



Programa de Pós-Graduação em

Computação Aplicada

Mestrado/Doutorado Acadêmico

Otávio Bastos Azevedo

Um Agente Pedagógico Gentil é Mais Efetivo?
Efeito das Atitudes de Agentes Pedagógicos Animados na
Aprendizagem, Engajamento, Emoções e Ansiedade dos Estudantes

São Leopoldo, 2020

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS — UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM COMPUTAÇÃO APLICADA
NÍVEL MESTRADO

OTÁVIO BASTOS AZEVEDO

UM AGENTE PEDAGÓGICO GENTIL É MAIS EFETIVO?
EFEITO DAS ATITUDES DE AGENTES PEDAGÓGICOS ANIMADOS NA
APRENDIZAGEM, ENGAJAMENTO, EMOÇÕES E ANSIEDADE DOS ESTUDANTES

SÃO LEOPOLDO
2020

Otávio Bastos Azevedo

UM AGENTE PEDAGÓGICO GENTIL É MAIS EFETIVO?
EFEITO DAS ATITUDES DE AGENTES PEDAGÓGICOS ANIMADOS NA
APRENDIZAGEM, ENGAJAMENTO, EMOÇÕES E ANSIEDADE DOS ESTUDANTES

Dissertação apresentada como requisito parcial
para a obtenção do título de Mestre pelo
Programa de Pós-Graduação em Computação
Aplicada da Universidade do Vale do Rio dos
Sinos — UNISINOS

Orientador:
Prof. Dr^a. Patrícia Augustin Jaques Maillard

São Leopoldo
2020

A994a

Azevedo, Otávio Bastos.

Um agente pedagógico gentil é mais efetivo? Efeito das atitudes de agentes pedagógicos animados na aprendizagem, engajamento, emoções e ansiedade dos estudantes / Otávio Bastos Azevedo – 2020.

83 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada, 2020.

“Orientadora: Profa. Dra. Patrícia Augustin Jaques Maillard”

1. Aprendizagem. 2. Conhecimento e aprendizagem. 3. Emoções e cognição. 4. Professores - Atitudes. I. Título.

CDU 37:004

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Silvana Dornelles Studzinski – CRB 10/2524)

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 / This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001

Dedico esta dissertação à minha família e pessoas próximas
por sempre me apoiarem e acreditarem no meu trabalho.

*Para a mente racional, nada é inexplicável.
É apenas algo que ainda não foi explicado.*
— DOCTOR WHO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente eu gostaria de agradecer à minha família, minha mãe Mari, meu pai Cláudio, minha irmã Jaque e os meus avós Suely e Adão, que sempre me apoiaram e estiveram ao meu lado em todos os momentos. Também agradeço muito à Andressa, uma pessoa que considero muito especial e querida, que me deu todo o apoio que eu precisava e também sempre esteve ao meu lado. Inclusive ela me ajudou com ótimas ideias que contribuíram muito para o sucesso do meu trabalho.

A próxima pessoa da minha lista de agradecimentos é uma das melhores pessoas que já conheci, a minha professora orientadora Patrícia Jaques. Nós trabalhamos juntos desde 2014 quando iniciei a minha carreira acadêmica como bolsista de iniciação científica e conseguimos excelentes resultados nos nossos trabalhos. Considero-a como a melhor professora que já conheci, tanto na parte de dar aulas quanto na orientação. Também gostaria de evidenciar a nossa excelente relação de amizade que construímos durante esse período, realmente espero que possamos manter o contato mesmo depois da conclusão dessa etapa.

Eu também tenho agradecimentos especiais aos meus melhores amigos, que sempre me apoiaram e estiveram presente, mesmo que à distância algumas vezes: o Julio, Michelle, Alexandre, Arthur, Márcia, Guilherme, Celeste, Augusto Graef, Laura, Ana, Camila, Augusto Schiller, Gabriela, Marta, Vagner, Aline, Tiago Bender, Felipe, Tiago Kautzmann, Anderson e Rodrigo.

Também agradeço aos professores que me deram aula durante o mestrado, especialmente o Sandro Rigo, que esteve acompanhando o meu trabalho desde 2014 quando ingressei na Iniciação Científica em 2014, sempre disposto a me ajudar. Fiquei muito feliz que contei com a participação dele em todas as minhas bancas: Mostra de Iniciação Científica, TCC e Dissertação (qualificação e defesa).

Aproveito para agradecer também o Renato, que foi o designer responsável por desenhar as versões direta e neutra da agente pedagógica animada que desenvolvi para essa dissertação. O trabalho do Renato ficou muito bom mesmo, dou meus parabéns a ele.

Por último, mas não menos importante, agradeço à Luciana e sua equipe na secretaria do PPG, que sempre estiveram dispostas em me ajudar quando eu precisava.

RESUMO

As atitudes afetivas dos professores podem ter um impacto positivo ou negativo na aprendizagem dos alunos. Assim sendo, é uma boa prática considerá-las na concepção de agentes pedagógicos animados. De acordo com o número de publicações nessa área a partir de 2014, o interesse pelos agentes animados com dimensões afetivas tem aumentado consideravelmente nos últimos anos. Entretanto, não houve uma comparação dos efeitos de agentes pedagógicos animados com atitudes opostas (como amigável e direta, por exemplo) e neutras (sem emoções). Dessa maneira, o objetivo deste trabalho é verificar o impacto das atitudes dos agentes pedagógicos animados nos alunos em relação à aprendizagem, engajamento, emoções e estado de ansiedade. Para alcançar este objetivo, uma agente com as atitudes amigável, direta e neutra foi desenvolvida e integrada ao Sistema Tutor Inteligente PAT2Math. Esse sistema foi utilizado em uma avaliação experimental envolvendo 71 alunos do sétimo ano do ensino fundamental, os quais foram distribuídos em três grupos, um para cada atitude da agente. Os resultados indicaram que os alunos do grupo da agente amigável apresentaram um maior engajamento e ganho de aprendizado. Também houve uma maior intensidade de emoções positivas nos alunos que utilizaram as agentes amigável e direta. Além disso, foi identificada uma redução na ansiedade dos alunos do grupo da agente neutra e dos estudantes que utilizaram a agente amigável na primeira etapa do experimento. Entretanto, não foram identificadas diferenças com significância estatística na maioria das comparações, possivelmente por causa do pequeno tamanho da amostra.

