento prévio, o que desmistifica a aprendizagem algébrica.

Outra estratégia aplicada foi a Orientação a partir de um texto argumentativo (tática) que explica o conceito de incógnita, essencial para a aprendizagem algébrica. A partir do subsunçor (conceito de igualdade), introduz a orientação do texto argumentativo que formaliza o conceito de equação do 1º grau. Para tornar a aprendizagem algébrica mais atrativa e ainda para que os alunos possam “visualizar” uma aplicação interessante do conteúdo, este foi abordado a partir de texto argumentativo e de uma aplicação.

Já quando os alunos interagiram no sistema foram aplicadas as estratégias de Orientação com a tática Dica, que os alunos solicitavam quando achavam necessário. Essa tática permite ao aluno pedir uma ajuda quando o mesmo não identifica qual o próximo passo a ser aplicado. Assim, o sistema informa uma dica/sugestão sobre o próximo passo para a resolução da equação dada. Geralmente, esta dica refere-se a operação a ser realizada.

Também foi abordada a estratégia Reflexão que permitiu ao aluno, a partir da tática Feedback, a correção simultânea e a reflexão a partir de um texto informado pelo sistema a cada correção do passo informado pelo aluno, além do registro das dicas solicitadas pelo aluno. A estratégia Confirmação e a tática Correção passo a passo juntamente com a estratégia Reflexão permitem ao aluno esse retorno proporcionado pelo sistema não permitindo o desânimo do aluno.

Já a estratégia Animação a partir das táticas Correção passo a passo, Dica, Mostrar Passo e Mostrar Resolução (ver Figura 1) permitem ao aluno não desanimar, além de instigar o mesmo na interação com o sistema, pois se o discente está com dificuldade pode solicitar ao sistema o auxílio através da dica, ou solicitar que o PAT2Math mostre ao aluno a resolução de um passo da equação, ou até mesmo, a resolução de toda a equação permitindo que esse aluno reflita sobre seus erros e analise a resolução apresentada. Todas as táticas aplicadas no experimento a partir do sistema estão indicadas na Figura 1.

Para o experimento com alunos de 8ª série foram utilizadas estratégias e táticas pedagógicas para a aprendizagem significativa de equações do 2º grau, no entanto, devido a restrição de espaço optou-se apenas por expor o experimento das equações de 1º grau.

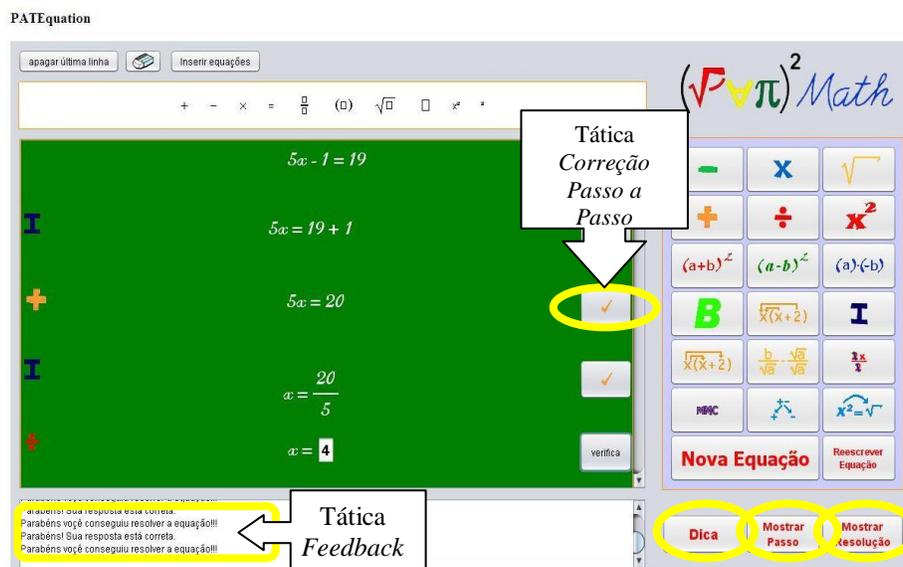


Figura 1 – Interface inicial do STI PAT2Math e algumas das táticas exploradas com equações do 1º grau.
Fonte: Adaptado de Seffrin et al. (2010)

Análise do Experimento

O foco do experimento foi perceber se as estratégias e táticas definidas, aplicadas no experimento com os alunos, auxiliaram a aprendizagem algébrica dos mesmos.

Experimento – Equações do 1º grau: Com o intuito de preservar os alunos entrevistados, refere-se aos sujeitos em questão como Aluno 1, Aluno 2 e Aluno 3.

