

Fluxo de emoções ao estudar álgebra com auxílio de um Agente Pedagógico Animado: um estudo qualitativo

Teresa Cristina Fabri Simões¹, Patrícia A. Jaques Maillard²,
Kamila Takayama Lyra³

Resumo

Estudos na área de Computação Afetiva mostram que a utilização de Sistemas Tutores Inteligentes (STIs) com Agentes Pedagógicos Animados (APAs) pode favorecer o aprendizado dos estudantes. Ao interagir com os usuários, os APAs visam despertar neles emoções positivas, mantendo o engajamento do aluno. Compreender quais emoções são essas, quando e por que surgem permite elaborar maneiras cada vez mais eficientes de ensinar habilidades novas aos alunos. Assim, esta pesquisa busca identificar quais emoções são despertadas nos estudantes enquanto utilizam um STI voltado ao estudo de álgebra e interagem com seu APA. Para isso, acompanhou-se alunos de Ensino Fundamental – Anos Finais durante sessões de estudo com o sistema PAT2Math, efetuando o registro das emoções que demonstravam. Ao final do estudo, observou-se a predominância das emoções alegria, satisfação e raiva.

Abstract

Researches on Affective Computing show that the use of Intelligent Tutoring Systems (ITS) with Animated Pedagogical Agents (APAs) may benefit students learning. When interacting with users, APAs aim to arouse positive emotions on them, keeping them engaged. Understanding which emotions are those, when and why they emerge allows us to create more effective ways of teaching new skills to students. Therefore, this paper intends to identify which emotions are aroused on students while using an ITS for learning algebra and interacting with its APA. To do so, Elementary School students were observed during study sessions using PAT2Math, and their emotions were listed. By the end of the study, the most common emotions were joy, satisfaction and anger.

¹ Pós-Graduanda em Computação Aplicada à Educação, USP, teresacfsimoes@usp.br.

² Doutora em Computação, UFRGS, PJAQUES@unisin.br.

³ Doutoranda em Ciências da Computação e Matemática Computacional, USP, kalyra_03@usp.br.

1. Introdução

As maneiras como as tecnologias da informação podem ser utilizadas para auxiliar o processo de ensino e aprendizagem são muitas e variadas. Com o auxílio de inteligência artificial, é possível, por exemplo, desenvolver Sistemas Tutores Inteligentes (STI) capazes de auxiliar os alunos a aprenderem de forma mais individualizada e personalizada [Nwana 1990].

Outra forma de favorecer o processo de ensino-aprendizagem é despertar nos estudantes emoções positivas, que lhes permitam manter-se motivados em continuar aprendendo [Jaques e Vicari 2005]. Esse deve ser um objetivo constante dos educadores, mas que também pode ser alcançado por STIs, com a ajuda de Agentes Pedagógicos Animados (APA) e dos conhecimentos obtidos por estudos na área de Computação Afetiva [Jaques e Nunes 2019].

Popularmente, a matemática é considerada uma disciplina amada por poucos e odiada pela grande maioria, principalmente por ser muito fácil encontrar estudantes que apresentam dificuldades em aprendê-la. O estudo de álgebra, por exemplo, demanda não apenas domínio das operações matemáticas, mas também um raciocínio lógico apropriado para compreender as variáveis e seu uso, e por isso é um conteúdo que traz preocupação tanto para alunos quanto para professores.

Seria possível, então, favorecer a aprendizagem de matemática ao despertar nos estudantes emoções positivas? Quais situações podem trazê-las à tona mais facilmente? Com essas informações, professores poderiam ajustar seus métodos de ensino, aprimorando suas práticas a fim de garantir um aprendizado mais eficaz.

Assim, esta pesquisa baseia-se no uso de um STI com APA voltado ao estudo de álgebra. Espera-se verificar como essa experiência desperta as emoções dos estudantes, analisando quais são reportadas, dentro de um conjunto pré-estabelecido, e com que frequência aparecem.

Este trabalho foi organizado em sete seções. Na Seção 1, foram apresentados seu contexto, motivação e objetivo. A Seção 2 introduz os principais elementos que fundamentam esta pesquisa, enquanto a Seção 3 discorre sobre alguns dos trabalhos já publicados que se relacionam com este tema. Na Seção 4, descreve-se o método utilizado no estudo. A Seção 5 mostra os resultados obtidos, que são discutidos mais detalhadamente na Seção 6. Por fim, a Seção 7 traz as conclusões do trabalho.

2. Fundamentos teóricos

Nesta seção, serão apresentados os principais elementos que fundamentam este trabalho. São eles: Sistemas Tutores Inteligentes (STI), o Sistema Tutor inteligente PAT2Math, usado como estudo de caso neste trabalho, Agentes Pedagógicos Animados (APA) e sua ligação com personalidades e atitudes.