Palavras-chave: Agente Pedagógico Animado. Computação Afetiva. Atitudes. Amigável. Direta. Neutra. Sistema Tutor Inteligente.

ABSTRACT

The affective attitudes of teachers can have a positive or negative impact on students' learning. Therefore, it is a good practice to consider them when designing animated pedagogical agents. According to the number of publications in this area since 2014, the interest in animated agents with affective dimensions has increased considerably in recent years. However, there was no comparison of the effects of animated pedagogical agents with opposite attitudes (such as friendly and direct, for example) and neutral (without emotions). Thus, the objective of this work is to verify the impact of the animated pedagogical agents attitudes on students in relation to learning, engagement, emotions and state of anxiety. To achieve this goal, an agent with friendly, direct and neutral attitudes was developed and integrated with the PAT2Math Intelligent Tutor System. This system was used in an experimental evaluation involving 71 students of the seventh grade of elementary school, which were distributed in three groups, one for each agent's attitude. The results indicated that the students in the friendly agent group showed greater engagement and learning gain. There was also a greater intensity of positive emotions in students who used friendly and direct agents. In addition, a reduction in anxiety was identified for students in the neutral agent group and for students who used the friendly agent in the first stage of the experiment. However, no statistically significant differences were identified in most comparisons, possibly due to the small sample size.

Keywords: Animated Pedagogical Agent. Affective Computing. Attitudes. Friendly. Direct. Neutral. Intelligent Tutoring System.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	Interface gráfica do PAT2Math	22
Figura 2:	Seleção de artigos por ano	31
Figura 3:	Trabalhos classificados de acordo com o contexto e nível educacional	35
Figura 4:	Relações afetivas dos agentes pedagógicos animados com os alunos	36
Figura 5:	Tipos de ambientes de aprendizagem utilizados pelos trabalhos	36
Figura 6:	Perfis dos participantes nas avaliações	37
Figura 7:	Mapa de distribuição dos trabalhos	42
Figura 8:	Exemplo de um Balão de Texto Implementado pelo <i>Framework Divalite</i>	49
Figura 9:	Exemplo de um Texto na Parte Inferior da Página	49
Figura 10:	Desenho do Experimento	57
Figura 11:	Opiniões Sobre a Janet na Primeira Parte do Experimento	60
Figura 12:	Opiniões Sobre a Janet na Segunda Parte do Experimento	60
Figura 13:	Variação das Respostas Sobre a Satisfação Geral com a Janet	61
Figura 14:	Variação da Quantidade de Equações Resolvidas	62
Figura 15:	Variação do Número de Vezes que a Janet Foi Desativada	62
Figura 16:	Resultados dos Testes de Conhecimento	65
Figura 17:	Variação de Ganhos de Aprendizado	65
Figura 18:	Satisfação Geral com a Janet e Conhecimento Prévio	67
Figura 19:	Intensidade de Emoções Positivas e Negativas	68
Figura 20:	Variação da Intensidade de Emoções Positivas e Negativas na Primeira Parte do Experimento	68
Figura 21:	Variação da Intensidade de Emoções Positivas e Negativas na Segunda Parte do Experimento	68
Figura 22:	Médias dos Estados de Ansiedade nas Duas Etapas do Experimento	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1:	Combinações de palavras-chave para as pesquisas de artigos	31
Tabela 2:	Artigos selecionados	32
Tabela 3:	Artigos rejeitados	34
Tabela 4:	Construtos, objetivos, hipóteses e ferramentas dos trabalhos	40
Tabela 5:	Perfis das amostras e durações dos experimentos	41
Tabela 6:	Desenhos dos experimentos e resultados	47
Tabela 7:	Comparação das Três Versões da Janet	50
Tabela 8:	Comparação das Falas da Janet com as Atitudes Amigável e Direta	52
Tabela 9:	Lista de Planos de Aula Elaborados Para o Experimento	54
Tabela 10:	Principais Opiniões dos Alunos Sobre a Janet	61
Tabela 11:	<i>Logs</i> dos Usuários no Sistema	62
Tabela 12:	Teste de <i>Wilcoxon</i> Sobre os Resultados das Perguntas com Significância Estatística	63
Tabela 13:	Tamanho do Efeito <i>d de Cohen</i> dos Resultados das Perguntas com Significância Estatística	63
Tabela 14:	Teste de <i>Wilcoxon</i> e Tamanho do Efeito <i>d de Cohen</i> do Número de Vezes que a Janet foi Desativada	64

LISTA DE SIGLAS

APA	Agente Pedagógico Animado
STI	Sistema Tutor Inteligente
PAT2Math	<i>Personal Affective Tutor to Math</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Objetivos e Hipóteses de Pesquisa	14
1.2	Organização do Documento	16
2	SISTEMAS TUTORES INTELIGENTES	17
2.1	Arquitetura	17
2.1.1	Modelo do Aluno	17
2.1.2	Modelo de Domínio	18
2.2	Funcionamento	18
2.2.1	<i>Outer Loop</i>	19
2.2.2	<i>Inner Loop</i>	19
2.3	PAT2Math: Personal Affective Tutor to Math	20
2.3.1	Planos de Aula	20
2.3.2	Recursos	21
2.3.3	Interface do Usuário	21
3	AGENTES PEDAGÓGICOS ANIMADOS	23
3.1	Demonstrações Interativas	23
3.2	Orientação de Navegação	24
3.3	Olhar e Gestos como Guias de Atenção	24
3.4	<i>Feedback</i> Não-Verbal	24
3.5	Sinais de Conversação	25
3.6	Emoções	25
3.7	Colegas Virtuais	26
3.8	Interações Pedagógicas Adaptativas	26
4	COMPUTAÇÃO AFETIVA	27
4.1	Emoção	27
4.1.1	Instrumentos de Mensuração	27
4.2	Postura Interpessoal x Atitude	28
4.3	Ansiedade	29
5	TRABALHOS RELACIONADOS	30
5.1	O Processo do Mapeamento Sistemático	30
5.2	Resultados	35
5.2.1	(QP ₁) Contextos e Níveis Educacionais	35
5.2.2	(QP ₂) Relações Afetivas dos Agentes com os Usuários	35
5.2.3	(QP ₃) Tipos de Ambientes de Aprendizagem	36
5.2.4	(QP ₄) Métodos de Pesquisa e Tipos de Dados	37
5.2.5	(QP ₅) Perfis dos Participantes	37
5.2.6	(QP ₆) Variáveis Dependentes e Resultados	42
5.2.7	(QP ₇) Detecção ou Regulação dos Estados Afetivos dos Usuários	42
5.3	Discussão dos Resultados	43
5.4	Ameaças à Validade	44
5.5	Diferenciais do Trabalho Desenvolvido	44