Inicialmente os três alunos interagiram através dos slides sem demonstrar muito interesse e empolgação, mas ao decorrer dos slides os alunos foram se mostrando interessados e, em muitos momentos, surpresos. Observou-se que os mesmos iam manifestando percepções: “Nossa nunca tinha pensado assim...” relata o Aluno 2 referindo-se a estratégia Introdução a partir da tática “Desenvolvimento de Conceito Central (Igualdade)”, que relaciona uma situação de equilíbrio em uma balança de dois pratos com a escrita matemática. Quando se depararam com o slide que propõe a estratégia Animação e as táticas “Aplicação e Curiosidade” os três alunos mostraram-se muito empolgados, além de calcular o tamanho e o número do seu pé.

Observou-se que os conceitos de Igualdade e Incógnita foram bem desenvolvidos através das estratégias Introdução com as táticas de “Organizador Prévio” através da balança de dois pratos e “Desenvolvimento de Conceito Central” para a Igualdade. Com a estratégia de Animação e a tática de “Problematização de Dados” percebeu que os três alunos que participaram do experimento refletiram sobre diferentes possibilidades para equilibrar a balança.

A estratégia Orientação a partir das táticas “Texto Argumentativo” e “Desenvolvimento de Conceito Central” que explicaram conceitos como incógnita, igualdade e equação foram as táticas que demonstraram maior desinteresse por parte dos discentes que participaram do experimento, pois conforme o Aluno 1 afirma “Assim é que nem a gente aprende na escola... Mas, aqui é mais fácil de entender do que copiar do quadro!”. Isto evidencia a necessidade de explorar mais esta estratégia de Orientação para tornar instigante e motivadora, pois esta é essencial para a construção do conhecimento de equações.

Ainda a estratégia de Orientação a partir da tática “Exemplo” mostrou-se eficiente quando comparada a um modelo para os alunos reproduzirem, mas como não é este o objetivo da tática que almeja a aprendizagem significativa esta tática deve ser equiparada com a estratégia de

Animação - tática “Mostrar Resolução”, tendo em vista que apresenta passos da resolução de uma equação evidenciando as operações realizadas para que o aluno possa refletir sobre a possibilidade apresentada pelo tutor para a resolução de determinada equação. Logo, a tática “Exemplo” para tornar-se significativa necessita ampliar a abordagem enfatizando a resolução da equação e, principalmente as operações realizadas.

Ao interagirem com o sistema os alunos mostraram-se motivados, pois estavam interagindo com um programa computacional de aprendizagem. O Aluno 1 mostrou-se tímido, porque afirmou não ter muito contato com o computador, então estava receoso quanto à interação. Inicialmente, os três alunos mostraram-se apreensivos em resolver uma equação e conferir se a mesma estava correta. Percebeu-se “um ar de avaliação”, mas, desmistificada essa impressão, os alunos se empenharam na interação com o sistema. O Aluno 3, além de muito animado com a interação, usufruiu de todas as estratégias propostas pelo sistema como, Orientação, sempre quando não sabia o próximo passo a ser tomado. Também, a estratégia de Animação composta pelas táticas “Dica”, “Mostrar Passo” e “Mostrar Resolução” foram solicitadas no início da interação, já com a resolução de equações, ou seja, a partir da interação com o sistema foram decrescendo.

Após a conclusão do experimento, os alunos foram questionados sobre a interação, os três alunos gostaram de participar do experimento. Ainda o Aluno 3 afirmou que estava nervoso para participar, pois o professor falou que seria algo referenciado à Matemática, então como não se considera um bom aluno em matemática ficou apreensivo. No entanto afirmaram que gostaram e compreenderam a relação da balança com as equações, além de realmente compreender o que significa a incógnita. Os Alunos 1 e 2 destacaram a aplicação das equações com a curiosidade do calçado, ou seja, a relação do tamanho do pé com o número do calçado. Já o Aluno 3 destacou os exemplos, pois, segundo este aluno, os exemplos estão passo a passo, ou seja, bem explicados, assim compreende-se os motivos das operações aplicadas para a resolução de equações.

O Aluno 2 afirmou que “os botões Dica e Mostrar Passo são muito interessante para ajudar o aluno a entender como resolver a equação, como a gente faz para descobrir o “x” e qual o próximo passo a ser feito”. O Aluno 3 afirmou que é mais fácil resolver equações no computador do que no papel, pois, de acordo com este aluno, “a gente enxerga melhor o que está fazendo e não se perde porque fica o desenho do que fizemos antes”. Este se referia à indicação da operação selecionada na resolução de um passo anterior da equação.