2.1 Sistemas Tutores Inteligentes

As tecnologias computacionais vêm sendo estudadas a fim de auxiliar estudantes no processo de ensino-aprendizagem. Ainda na década de 1950 foram criados os primeiros modelos de Instrução Assistida por Computador (CAI, na sigla em inglês), com os programas lineares propostos por Skinner, que, todavia, não permitiam nenhum tipo de

individualização, o que só seria alcançado com o uso de Inteligência Artificial [Nwana 1990].

Sistemas Tutores Inteligentes (STIs), portanto, podem ser definidos como programas de computador que utilizam técnicas de Inteligência Artificial para determinar quem é o aprendiz (sua personalidade, conhecimento prévio, grau de domínio de determinada habilidade etc.) e como ensinar para ele [Nwana 1990]. Isso é possível pois os STI utilizam informações por meio de teorias das ciências cognitivas, ciências da aprendizagem, linguística computacional, matemática, além de outras áreas [Keles e Keles 2010].

Os STIs podem ser baseados em passos ou respostas. Um STI baseado em passos fornece aos estudantes uma interface que lhes permite inserir os passos necessários para resolver um problema [vanLehn 2011], enquanto os STIs baseados em respostas esperam o aluno inserir a solução e podem tanto marcar cada passo como correto ou incorreto quanto oferecer um relatório, discutindo passos individualmente com o usuário [vanLehn 2011].

Este trabalho utiliza um STI baseado em passos, que pode auxiliar o estudante a cada etapa da resolução do problema. Ele corrige os passos de forma individual (o que é chamado de *feedback* mínimo) e, quando o aluno comete um erro, o sistema aponta o que está errado e lhe auxilia na correção (*feedback* de erro) [VanLehn 2011]. Se o estudante chega em um ponto no qual não sabe o que fazer a seguir, o tutor oferece uma dica. Ao concluir um exercício corretamente, ele pode receber uma mensagem lhe parabenizando pelo sucesso. A possibilidade de tais *feedbacks* e dicas personalizadas permite ao usuário avançar no seu próprio ritmo, sem ajuda de um tutor humano.

A estrutura do STI que permite tamanha personalização é o modelo do aluno, módulo que representa o conhecimento e as habilidades emergentes do estudante [Nwana 1990]. O sistema cria um banco de dados sobre o usuário, tomando como base toda e cada ação realizada por este, facilitando tanto a interpretação de ações futuras quanto a verificação do conhecimento adquirido pelo aluno [Nwana 1990].

Dessa forma, é possível ao tutor personalizar as ações a serem tomadas, seguindo modelos pré-determinados, de forma a adaptar o ensino a cada aluno que o utilizar. Tal personalização permite garantir a melhor aprendizagem possível, mantendo a motivação e o engajamento de cada estudante de acordo com seu perfil.

2.2. PAT2Math

O STI utilizado como estudo de caso neste trabalho é o PAT2Math. Este STI emprega Inteligência Artificial de forma a simular um professor particular que ensina ao usuário o tema de equações de primeiro grau, auxiliando-o na resolução de exercícios [Unisinos 2015].

Na Figura 1, observa-se a tela de resolução de exercício do PAT2Math. À esquerda, o menu, contendo os níveis, as fases de cada nível e a lista de equações de cada fase. Ao centro, simulando uma folha de caderno, está o exercício a ser resolvido e a caixa de texto onde o aluno deve inserir a próxima etapa ou a resposta do exercício. Quando um estudante já assimilou bem as habilidades exigidas de determinada fase, ele pode inserir diretamente a resposta. Além disso, quando ele resolve três equações de uma fase consecutivamente, sem erros, o STI libera o bloco de exercícios seguinte mesmo antes de concluir o corrente, de forma a não entediar o usuário por não apresentar desafios

coerentes com seu grau de aprendizado. Isso faz parte da personalização característica desse tipo de sistema.



Figura 1. Tela de resolução de equação do PAT2Math.
Fonte: <http://pat2math.unisinos.br/>

Do lado direito, ao centro, encontra-se o Agente Pedagógico Animado do sistema, Janet [Unisinos 2015]. Sempre que o aluno clica sobre ela, ela lhe fornece uma dica sobre o passo que ele está tentando resolver da equação. Cliques consecutivos fazem com que ela ofereça dicas cada vez mais específica. Assim, ela auxilia alunos com maiores dificuldades sem sobrecarregá-los com ajuda desnecessária.

No canto inferior direito, três botões que permitem ao usuário acessar a seção de ajuda do sistema, apontar uma falha ou acessar o *ranking*.

No canto superior direito, o estudante pode acompanhar a pontuação de cada equação, quantos pontos ele fez na questão corrente e quantas questões faltam para a próxima fase. Além disso, o aluno pode clicar no botão “rascunho”, que lhe dá acesso a um quadro separado para realizar as operações matemáticas necessárias à resolução, como mostrado na Figura 2. Há telas específicas para cada operação matemática utilizada: adição, subtração, multiplicação, divisão, MMC entre dois números e MMC entre três números.