6	TRABALHO DESENVOLVIDO	48
6.1	Agente Pedagógico Animado	48
6.1.1	Atitudes	50
6.2	Sistema de Ajuda e <i>Feedback</i>	53
6.3	Roteiro de Exercícios	53
7	AVALIAÇÃO: MÉTODO	55
7.1	Participantes	55
7.2	Materiais	55
7.2.1	Testes de Conhecimento	55
7.2.2	<i>Logs</i> dos usuários no sistema	55
7.2.3	Questionários	56
7.3	Procedimentos	56
8	RESULTADOS E DISCUSSÕES	59
8.1	Questionário de Engajamento e <i>Logs</i> no Sistema	59
8.1.1	Análise estatística	62
8.2	Desempenho nos Testes de Conhecimento	64
8.2.1	Análise estatística	65
8.3	Relações Entre o Conhecimento Prévio dos Alunos e a Aceitação da Agente	66
8.3.1	Análise estatística	66
8.4	Questionário IDATE-E: Emoções	67
8.4.1	Análise estatística	69
8.5	Questionário IDATE-E: Estado de Ansiedade	69
8.5.1	Análise estatística	70
8.6	Limitações do experimento	70
9	CONCLUSÃO	72
9.1	Ameaças à Validade dos Resultados	73
9.2	Trabalhos Futuros	74
	REFERÊNCIAS	75
	APÊNDICE A QUESTIONÁRIOS	81
	APÊNDICE B ARTIGOS PUBLICADOS	82
	APÊNDICE C ARTIGOS SUBMETIDOS	83

1 INTRODUÇÃO

Uma boa comunicação entre o professor e o aluno é fundamental para que ocorra aprendizagem, seja presencial ou à distância. (MORREALE; PEARSON, 2008). Esse princípio também é válido para os Sistemas Tutores Inteligentes, que geralmente se comunicam com o estudante através de texto e/ou áudio. No entanto, os alunos podem sentir falta da presença do professor, de maneira que a comunicação não seja tão eficaz como em uma aula presencial. Os Agentes Pedagógicos Animados (APAs) podem ajudar a minimizar este problema, trazendo uma representação virtual do professor que pode se comunicar com o estudante pela fala, gestos e expressões faciais humanas. (JAQUES; VICARI, 2005).

Estudos mostraram que os APAs se tornam mais eficientes quando estabelecem uma relação afetiva com os seus alunos como se fossem um tutor humano, fazendo com que eles aprendam mais. (JAQUES; LEHMANN; JAQUES, 2008; WANG et al., 2010; KARACORA et al., 2012). Esse tema é de interesse dos pesquisadores da área de Computação Afetiva, que estuda e desenvolve sistemas computacionais que podem reconhecer, interpretar, processar e simular afetos humanos. (PICARD, 2000). Ainda segundo a autora, a máquina consegue interpretar o estado emocional dos seres humanos e adaptar o seu comportamento a eles, dando uma resposta mais apropriada a essas emoções.

Segundo Scherer (2005), a postura afetiva adotada por um indivíduo em relação ao outro em uma determinada situação é denominada postura interpessoal. Entretanto, no contexto dos Agentes Pedagógicos Animados, essa é a definição de atitude (FERGUSON, 1992). Como este trabalho está na área dos APAs, o termo atitude foi utilizado ao invés de postura interpessoal.

Existem uma série de trabalhos que buscaram verificar a eficiência de APAs com atitudes empática, polida, rude e com *rapport*¹ no aumento da aprendizagem e engajamento dos alunos (JUCKS; LINNEMANN; BRUMMERNHENRICH, 2018; HASTIE et al., 2016; KRÄMER et al., 2016), e alguns estudos também analisaram o impacto desses agentes nos estados afetivos dos alunos. (MORIDIS; ECONOMIDES, 2012; WANG et al., 2010). Entretanto, não houve uma comparação dos efeitos de agentes pedagógicos animados com atitudes opostas (como a educação e a rudeza, por exemplo) e neutras (sem emoções). Nesse contexto, o objetivo geral deste trabalho é verificar o impacto das atitudes dos agentes pedagógicos animados nos alunos em relação à aprendizagem, engajamento, emoções e estado de ansiedade. Também foi verificado se os alunos que gostaram mais da agente apresentaram um melhor desempenho na matéria do que os demais estudantes.

Para alcançar esses objetivos, uma agente pedagógica animada com atitudes (podendo ser amigável, direta ou neutra) foi desenvolvida e integrada ao STI PAT2Math para fins de avaliação. O sistema foi utilizado por 71 alunos do sétimo do ensino fundamental durante 10 semanas.

¹Este termo em inglês é empregado na área da psicologia para definir uma relação de sincronia e empatia entre duas ou mais pessoas. Ele não possui uma tradução específica para o português; a palavra em português que mais se aproxima do significado da original em inglês é "sintonia".

Os alunos foram distribuídos aleatoriamente em três grupos, sendo um grupo para cada atitude da agente. Os detalhes da avaliação estão descritos no capítulo 7 e a análise dos resultados está disponível no capítulo 8.

O PAT2Math é um Sistema Tutor Inteligente baseado em passos que assiste os estudantes a resolverem equações algébricas de primeiro grau com uma incógnita. (JAQUES et al., 2013). Ele fornece um *feedback* mínimo para cada um dos passos resolvidos, e uma mensagem de ajuda em caso de erro. Os alunos também podem pedir ajuda caso não saibam como prosseguir na resolução da equação.