O destaque dado ao Aluno 1 refere-se à evolução observada e afirmada pelo próprio aluno quanto à questão das operações inversas, em especial, multiplicação \leftrightarrow divisão. Afirmou que nunca entendia porque às vezes multiplicava e, às vezes dividia um membro da equação, apenas compreendia como operação inversa a soma \leftrightarrow subtração. Outra dificuldade que relatou ter superado é seu consentimento quanto à incógnita. O aluno pensava que a incógnita era um único valor. Assim, relatou que quando o professor explicou este conteúdo colocou um exemplo e encontrou $x = 3$, a partir disto toda vez que resolvia equações colocava o 3 no lugar da incógnita e encontrava outro valor, esse valor era a solução da sua equação. Afirmou que com a explicação de igualdade através da balança e dos exemplos e de equação, compreendeu que a incógnita é uma variável e que no final da resolução poderá confirmar o resultado se for igual nos dois membros da equação.

Já o Aluno 2 corroborou que gostou muito de resolver equações no software, pois aprendeu fazendo. Ainda cita que a relação da balança com a igualdade que para a matemática significa mesmo número ou mesmo peso nos dois lados foi muito importante, pois não compreendia porque fazia as operações inversas na equação.

E o aluno 3 destacou a dica e a correção do passo feito, pois afirmou que tem vergonha de perguntar sobre suas dúvidas nas aulas, pois os colegas podem debochar. Por isso, afirmou que este o ajudou a compreender a questão dos conceitos de equação, que aprendeu também que a igualdade é essencial para descobrir o valor da incógnita e, ainda, destacou a aplicação das equações afirmando que é muito interessante ver a aplicação no dia-a-dia.

Percebeu-se que as estratégias e táticas aplicadas neste experimento que compreende as equações de 1º grau foram de grande valia para superação de alguns obstáculos / concepções errôneas que os alunos tinham. Ainda outro destaque a questão da individualidade do aluno com o computador proporcionando a autoconfiança e aumentando sua auto-estima. A necessidade de aprimorar a tática “Exemplo” (estratégia Orientação) é importante para que não seja apenas um modelo a ser copiado e sim um modelo a ser analisado e refletido para que possa contribuir na construção do conhecimento matemático.

Conclusão

O objetivo deste trabalho foi de, inicialmente, investigar através de entrevistas com professores e alunos quais estratégias e táticas os professores aplicam e que estratégias os alunos utilizam para aprender e desenvolver o raciocínio lógico-matemático. A partir disto foram definidas estratégias que abordem determinadas táticas para serem inseridas no STI PAT2Math.

Posteriormente, as estratégias e táticas definidas foram aplicadas a partir de um experimento com alunos. Como a avaliação teve uma abordagem qualitativa objetivou-se observar se as estratégias aplicadas auxiliaram os alunos no processo de construção do pensamento algébrico de maneira significativa.

As estratégias aplicadas tiveram um retorno positivo, tendo em vista o envolvimento e o desempenho dos alunos no experimento. Já algumas táticas precisam ser incrementadas, em especial, a tática Exemplo (estratégia Orientação) que se mostrou eficiente, mas esta deve ser aprimorada para que descreva todos os passos necessários e possíveis para resolução de uma determinada equação para evidenciar as operações realizadas para que o aluno possa refletir sobre a possibilidade apresentada pelo tutor para a resolução de determinada equação.

A estratégia de Introdução a partir das táticas aplicadas (Subsunçor, Organizador prévio, História da Matemática, Desafios e Curiosidades) foi essencial para a construção do conhecimento algébrico, abordando o conteúdo em questão de maneira interessante e, muitas vezes, intuitiva, o que proporcionou autoconfiança aos alunos, pois a partir dessas abordagens desmistificou a aprendizagem algébrica.

A estratégia Orientação, com as táticas que foram testadas, se mostrou eficiente apesar dos alunos demonstrarem menor interesse quando interagem com as táticas desta estratégia. Isso porque as táticas aplicadas (Desenvolvimento de Conceitos Centrais, Texto Argumentativo, Exemplo, Dica e Mostrar Passo) são muitos semelhantes à abordagem escolar. Mas nem por isso descarta-se a ideia desta estratégia com as devidas táticas, pois a mesma é essencial para a formalização do conteúdo a ser estudado.