O sistema parte de equações de 1º grau mais simples, no formato “ $x+b=y$ ”, apenas com números positivos, e conforme o aluno avança são apresentadas equações envolvendo subtração, multiplicação, divisão (frações), números negativos, propriedade distributiva e razão e proporção. Esse avanço é claramente representado pela divisão de níveis: básico, intermediário, avançado, *expert* e o nível final (*Season Finale*).

O sistema PAT2Math é gamificado, de forma que o aluno ganhe pontos a cada ação correta realizada e perca pontos quando comete algum erro. O aumento no grau de dificuldade dos exercícios é representado pela divisão das equações em fases, que o estudante desbloqueia conforme vai avançando. Apenas ao completar todas as fases de um nível o estudante ganha acesso ao nível seguinte. A quantidade de exercícios

resolvidos em cada fase, porém, pode variar, conforme o usuário demonstra ter aprendido a solucionar cada bloco de exercícios.

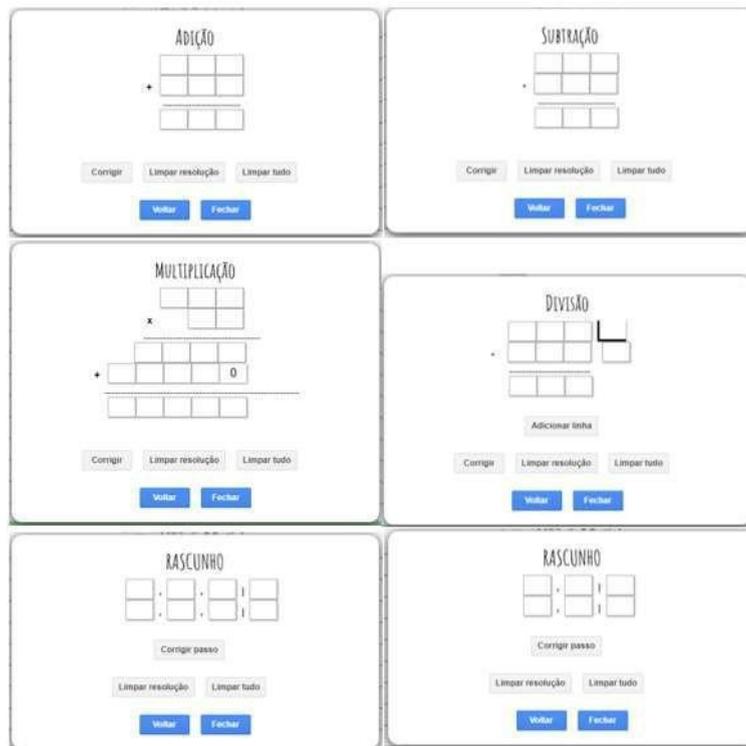


Figura 2. Telas de rascunho para operações de adição, subtração, multiplicação, divisão, MMC entre dois números e MMC entre três números (da esquerda para a direita, de cima para baixo). Fonte: <http://pat2math.unisinus.br/>

2.3. Agentes Pedagógicos Animados

O PAT2Math conta com um Agente Pedagógico Animado (APA). Os agentes, segundo Ferguson (1992), são processos computacionais autônomos capazes de interagir com o ambiente em que estão inseridos, seja de forma mais sutil ou mais direta. No caso de sistemas voltados ao ensino, essas interações são centradas no estudante e visam facilitar o processo de aprendizagem, que depende muito da comunicação entre professor e aluno [Ferguson 1992].

Essas interações não seguem um padrão único, mas ocorrem de formas variadas. Muitas vezes, elas focam apenas no aspecto cognitivo, deixando totalmente de lado o estado afetivo dos estudantes [Wang et al. 2005]. Entretanto, estudos mostram que o aspecto socioemocional é essencial para a motivação intrínseca dos alunos e, por isso, impactam diretamente no seu aprendizado [Wang et al. 2005]. Por exemplo, é importante que o STI permita que o estudante sinta que sua autonomia é respeitada, com um agente que sugere a próxima ação a ser tomada, em vez de impô-la, ou então passando a noção de que está resolvendo o problema junto do aluno, respeitando sua necessidade de sentir-se no controle da situação e reforçando sua autoconfiança. Outra forma de deixar o estudante mais confortável e motivado a realizar a tarefa seria valorizar seus acertos [Wang et al. 2005].

Dessa forma, um APA capaz de criar um vínculo afetivo com o aluno o mantém mais motivado, sendo mais eficiente [Karacora 2012]. Isso é possível graças aos trabalhos

em Computação Afetiva, que “detectam e respondem às emoções, e também, trabalhos que inferem e usam a personalidade a fim de maximizar a aprendizagem dos estudantes e proporcionar uma experiência de aprendizagem mais agradável” [Jaques e Nunes 2019]. Ao saber quais emoções o aluno está sentindo, o agente pode encorajá-lo a continuar a atividade [Jaques e Vicari 2005].