Os Sistemas Tutores Inteligentes (STIs) são programas computacionais destinados a auxiliar os alunos no processo de ensino-aprendizagem, utilizando técnicas de inteligência artificial e teorias pedagógicas para adaptar-se às características desses estudantes, proporcionando assim um aprendizado individualizado. (JAQUES, 2007; VANLEHN, 2006; WOOLF, 2010). Os STIs baseiam-se na estratégia de ensino dos professores particulares², e têm se mostrado quase tão efetivos quanto à instrução individualizada (JAQUES; VICARI, 2007; VANLEHN, 2011).

1.1 Objetivos e Hipóteses de Pesquisa

Foram elaborados cinco grupos de hipóteses para satisfazer aos objetivos de analisar o impacto das atitudes dos agentes pedagógicos animados nos alunos em relação à aprendizagem, engajamento, emoções e estado de ansiedade, além de verificar se os alunos que gostaram mais da agente apresentaram um melhor desempenho na matéria do que os demais estudantes.

H₁: Uma agente com atitudes é mais engajadora do que uma agente sem atitudes e o engajamento é maior para atitudes mais amigáveis da agente.

H_{1.1}: Alunos que interagem com a agente amigável são mais engajados do que os alunos que interagem com as agentes direta e neutra.

H_{1.2}: Alunos que interagem com a agente direta são mais engajados do que os alunos que interagem com a agente neutra.

H₂: Uma agente com atitudes é mais eficiente para promover aprendizagem do que uma agente sem atitudes e a aprendizagem é maior para atitudes mais amigáveis da agente.

H_{2.1}: Alunos que interagem com a agente amigável obtêm um melhor desempenho do que os alunos que interagem com as agentes direta e neutra.

H_{2.2}: Alunos que interagem com a agente direta obtêm um melhor desempenho do que os alunos que interagem com a agente neutra.

H₃: Uma agente com atitudes é mais aceita pelos alunos do que uma agente sem atitudes e o conhecimento prévio dos alunos interfere na aceitação da agente

H_{3.1}: A agente amigável possui uma melhor aceitação pelos alunos com um menor conhecimento prévio na matéria.

²O termo "particular" é usado nesse artigo para se referir aos professores que dão aulas individuais, ou seja, que estão envolvidos em uma instrução um professor para um aluno, ou, *one-to-one instruction* em inglês. Nesse artigo ele não se refere a professores que trabalham em instituições de ensino particulares.

H_{3.2}: A agente direta possui uma melhor aceitação pelos alunos com um maior conhecimento prévio na matéria.

H₄: Uma agente com atitudes possui uma maior influência nas emoções dos alunos do que uma agente sem atitudes e a influência é mais positiva para atitudes mais amigáveis da agente

H_{4.1}: A agente amigável promove mais emoções positivas nos alunos em relação às agentes direta e neutra.

H_{4.2}: A agente direta promove menos emoções positivas nos alunos em relação às agentes amigável e neutra.

H₅: Uma agente com atitudes possui uma maior influência no estado de ansiedade dos alunos do que uma agente sem atitudes e a influência é mais positiva para atitudes mais amigáveis da agente.

H_{5.1}: A agente amigável é mais eficaz para reduzir a ansiedade dos alunos em relação às agentes direta e neutra.

H_{5.2}: A agente direta é menos eficaz para reduzir a ansiedade dos alunos em relação às agentes amigável e neutra.

Segundo as hipóteses 1.1 e 2.1, alunos que interagem com a agente amigável são mais engajados e conseguem um melhor desempenho do que os alunos que interagem com a agente direta e neutra. Elas são justificadas a partir do Efeito Pigmeleão: as boas expectativas que os professores amigáveis criam para os seus alunos os ajudam a ter uma melhor motivação e desempenho. (ROSENTHAL; JACOBSON, 1968).

As hipóteses 1.2 e 2.2 afirmam que a agente direta é mais eficaz do que a agente neutra para aumentar o engajamento e o desempenho dos alunos. A justificativa dessas hipóteses é baseada no Efeito *Persona*: a presença de um personagem mais realista e humano tem um grande efeito positivo na aprendizagem e engajamento dos alunos. (LESTER et al., 1997).

De acordo com a hipótese 3, o conhecimento prévio do aluno interfere na aceitação da personalidade e atitude da agente. Assim sendo, a hipótese 3.1. sugere que os alunos com um menor conhecimento prévio na matéria aceitarão mais a agente amigável. Por outro lado, os alunos que possuem um maior conhecimento prévio aceitarão mais a agente direta (hipótese 3.2). Essas hipóteses foram baseadas nos resultados encontrados na revisão sistemática da literatura descrita no capítulo 5. Nos trabalhos que consideraram o conhecimento prévio dos alunos, os agentes diretos foram mais bem aceitos do que os agentes amigáveis pelos estudantes que tinham um maior conhecimento prévio na matéria. Segundo os autores, é mais provável que os alunos com maior conhecimento se envolvam naturalmente no processo cognitivo durante o aprendizado, em virtude de terem acesso a conhecimentos prévios relevantes que podem ser usados para integrar e organizar as informações recebidas. Assim, os recursos adicionais dos agentes amigáveis podem não ser necessários e, em alguns casos, os alunos podem considerar o texto gentil como irritante. Por outro lado, os alunos com menor conhecimento têm maior probabilidade de responder à abordagem de engajamento social do tutor e se envolvem mais profundamente no processamento de baixo nível do material recebido.

Por último, as hipóteses 4 e 5 sugerem que as atitudes da agente interferem nos sentimentos pessoais e no estado de ansiedade dos alunos, sendo que a agente amigável promove efeitos mais positivos em relação às agentes direta e a neutra. Segundo a pesquisa de Rosário e Soares (2003), as atitudes dos professores impactam nas emoções e nos estados de ansiedade dos alunos. Os professores mais amigáveis que utilizam metodologias de avaliação flexíveis e que incentivam os alunos promovem emoções mais positivas, inclusive nos alunos mais ansiosos.