Já as estratégias de Reflexão, Confirmação e Animação com as táticas aplicadas mostraram-se totalmente eficientes, além de serem as de maior interesse dos alunos, pois abordaram o processo de ensino e aprendizagem das equações algébricas de maneira intuitiva, instigante, interessante e relevante para os alunos, pois as táticas aplicadas relacionavam o conteúdo com o cotidiano, com desafios e aplicações interessantes, além de algumas curiosidades.

Contudo, perante o experimento, as estratégias e táticas definidas são essenciais para uma aprendizagem algébrica significativa. No entanto, futuramente é necessário e interessante realizar, além do experimento qualitativo, experimentos quantitativos abrangendo todas as estratégias e táticas definidas com um número maior de alunos para avaliar a efetividade das mesmas, almejando a evolução do aluno.

Referências Bibliográficas

- BORBA, M. C. (1999). Tecnologias informáticas na educação matemática e reorganização do pensamento. In: BICUDO, M. A. V. (Org.). *Pesquisa em educação matemática*. São Paulo: UNESP.
- BRASIL. (1998). Ministério da Educação. Secretaria de Ensino Fundamental. *Parâmetros curriculares nacionais: matemática*. Brasília, v. 3.
- CURY, H. N.; KONZEN, B. (2006). Análise de resoluções de questões em matemática: as etapas do processo. *Educação matemática em revista: revista da SBEM*, São Paulo, 33-41.
- FIorentini, D.; MORIN, M. Â. (Org.) (2001). *Por trás da porta, que matemática acontece?* Campinas, SP: FE/Unicamp – Cempem.
- GARBI, G. G. (2009). *O Romance das Equações Algébricas*. 3. São Paulo: Livraria da Física.
- GIRAFFA, L. M. M. (1998). *Fundamentos de Sistemas Tutores Inteligentes*. In: Tópicos Avançados II - Inteligência Artificial Aplicada á Educação. Porto Alegre: PUCRS.
- _____. VICCARI, R. M. (1998). Estratégias de Ensino em Sistemas Tutores Inteligentes modelados através da tecnologia de agentes. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 9. Fortaleza. *Anais...* Fortaleza: SBIE - UFCE/SBC, 260-269.
- LINS, R.; GIMENEZ, J. (1997). *Perspectivas em aritmética e álgebra para o século XXI*. Campinas, SP: Papirus.
- MCNEIL, N. M., ALIBALI, M.W. (2004). You'll see what you mean: students encode equations based on their knowledge of arithmetic. *Cognitive science*, Norwood, NJ, v. 28, n. 3, 451-466.
- MOREIRA, M. A. (1999). *Teorias de aprendizagem*. São Paulo: EPU.
- _____. MASINI, E. S. (1982). *Aprendizagem Significativa: A teoria de David Ausubel*. São Paulo: Moraes.
- MURRAY, T. (1999). *Authoring intelligent tutoring systems: An analysis of the state of the art*. International journal of artificial intelligence in education, Amsterdam, 10., 98-129.
- NEHRING, C. M.; POZZOBON, M. C. C. (2009). A intervenção docente no Ensino de Álgebra: atividades de livro didático e registros de representação. ENCONTRO GAÚCHO DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 10., Ijuí. *Anais...*
- SÁNCHEZ HUETE, J. C.; FERNÁNDEZ BRAVO, J. A. (2009). *O ensino da matemática: fundamentos teóricos e bases psicopedagógicas*. Porto Alegre: Artmed.
- SEFFRIN, H. M. et al. (2010). Resolvendo equações algébricas no STI PAT2Math. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 21., João Pessoa. *Anais...*
- _____. (2009) Um resolvidor de equações algébricas como ferramenta de apoio à sala de aula no ensino de equações algébricas. In: 15. CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO, Bento Gonçalves. *Anais eletrônico...*
- SEIXAS, L. M. J. de S. (2005). Estratégias Pedagógicas para um Ambiente Multi-agente Probabilístico Inteligente de Aprendizagem – *AMPLIA*. Programa de Pós-Graduação de Informática na Educação. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- STACEY, K.; MACGREGOR, M. (1999). *Learning the Algebraic Method of Solving Problems*. The Journal of Mathematical Behavior, Norwood, NJ, 149-167.
- USISKIN, Z. (1995). Concepções sobre a álgebra da escola média e utilizações das variáveis. In: COXFORD, A. F.; SHULTE, A. P. *As idéias da álgebra*. São Paulo: Atual.
- YÁBAR, J. M. (2004). O computador no Ensino Médio em um enfoque construtivista da aprendizagem. In: BARBERÀ, E. et al. *O construtivismo na prática*. Porto Alegre: Artmed, 147-159.