Existem trabalhos que mostram o impacto das emoções na aprendizagem e em vários processos cognitivos, como o de Fonseca (2016), que aborda a interdependência da emoção e da cognição no cérebro humano, explicando que “sem emoção a aprendizagem é debilitada e comprometida”. Ele também afirma que as pessoas buscam atividades que as façam sentir-se bem, evitando aquelas que lhe trazem sentimentos ruins. Por isso é essencial que, ao tentar aprender algo, emoções positivas sejam despertadas nos estudantes, favorecendo sua motivação. Dessa forma, utilizar um APA que trabalhe para evitar sentimentos considerados negativos, como tristeza, frustração, raiva e vergonha, pode motivá-lo, fornecendo suporte afetivo e levando-o a emoções positivas, como alegria, satisfação e gratidão [Jaques e Vicari 2005]. Isso pode ser conseguido de maneira mais efetiva se for levada em consideração a **personalidade** do estudante, pois poderia melhorar a inferência das suas emoções [Jaques e Nunes 2019].

2.4. Personalidade e atitudes em agentes pedagógicos animados

Inicialmente, a área de Computação Afetiva focava apenas nas emoções, mas hoje outros estados afetivos também lhe são interessantes, entre eles os traços de personalidade [Jaques e Nunes 2019]. Entre as variadas teorias de definição de personalidade existentes, em computação é utilizada a teoria dos Cinco Grande Fatores (CGF), que são comumente traduzidos como abertura a experiências, neuroticismo, extroversão, socialização e realização.

O modelo dos CGF originou-se em um conjunto de pesquisas sobre personalidade, e é um dos mais difundidos para descrever a estrutura da personalidade dentro da teoria dos traços [Silva e Nakano 2011]. Com base nessa teoria, é possível inferir os traços de personalidade do aluno, o que permitiria a adaptação da ação do agente para obter os melhores resultados. Para isso, porém, são utilizados, principalmente, inventários [Jaques e Nunes 2019].

3. Trabalhos Relacionados

Na busca de estudos relacionados a este trabalho, foram analisados artigos publicados no Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE). Foram acessados os anais disponíveis no site do SBIE⁴, filtrando artigos cujos títulos fazem referência a APAs ou à influência das emoções na aprendizagem. Após a leitura dos resumos, foram selecionados três artigos considerados mais pertinentes ao presente trabalho.

Além disso, também foi feita uma busca utilizando o Google Acadêmico⁵, procurando por “Agente Pedagógico Animado”, “emoções e aprendizagem”, “*pedagogical agent*” e “*emotions in learning*”. A fim de filtrar a busca, foram consideradas apenas as publicações dos últimos cinco anos. Novamente houve a leitura dos resumos, resultando na seleção de dois artigos que apresentaram maior conexão com as ideias que se busca verificar.

⁴ <https://www.br-ie.org/pub/index.php/sbie>

⁵ <https://scholar.google.com.br/?hl=pt>

3.1. Comparação dos trabalhos

O presente trabalho é focado especificamente em alunos do Ensino Fundamental. Considerando o mapeamento sistemático feito por Azevedo e Jaques (2019), que visa analisar a influência das atitudes de agentes pedagógicos animados nos estudantes, o referido grau de escolaridade não é o que mais chama a atenção dos pesquisadores, tendo em vista que dos 15 artigos considerados no mapeamento apenas três (20%) envolviam conteúdos específicos do Ensino Fundamental. A maior parte dos trabalhos são voltados ao Ensino Superior (33%) e à educação em geral (27%). Além disso, seis artigos (40%) utilizavam Sistemas Tutores Inteligentes, mesma quantidade que utilizava Ambientes Virtuais de Aprendizagem, ficando claro que tais ambientes de aprendizagem são os mais comuns para o uso de APAs.

O trabalho desenvolvido por Silva et al. (2019) utilizou sensores para detectar sinais de estresse, nervosismo ou ansiedade em estudantes, baseado em sua frequência cardíaca. Além da detecção, o modelo proposto também oferece ao estudante recomendações de ações que podem auxiliá-lo a diminuir ou eliminar o nervosismo, como realizar respirações diafragmáticas ou praticar atividades físicas. A proposta de Silva et al. (2019) é similar a este trabalho por também considerar o impacto que emoções negativas podem trazer ao aprendizado, prejudicando-o. Ambos diferem, entretanto, pois o modelo *Hold Up* propõe o estágio de recomendação, enquanto o presente estudo trabalha apenas na análise das emoções.