1.2 Organização do Documento

Este documento está organizado em capítulos, e cada um deles possui um assunto específico. Os capítulos 3 ao 2 correspondem ao referencial teórico, que apresentam as definições e características dos seguintes conceitos: Sistemas Tutores Inteligentes, Agentes Pedagógicos Animados e Computação Afetiva. O capítulo 5 apresenta o atual estado da arte dos Agentes Pedagógicos Animados com atitudes que estabelecem relações de empatia, polidez, rudeza e *rapport* com os seus alunos. Nos capítulos 6 e 7 estão descritos os detalhes do trabalho desenvolvido e do método de pesquisa utilizado na avaliação. Os resultados obtidos na avaliação experimental estão descritos em detalhes no capítulo 8 e o capítulo 9 apresenta as conclusões, ameaças à validade dos resultados deste estudo e ideias para trabalhos futuros.

2 SISTEMAS TUTORES INTELIGENTES

Os Sistemas Tutores Inteligentes são programas computacionais que oferecem um ensino individualizado para os seus usuários, a partir de suas técnicas de inteligência artificial. (NWANA, 1990; KULIK; FLETCHER, 2016). Eles sabem o que ensinar, como ensinar e para quem ensinar, e são capazes de avaliar o conhecimento do aluno e seus estados afetivos com base em suas ações na interface do sistema.

Os STIs têm como objetivo adaptar a instrução, a seleção de problemas e a assistência da forma mais adequada, e tentam imitar a estratégia de aprendizagem de professores particulares. (VANLEHN, 2006; NWANA, 1990; JAQUES, 2007; WENGER, 2014). Os tutores inteligentes estão chegando cada vez mais próximos da eficiência dos tutores humanos, e possivelmente estarão no mesmo nível em um futuro próximo. (VANLEHN, 2011; MA et al., 2014). Isso será um passo muito importante para a educação, uma vez que a tutoria individual se torna mais eficiente do que as aulas em grupo. (BLOOM; KRATHWOHL; MASIA, 1984).

2.1 Arquitetura

Os Sistemas Tutores Inteligentes variam muito em relação à sua arquitetura, e é raro encontrar dois STIs baseados na mesma arquitetura. (NWANA, 1990). Por sua vez, existem pelo menos dois componentes básicos que todo STI deve ter – o modelo do aluno e o modelo de domínio – os quais estão descritos nas duas subseções a seguir. (WOOLF, 2010; NWANA, 1990; SELF, 1988).

2.1.1 Modelo do Aluno

Nenhuma tutoria inteligente pode acontecer sem a compreensão do aluno. Assim sendo, o modelo de aluno refere-se à representação dinâmica do progresso do conhecimento e das habilidades do estudante. Idealmente, este modelo deve incluir todos os aspectos do comportamento e do conhecimento do aluno que tenham possíveis repercussões em seu desempenho e aprendizado.

A construção de um modelo tão completo não é trivial e, provavelmente, impossível, considerando que o canal de comunicação entre o sistema e o aluno normalmente é o teclado. (NWANA, 1990). Os tutores humanos normalmente combinariam dados de uma variedade de outras fontes, como efeitos de voz expressões faciais. Entretanto, nos dias de hoje, a maioria dos dispositivos são dotados de mais recursos, tais como o microfone, que pode detectar a voz do aluno, e a câmera, que pode reconhecer os gestos faciais. (LITMAN; SILLIMAN, 2004). Além disso, as telas sensíveis ao toque são capazes de reconhecer escritas e desenhos à mão, que em determinados tutores inteligentes é uma função muito útil. (MORAIS; JAQUES, 2017). A partir desses canais de comunicação, em conjunto com o teclado, o modelo de aluno poderá

sim ficar mais completo.

As funções dos modelos de aluno podem geralmente ser classificadas em seis categorias (SELF, 1988):

1. **Corretiva:** ajuda o aluno com a suas dificuldades;
2. **Elaborativa:** auxilia a melhorar o conhecimento “incompleto” do estudante, isto é, quando ele somente aprendeu uma parte do conteúdo em questão;
3. **Estratégica:** ajuda a iniciar mudanças significativas na estratégia do tutor, além das decisões táticas conferidas anteriormente;
4. **Diagnóstico:** auxilia a diagnosticar os erros no conhecimento do aluno;
5. **Preditiva:** ajuda a determinar a resposta provável do aluno às ações do tutor;
6. **Avaliativa:** auxilia a avaliar o estudante ou o Sistema Tutor Inteligente.

Entretanto, a lista anterior está longe de ser abrangente, uma vez que o modelo do aluno poderia cumprir uma função dupla: atuar como fonte de informação sobre o aluno e representar o seu conhecimento. (WENGER, 2014).

2.1.2 Modelo de Domínio

Um domínio geralmente se refere a uma área de estudo, como a álgebra ou a física introdutória, e o objetivo da maioria dos STIs é ensinar uma parte desse domínio. Os domínios diferem em relação a sua complexidade, passando de simples – claramente definidos – para conectados e complexos. Geralmente os tutores inteligentes têm como foco os domínios bem definidos, como a geometria e geografia, do que os menos definidos, como a lei, design e composição musical.

Os modelos de domínio são representações qualitativas do conhecimento especializado em um domínio específico. Eles podem representar os fatos, procedimentos ou métodos que os especialistas usam na realização de tarefas ou na resolução de problemas. A construção do modelo de domínio é geralmente o primeiro passo para representar o conhecimento do aluno, o qual pode representar o mesmo conhecimento que o modelo e resolver os mesmos problemas.

2.2 Funcionamento

O funcionamento geral dos Sistemas Tutores Inteligentes pode ser de dois tipos: baseado em passos (*step-based*) e que oferecem suporte apenas para a resposta final. (VANLEHN, 2011, 2016). No caso dos tutores *step-based*, eles fornecem assistência para cada um dos passos do problema que está sendo resolvido pelo aluno, através de *feedbacks* e dicas (conforme será

conferido mais adiante). Por outro lado, os demais STIs oferecem *feedbacks* apenas para a resposta final, e fornecem dicas gerais para chegar até ela.

Os *feedbacks* e dicas são somente uma parte do funcionamento do laço interno de um STI, o qual está relacionado às etapas internas de uma tarefa. Os tutores também contam com um laço externo, que por sua vez relaciona-se com a própria tarefa. As subseções abaixo descrevem em detalhes estes dois termos.

2.2.1 *Outer Loop*

O *Outer Loop* (laço externo, em tradução livre) é responsável por apresentar a tarefa ao aluno e, principalmente, decidir qual atividade ele deverá fazer em seguida. (VANLEHN, 2016). Para tanto, o laço externo deve oferecer um conjunto rico de tarefas e selecionar uma delas de forma inteligente. Existem quatro métodos comuns para a seleção de tarefas:

- O aluno seleciona a tarefa desejada a partir de um menu;
- O tutor atribui tarefas em uma sequência predeterminada;
- O tutor atribui tarefas do conjunto de uma unidade até que o aluno tenha dominado o conhecimento ensinado por ela (procedimento denominado como Aprendizagem por Maestria);
- O tutor rastreia traços, incluindo características não intercambiáveis (como os estilos de aprendizado) e características de mudança (como os componentes de conhecimento corretos e incorretos). O STI escolhe uma tarefa baseada na combinação entre as características da tarefa e do aluno (procedimento denominado como Aprendizagem Macro-Adaptativa).

2.2.2 *Inner Loop*

Enquanto o laço externo está relacionado às tarefas propriamente ditas, o *Inner Loop* (laço interno em tradução para o português) atua sobre as suas etapas internas. (VANLEHN, 2016). De forma geral, os Sistemas Tutores Inteligentes fornecem os seguintes tipos de assistência na resolução de problemas:

- **Feedback mínimo:** informa ao aluno se o passo fornecido está certo ou errado. Caso o passo esteja incorreto, o estudante também receberá um *feedback* de erro;
- **Feedback de erro:** mostra ao aluno o que ele errou e fornece uma dica para corrigir o erro;
- **Dica ou mensagem de ajuda:** ajuda o estudante a prosseguir para o próximo passo ou chegar à resposta final do exercício. Geralmente as dicas podem ser solicitadas manu-

almente pelo aluno, ou também fornecidas pelo sistema de forma automática quando necessário (como por exemplo se o aluno está demorando muito para responder);

- **Avaliação do conhecimento:** determina quais são os conhecimentos do aluno com base em sua utilização do sistema;
- **Revisão da solução:** informa ao aluno se a sua resposta final está certa ou errada. Caso esteja incorreta, fornece um *feedback* de erro em seguida.

2.3 PAT2Math: Personal Affective Tutor to Math

O PAT2Math é um Sistema Tutor Inteligente baseado em passos que tem como objetivo auxiliar os alunos na resolução de equações de primeiro grau com uma incógnita. (JAQUES, 2007). Ele foi desenvolvido a partir de um sistema WEB, onde os estudantes têm acesso à uma série de equações que podem ser resolvidas passo-a-passo com a assistência do tutor. O PAT2Math conta com um sistema especialista que consegue resolver qualquer equação e, através de sua inteligência artificial, é capaz de se adaptar ao aluno para oferecer uma assistência personalizada. (JAQUES et al., 2013).

2.3.1 Planos de Aula

As equações estão distribuídas em planos de aula, que as classifica de acordo com o nível de dificuldade. Esses níveis estão classificados em ordem crescente, sendo o primeiro plano de aula o mais simples (com equações no formato $x + b = c$, onde b e c são constantes) e o último é o mais complexo, envolvendo números fracionários e a propriedade distributiva. Os alunos devem resolver todas as equações de um plano para liberar o próximo.

Os planos de aula podem ser de dois tipos: de conteúdo ou de revisão. Os planos de conteúdo contêm equações semelhantes, isto é, que contam com as mesmas operações matemáticas e estão classificadas no mesmo nível de dificuldade. Esses planos possuem de 5 a 10 equações, dependendo de sua complexidade. Planos de aula mais fáceis possuem um menor número de equações (5 ou 6), e os mais complexos possuem 10 equações. Esta estrutura parte do pressuposto que os alunos demoram um pouco mais para aprender conteúdo mais complexos, sendo necessária uma prática de exercícios mais extensa.

Os planos de revisão possuem equações que envolvem conteúdos já estudados anteriormente, que têm como objetivo reforçar o aprendizado do estudante. Estes planos possuem entre 10 e 20 equações, dependendo da quantidade de conteúdos revisados e de suas complexidades.

2.3.2 Recursos

Os alunos podem resolver as equações de forma passo-a-passo, como fariam no caderno, ou colocando direto a resposta final. Para cada um dos passos resolvidos (incluindo a resposta final), o sistema retorna um *feedback* mínimo de certo ou errado, e caso o passo esteja incorreto exibe uma mensagem de ajuda (chamada de dica no programa) para o aluno corrigir o erro. Os usuários também podem solicitar dicas manualmente se não souberem como prosseguir em um determinado passo da equação atual.

Além do suporte completo para resolução de equações, o PAT2Math também conta com exemplos trabalhados em cada um dos planos de aula, que são exibidos na primeira vez que o aluno acessa um plano. Segundo Atkinson et al. (2000), os exemplos trabalhados fornecem uma solução interativa e passo-a-passo de um problema para o aluno. No caso do PAT2Math, o problema em questão são as equações, e os exemplos trabalhados mostram suas resoluções passo-a-passo com mensagens explicativas e animações para cada um deles.

2.3.3 Interface do Usuário

A Figura 1 mostra a interface gráfica do PAT2Math, com uma descrição para cada um dos seus elementos. Os alunos passam a maior parte do tempo no centro da interface, que contém o caderno onde as equações são resolvidas e um painel de progresso à sua direita. Neste painel, o estudante pode conferir a sua pontuação na equação atual, quantas equações foram resolvidas no plano em aberto e quantas estão pendentes, e também pode pedir ajuda clicando no botão de dica. Um pouco abaixo do painel de progresso, o aluno tem acesso aos botões que levam às páginas de ajuda do sistema e a um formulário para reportar problemas de software. O *feedback* mínimo é mostrado à direita do passo resolvido pelo estudante, e as dicas e *feedbacks* de erro são exibidos no topo do caderno. Finalmente, na parte esquerda da interface, os alunos têm acesso ao menu de planos de aula e suas equações.

2.3.3.1 Módulo do Aluno

O Módulo do Aluno no PAT2Math é responsável por armazenar as informações do aluno, que inclui todas as interações dele com o sistema. Estas interações podem ser as seguintes:

- **Cadastro no PAT2Math:** nome completo, e-mail e senha;
- **Resolução de um passo de uma equação:** passo fornecido pelo aluno, operações matemáticas aplicadas, *feedback* mínimo e *feedback* de erro (se aplicável);
- **Resolução de uma equação:** horários de início e conclusão da resolução;

- **Solicitação de ajuda:** número de dicas solicitadas e passo anterior (se o aluno já tiver começado a resolução).