A análise dos efeitos de APAs na aprendizagem de inglês, feita por Carlotto e Jaques (2016), utilizou três modelos diferentes de Agente Pedagógico, sendo um sem imagem (apenas sonoro), um com uma figura estática e outro com gestos e movimentação pela tela (agente completo). Além disso, um grupo utilizou o mesmo sistema sem a presença de APA, para fins comparativos. Considerando essa classificação, Janet, a APA que utilizamos no presente artigo, trata-se de um agente estático.

Patti, a Agente da pesquisa de Carlotto e Jaques (2016), interage com os usuários na explicação do conteúdo, não aparecendo nas etapas de exercícios. Segundo os autores, isso pode explicar por que os alunos não perceberam muita influência da Patti na sua confiança ou na satisfação com os resultados obtidos. Janet, por sua vez, auxilia o estudante especificamente na resolução de exercícios.

O trabalho de Pereira Júnior et al. (2019) difere deste artigo por utilizar um Agente Conversacional, em vez de um APA. Nele, foram detectadas as emoções de estudantes ao realizar atividades em um Ambiente Virtual de Aprendizagem, utilizando um *chatbot* e realizando a análise e o processamento do texto inserido pelo usuário. Para detectar três emoções pré-determinadas (alegria, tristeza e raiva), inicialmente foi verificada a personalidade dos estudantes, tendo como base não a teoria Cinco Grandes Fatores, mas a de Perfis de Personalidade, apresentada por Chabot. Com essa informação, foi possível utilizar diálogos mais personalizados na detecção das emoções.

Em seu artigo, Fonseca (2016) aponta que o processamento de informação de um computador é apenas racional, algorítmico, enquanto um ser humano também leva em consideração o aspecto emocional. Tal colocação vai de encontro ao que propõe a Computação Afetiva, que dá grande ênfase às emoções do usuário de determinado sistema.

4. Método

Foram convidados a participar desta pesquisa 20 alunos dos 7º, 8º e 9º anos do Ensino Fundamental de uma escola estadual da cidade de Campinas-SP. Essa seleção foi feita considerando o objeto de conhecimento que é alvo desta pesquisa, as equações de 1º grau. Esse conteúdo, introduzido no 7º ano, continua sendo trabalhado durante todo o ano letivo seguinte [SEE-SP 2019]. Entretanto, devido à progressão continuada existente na atual rede de ensino, os três últimos anos do Ensino Fundamental compõem um único ciclo, ou seja, os alunos não são retidos no 7º nem no 8º ano, porque a retenção só pode ocorrer no último ano de cada ciclo. Devido a diversos obstáculos enfrentados nas salas de aula, como a grande quantidade de alunos por turma e a heterogeneidade de habilidades que eles possuem, é comum que os alunos cheguem ao 9º ano sem ter aprendido plenamente a resolver problemas envolvendo equações de 1º grau. Nesse sentido, torna-se útil a utilização do PAT2Math como material de apoio e reforço.

É importante ressaltar que este trabalho foi realizado durante a pandemia de coronavírus, o que não possibilitou o contato presencial com os alunos participantes. Logo, fez-se necessário que eles tivessem um computador com acesso à internet em casa para participar do estudo, limitando, assim, a quantidade de estudantes acompanhados, pois muitos não possuem acesso à internet ou o fazem apenas pelo celular.

Para dar início ao estudo, os alunos foram convidados a participar de uma reunião *online*, via Google Meet⁶ com o objetivo de esclarecer e detalhar a pesquisa e como ela seria realizada. Os responsáveis também foram chamados a participar desta etapa, para conhecer o trabalho que estavam autorizando seus filhos a realizarem.

Ao fim da reunião, cada estudante agendou três sessões *online* de estudo utilizando o Pat2Math. Essas sessões seriam individuais, com duração média de 45min. Para ser acompanhado durante as sessões, o aluno, primeiramente, acessou a vídeo chamada com a pesquisadora, via Google Meet. Então, foi solicitado que o aluno apresentasse sua tela e a partir daí iniciou a interação com a plataforma PAT2Math. Conforme o estudante realizava os exercícios, buscou-se interferir o mínimo possível nas suas ações, de forma que ele se concentrasse apenas na atividade a ser realizada e sanasse suas dúvidas diretamente com a APA, visando não minimizar a influência sobre as emoções apresentadas. Também não foram estabelecidas metas de desempenho para não gerar emoções que não fossem relacionadas com a interação com o sistema (frustração por não ter atingido a meta do dia, por exemplo).

Para determinar o fluxo de emoções durante as sessões de estudo, foi utilizada uma medida de autodeclaração de emoções apresentada no trabalho de Jaques e Vicari (2005). No começo da primeira sessão os alunos receberam as definições de sete emoções, retiradas do dicionário Michaelis⁷:

- satisfação: sensação agradável que sentimos quando as coisas ocorrem de acordo com nossa vontade.
- frustração: decepção, falha.
- alegria: acontecimento agradável, feliz.
- tristeza: profundo pesar; desgosto.

⁶ <https://meet.google.com/>

⁷ <http://michaelis.uol.com.br/>

- gratidão: sentimento experimentado por uma pessoa em relação a alguém que lhe concedeu algum favor, um auxílio ou benefício qualquer; agradecimento, reconhecimento.
- raiva: estado ou sentimento de rancor causado por irritação, aborrecimento ou rejeição.
- vergonha: sentimento de humilhação ou desonra. vexame.

Os alunos foram instruídos a informar, pelo microfone, sempre que sentiam uma dessas emoções durante a interação com o PAT2Math. Cada vez que um aluno informava alguma emoção, essa informação era registrada em uma planilha de controle.

5. Resultados

Embora 20 alunos tenham sido convidados a participar desta pesquisa e demonstrado interesse em fazê-lo, foram analisados os dados de apenas dois deles, pois foram os únicos a concluir as três sessões de estudo previstas. Ambos estão cursando o 9º ano do Ensino Fundamental em 2020. O total de exercícios realizados por cada um, bem como a média entre eles, podem ser observados na Tabela 1.

Aluno	Exercícios realizados
A	167
B	96
MÉDIA	131,5

Tabela 1. Total de exercícios realizados por cada participante da pesquisa, e a média entre eles.

Durante essas sessões, foram reportadas todas as sete emoções selecionadas (satisfação, frustração, alegria, tristeza, gratidão, raiva e vergonha). Na Tabela 2 é possível observar quantas vezes cada aluno declarou cada uma delas e o total de vezes em que elas apareceram durante a pesquisa.

Aluno	Sessão	Satisfação	Frustração	Alegria	Tristeza	Gratidão	Raiva	Vergonha
A	1ª	4	4	5	1	0	4	2
B	1ª	2	0	3	0	1	0	0
B	2ª	1	0	2	0	0	0	0
B	3ª	0	3	1	0	1	2	0
A	2ª	5	3	4	2	2	5	0
A	3ª	1	1	1	2	1	2	0
TOTAL		13	11	16	5	5	13	2

Tabela 2. Quantidade de relatos de cada emoção ao longo das sessões de estudo e o total de vezes em que cada uma foi reportada.

Foram relatadas, no total, 65 emoções. A que mais apareceu durante a pesquisa foi a alegria (16), seguida pela satisfação e pela raiva (13 cada), pela frustração (11), pela tristeza e gratidão (5 cada) e, finalmente, vergonha (reportada apenas 2 vezes). Assim, pode-se dizer que 34 (52%) das emoções mencionadas podem ser classificadas como positivas (satisfação, alegria e gratidão), enquanto as outras 31 (48%) podem ser

consideradas negativas (frustração, tristeza, raiva e vergonha). Os Gráficos 1 e 2 representam tais informações.

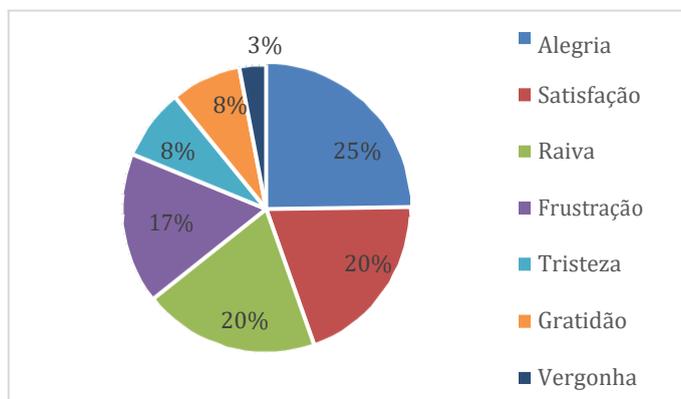


Gráfico 1. Porcentagem de relatos de cada emoção.

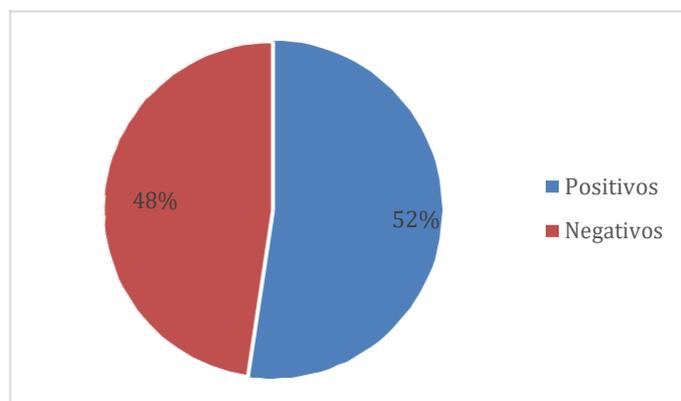


Gráfico 2. Distribuição das emoções relatadas entre positivas e negativas.