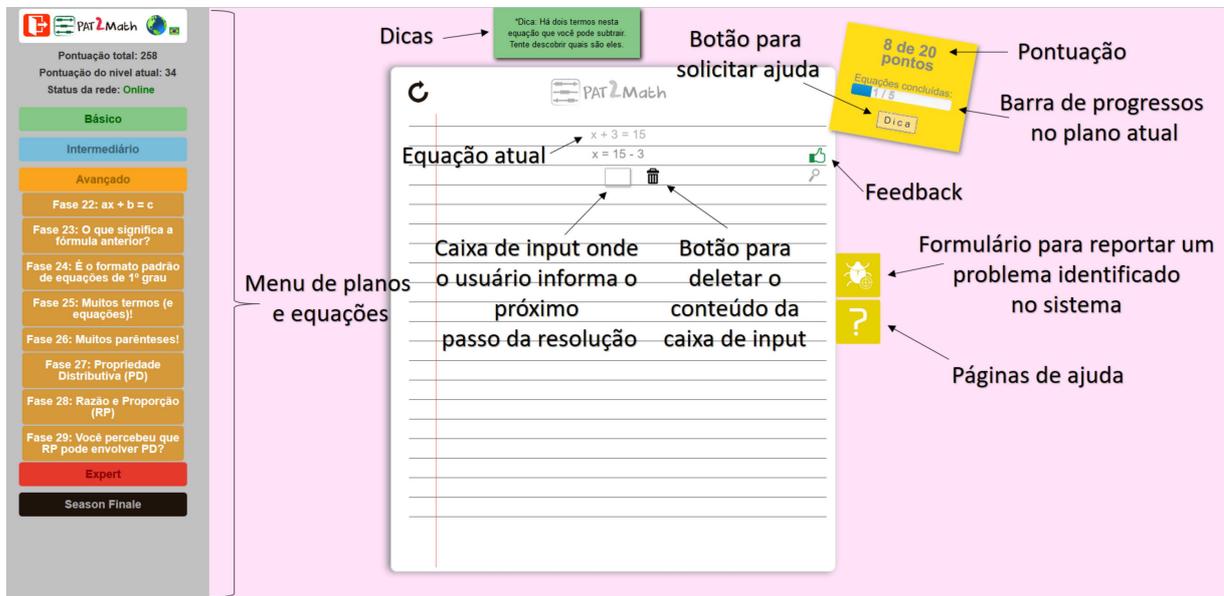


Figura 1: Interface gráfica do PAT2Math

A partir dessas informações, uma rede *bayesiana* calcula uma estimativa dos conhecimentos do estudante, que será analisada pelo sistema. (SEFFRIN et al., 2016). Após a análise, o tutor torna-se capaz de inferir o nível de complexidade dos próximos exercícios que o aluno deverá resolver.

3 AGENTES PEDAGÓGICOS ANIMADOS

Os agentes pedagógicos animados são uma entidade de software que possuem um papel pedagógico de melhorar a experiência de aprendizagem do aluno, e são representados por um personagem animado com características semelhantes às dos seres vivos inteligentes. (JAQUES, 2007; GIRARD et al., 2013). Eles podem ser guiados por objetivos (tutores, mentores e assistentes) ou pela sua utilidade no ambiente (realizam tarefas auxiliares ligadas às atividades pedagógicas, tais como agendar reuniões de grupos e lembrar de atividades a serem entregues). (GIRAFFA, 1999; WILGES; LUCAS; SILVEIRA, 2004).

A utilização de um agente pedagógico animado pode melhorar consideravelmente as experiências de aprendizagem dos alunos, caracterizando o “efeito persona”. (LESTER et al., 1997; SCHROEDER; ADESOPE; GILBERT, 2013). Os agentes estimulam a imaginação dos estudantes, aumentando a sua motivação e engajamento para realizar as atividades propostas. (TOWNS et al., 1998; MEIJ; MEIJ; HARMSEN, 2015; GUO; GOH, 2015).

Os APAs podem ter as mais variadas características e funcionalidades, porém existem algumas propriedades essenciais: eles devem ser capazes de se adaptar ao ambiente e, principalmente, contar com habilidades sociais para interagir e comunicar-se com os usuários. (LESTER et al., 1997). Geralmente, os APAs se comunicam com os alunos a partir de texto e gestos; porém, eles também podem utilizar formas mais completas de conversação, tais como a fala e expressões faciais humanas. (JAQUES; VICARI, 2005).

Existem oito funcionalidades principais dos agentes pedagógicos animados, que fornecem novos tipos de interação humano-computador em ambientes de aprendizagem. (JOHNSON et al., 2000). Segundo esses autores, cada tipo de interação pode ser utilizada de forma individual para aprimorar um ambiente de aprendizagem, e diferentes combinações serão úteis para diferentes plataformas de ensino.

3.1 Demonstrações Interativas

Uma simulação do ambiente de trabalho real de um aluno em conjunto com um agente animado que habita o mundo virtual oferece novas oportunidades para ensinar o estudante a executar tarefas. Possivelmente a maior vantagem seria a possibilidade de o agente demonstrar tarefas físicas, como operação e reparo de equipamentos. Uma demonstração interativa dada por um APA oferece muitas vantagens em relação a mostrar aos alunos um vídeo, uma vez que eles são livres para se movimentar no ambiente e conferir a demonstração a partir de diferentes perspectivas. Além disso, podem interromper com perguntas ou até mesmo pedir para concluir a tarefa, caso em que o agente irá monitorar o desempenho do aluno e fornecer assistência.

A utilidade de demonstrações não se restringe ao ensino de tarefas físicas: os agentes também podem demonstrar procedimentos excetuados por dispositivos complexos assumindo o papel de um ator em um processo virtual. Por exemplo, o agente Whizlow (LESTER et al.,

1999) demonstra os procedimentos computacionais para ensinar aos novatos os fundamentos da arquitetura e organização de computadores. À medida que ele transporta pacotes de dados e os endereça para a CPU, memória RAM e HD, o agente ensina aos alunos como os algoritmos de busca e execução funcionam.