6. Discussão

Os alunos participantes desta pesquisa, por já estarem trabalhando com equações de 1º grau há dois anos, pareceram demonstrar relativa facilidade em realizar os exercícios do módulo básico do PAT2Math. Ambos cometeram poucos erros nessa fase, o que pode justificar a presença quase exclusiva de emoções positivas (satisfação, alegria e gratidão) na primeira sessão de cada um. Esse comportamento pode demonstrar que os estudantes não se importam em retomar exercícios mais simples do que os que estão acostumados, e inclusive sentem-se bem ao realizar corretamente atividades que já dominam. Assim, se os professores retomarem com mais frequência os conteúdos já conhecidos dos alunos ao introduzirem novos conhecimentos, é possível que não predomine entre os estudantes uma sensação de estarem totalmente perdidos (“não entendo nada!”), permitindo-lhes agregar emoções positivas pelo que já sabem fazer ao contato com o que é novo, o que pode favorecer o processo de aprendizagem.

Por outro lado, quando os erros aconteciam nessa primeira etapa, os alunos (em especial o estudante A) eram mais propensos a declarar emoções negativas (frustração, tristeza, raiva e vergonha), pois eles provavelmente consideravam as atividades fáceis e sentiam-se mal em aceitar os próprios erros aqui. Inclusive, foi o único momento em que a emoção vergonha foi reportada. Vale ressaltar que mesmo as frases de incentivo do APA não pareceram surtir tanto efeito nessa fase, mas é importante lembrar que os alunos

consideravam o nível básico algo que já dominavam plenamente, por não estarem mais no 7º ano tendo contato com as equações de 1º grau pela primeira vez.

É interessante também analisar com mais detalhes o percurso do aluno B. Ele só relatou emoções negativas na última sessão de estudos, quando já estava realizando exercícios do nível avançado. Além disso, suas declarações das emoções satisfação e alegria foram diminuindo a cada sessão. Na primeira sessão, por ser seu primeiro contato com um STI, o aluno apresentou um forte engajamento, que foi diminuindo conforme se acostumava com o sistema. Quando alcançou o nível avançado, que representa atividades que ele também está realizando em sala de aula, sua atenção diminuiu e ele cometeu alguns erros, não conceituais, mas de sinal e de digitação, que geraram as emoções negativas reportadas. Aqui, porém, a postura da APA pareceu fazer diferença, levando o aluno inclusive a relatar gratidão ao tutor por o ter incentivado a continuar.

É interessante notar que a alegria, emoção que mais foi reportada, aparecia principalmente quando os alunos concluíam uma fase ou nível. Às vezes, a satisfação era relatada ao mesmo tempo, o que, possivelmente, explica ela também ter sido mencionada com tanta frequência. Esse aspecto gamificado do PAT2Math, portanto, parece favorecer a manifestação de emoções positivas na utilização do sistema, o que, por consequência, facilitaria a aprendizagem e o engajamento dos usuários. A divisão em níveis e fases pode permitir ao aluno estabelecer uma meta e, ao atingi-la, ele automaticamente iria sentir-se bem consigo mesmo e terá maior propensão em continuar o “jogo”.

Com relação à raiva, emoção negativa mais reportada, aparecia normalmente quando os alunos erravam algo que lhes parecia trivial. Isso traz certa preocupação com a forma como os estudantes encaram seus erros, tendo em vista que a definição que lhes foi dada de “raiva” remetia a rancor e, obviamente, não é desejável que os alunos criem rancor contra algo que desejamos que eles aprendam. Resta saber se é necessário um estudo sobre como amenizar essa emoção durante a aprendizagem ou se simplesmente os usuários não souberam identificar com clareza o que estavam sentindo e rotularam erroneamente uma frustração como raiva, por exemplo.

Por fim, a quantidade de emoções positivas ser superior às negativas parece mostrar que o STI pode favorecer o aprendizado não só de alunos iniciantes no estudo de equações de 1º grau, mas também daqueles que já estão mais avançados nesse conteúdo. Mesmo na realidade de 2020, em que os estudantes não tiveram opção senão adequar-se ao ensino à distância, o formato do PAT2Math chamou sua atenção, mostrando que utilizar as tecnologias digitais nas escolas pode ir muito além de aulas em vídeo e salas de aula virtuais.

7. Conclusão

Esta pesquisa foi feita na intenção de verificar quais emoções são experimentadas pelos estudantes ao utilizar um Sistema Tutor Inteligente, com um Agente Pedagógico Animado, voltado ao estudo de álgebra. Ela permitiu notar que os estudantes experimentam bastantes emoções positivas, mesmo quando não são iniciantes no estudo de equações de primeiro grau. Além disso, levantou-se um questionamento com relação à raiva relacionada aos erros: os alunos realmente estão despertando essa emoção ao errar um exercício ou eles não sabem determinar com precisão o que estão sentindo?

Devido à pandemia de coronavírus, não foi possível realizar a leitura das emoções de forma mais pessoal, pela impossibilidade de realizar o trabalho presencialmente.

Espera-se, quando a situação normalizar, verificar se a raiva é realmente tão presente na interação dos estudantes com o sistema e, caso essa tendência se confirme, cabe analisar o que pode ser feito para minimizar seus efeitos negativos na aprendizagem.

Sabe-se que os dados de apenas dois alunos não são suficientes para determinar com precisão como os usuários efetivamente reagem ao interagir com o sistema. Portanto, no futuro espera-se poder coletar informações de um grupo maior de estudantes, com perfis mais variados, a fim de compreender melhor o fluxo de emoções despertadas pelo PAT2Math.

Referências

- Azevedo, O. and Jaques, P. (2019). “Estudando o Impacto Das Atitudes de Agentes Pedagógicos Em Ambientes de Aprendizagem: Um Mapeamento Sistemático”, Simpósio Brasileiro de Informática na Educação: 1191. <http://dx.doi.org/10.5753/cbie.sbie.2019.1191>.
- Carlotto, T. and Jaques, P. (2016). “The Effects of Animated Pedagogical Agents in na English-as-a- Foreign-Language Learning Environment.” *International Journal of Human Computer Studies* 95: 15-26. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2016.06.001>.
- Ferguson, I. (University of Cambridge). 1992. “TouringMachines: Autonomous Agents with Attitudes.”
- Fonseca, V. (2016). “Importância das Emoções na Aprendizagem”. In *Revista Psicopedagogia*, vol. 33, no. 102, São Paulo.
- Jaques, P. and Nunes, M. (2019). “Computação Afetiva Aplicada à Educação.” In *Informática Na Educação: Técnicas e Tecnologias Computacionais*, 1-22. <http://ieducacao.ceie-br.org/computacaoafetiva>.
- Jaques, P. and Vicari, R. (2005). “PAT: Um Agente Pedagógico Animado Para Interagir Efetivamente Com o Aluno.” *Renote 3* (1): 1-19. <https://doi.org/10.22456/1679-1916.13738>.
- Karacora, B. (2012). “The Influence of Virtual Agents’ Gender and Rapport on Enhancing Math Performance.” *Proceedings of the 34th Annual Meeting of the Cognitive Science Society*. <https://ict.usc.edu/pubs/The%20Influence%20of%20Virtual%20Agents%E2%80%99%20Gender%20and%20Rapport%20on%20Enhancing%20Math%20Performance.pdf>.
- Keles, A. and Keles, A. (2010). “Intelligent Tutoring Systems.” *Intelligent Tutoring Systems in E-Learning Environments* 2579: 1-26. <https://doi.org/10.4018/978-1-61692-008-1.ch001>.
- Nwana, H. (1990). “Intelligent Tutoring Systems: An Overview.” *Artificial Intelligence Review* 4 (4): 251-77. <https://doi.org/10.1007/BF00168958>.
- Pereira Júnior, C., Dantas, A., Abreu, A., Reis, M., Melo, S., Nascimento, M., Dorça, F. and Fernandes, M. (2019). “Personalização Das Interações de Um Agente Conversacional Utilizando Emoções e Perfis de Personalidade.”, no. Cbie: 1092. <https://doi.org/10.5753/cbie.sbie.2019.1092>.
- SEE-SP. **Currículo Paulista**, 2019. Currículo do estado de São Paulo para as etapas de Educação Infantil e Ensino Fundamental. Disponível em: <https://efape.educacao.sp.gov.br/curriculopaulista/wp-content/uploads/sites/7/2019/09/curriculo-paulista-26-07.pdf>. Acesso em 18 ago. 2020.
- Silva, G., Stroele, V., Dantas, M. and Campos, F. (2019). “Hold Up: Modelo de Detecção e Controle de Emoções Em Ambientes Acadêmicos.” no. Cbie: 139. <https://doi.org/10.5753/cbie.sbie.2019.139>.
- Silva, I. and Nakano, T. (2011). “Modelo Dos Cinco Grandes Fatores Da Personalidade: Análise De Pesquisas.” *Avaliação Psicológica* 10 (1): 51-62.
- UNISINOS. **PAT2Math**, 2015. Sistema Tutor Inteligente voltado para o aprendizado de álgebra. Disponível em: <http://pat2math.unisinos.br/>. Acesso em 29 mai. 2020.
- vanLehn, K. (2011). “The Relative Effectiveness of Human Tutoring, Intelligent Tutoring Systems, and Other Tutoring Systems.” *Educational Psychologist* 46 (4): 197-221. <https://doi.org/10.1080/00461520.2011.611369>.

Wang, N., Johnson, W., Rizzo, P., Shaw, E. and Mayer, R. (2005). "Experimental Evaluation of Polite Interaction Tactics for Pedagogical Agents." *International Conference on Intelligent User Interfaces, Proceedings IUI*, 12-19. <https://doi.org/10.1145/1040830.1040845>.