3.2 Orientação de Navegação

Quando o ambiente de trabalho do aluno é grande e complexo (um navio, por exemplo), a principal vantagem de um modelo virtual é ensinar a ele onde estão as coisas e como se locomover. Nesse contexto, os APAs são excelentes guias de navegação, levando os estudantes ao redor e evitando que se percam.

Ao permitir que os alunos participem de experiências imersivas, os ambientes de aprendizagem 3D com guias de navegação podem auxiliar os alunos a desenvolver modelos especiais dos assuntos, mesmo que esses ambientes apresentem mundos que o aluno nunca ocupará. Por exemplo, o ambiente CPU *City Environment* (LESTER et al., 1999) mostra um computador virtual que o aluno pode viajar e interagir para entender o funcionamento do mesmo.

Um guia de navegação animado também pode ser útil em ambientes com duas dimensões. O CAETI *Center Associate* (MURRAY, 1997) serve como um guia baseado na *Web* para uma grande coleção de projetos de sistemas tutores inteligentes. Quando um usuário entra no mundo, o guia do CAETI entrevista o aluno para construir um itinerário personalizado. Em seguida, o guia acompanha o estudante nos projetos baseados em seu interesse.

3.3 Olhar e Gestos como Guias de Atenção

Devido ao avanço da tecnologia gráfica, os ambientes de aprendizagem utilizam cada vez mais os recursos visuais. Esses recursos variam de simples mapas ou gráficos para simulações em três dimensões. Para chamar a atenção dos alunos para uma região específica da interface gráfica, os sistemas de tutoria utilizam diversos recursos, como setas e destaques por cores. Um agente animado, por sua vez, pode guiar a atenção do aluno com os métodos mais comuns e naturais: olhar e gestos.

Os APAs podem olhar, gesticular e se locomover para criar referências específicas de contexto para objetos físicos em mundos virtuais. Da mesma forma que os seres humanos se referem a objetos em seu ambiente através de combinações de fala, locomoção e gestos, os agentes podem fazer o mesmo enquanto estão auxiliando os alunos.

3.4 Feedback Não-Verbal

Um dos principais papéis de um tutor é fornecer *feedback* sobre as ações de um aluno, conforme vimos no Capítulo 2. Além de fornecer *feedback* verbal, um agente pedagógico animado

pode usar a comunicação não-verbal para influenciar o estudante. Por exemplo: o agente Steve (JOHNSON; RICKEL, 1997) usa um aceno de aprovação para mostrar concordância com as ações de um aluno e balança a cabeça para indicar desaprovação.

A capacidade de usar *feedback* não-verbal permite que um APA ofereça graus mais variados de *feedback*. Um *feedback* através de expressões faciais pode ser mais apropriados em determinadas situações, por ser menos intrusivo do que um comentário geral. Um simples aceno de aprovação pode tranquilizar o aluno sem interrompê-lo, por exemplo. Da mesma forma, os tutores humanos muitas vezes demonstram um olhar de preocupação ou perplexidade para fazer um aluno pensar duas vezes sobre suas ações. Isso acontece nos casos em que não têm certeza se o estudante cometeu algum erro ou se não querem interrompê-lo com uma correção verbal. Por outro lado, existem situações que podem exigir um *feedback* mais exagerado do que um comentário verbal possa oferecer. Por exemplo, quando um aluno consegue resolver um problema corretamente, o agente Cosmo (CULHANE, 1990) sorri largamente e usa todo o seu corpo para aplaudir o seu sucesso.

3.5 Sinais de Conversação

Quando as pessoas estão conversando pessoalmente, elas empregam uma grande variedade de sinais não-verbais para ajudar a regular a conversa e complementar suas declarações verbais. Os APAs também são capazes de empregar esses sinais, e eles são mais efetivos em ambientes de aprendizagem que suportam o reconhecimento e saída de voz. Essa é uma das melhores maneiras para fornecer uma comunicação completa e mais fácil entre o aluno e o agente.

3.6 Emoções

A motivação é um fator-chave na aprendizagem, e as emoções desempenham um papel importante para motivar. Ao utilizar um modelo computacional de emoção, os agentes animados podem melhorar as experiências de aprendizagem de diversas maneiras (ELLIOTT, 1989; CALLEJAS et al., 2014; PECUNE et al., 2016). Primeiro, um agente que parece se preocupar com o progresso do aluno pode encorajá-lo a se importar mais com o seu próprio desempenho. Em segundo lugar, um agente emotivo pode transmitir entusiasmo pelo assunto, fazendo com que o estudante também sinta essa emoção. Por último, um APA com personalidade pode simplesmente tornar a aprendizagem mais divertida. Um aluno que gosta de interagir com um agente pode ter uma percepção mais positiva da experiência geral de aprendizagem e, conseqüentemente, pode passar mais tempo utilizando o tutor. Esse princípio faz parte da Computação Afetiva, que foi descrita no Capítulo 4.

3.7 Colegas Virtuais

Tarefas complexas geralmente exigem as ações coordenadas de vários membros da equipe. Nesse contexto, os APAs podem desempenhar dois papéis importantes: eles podem atuar como instrutores individuais para os alunos e podem substituir os membros ausentes da equipe, permitindo que os estudantes pratiquem tarefas de equipe enquanto alguns ou todos os instrutores humanos e colegas estiverem indisponíveis.

Além de servir como colegas de equipe, os agentes pedagógicos animados podem atuar de outras maneiras: Chan e Baskin (1990) desenvolveram um companheiro de aprendizagem simulado que age como um colega de aula ao invés de um professor. Dillenbourg (1996) pesquisou a interação entre alunos reais e estudantes simulados por computador como um processo social colaborativo. Frasson et al. (1996) exploraram o uso de um companheiro de aprendizado que às vezes fornece informações incorretas para chegar e melhorar a autoconfiança do aluno.

3.8 Interações Pedagógicas Adaptativas

Além dos tipos de interações descritos nas seções anteriores, os APAs devem ser capazes das mesmas habilidades pedagógicas que os outros sistemas tutores inteligentes possuem. Por exemplo, é útil para eles serem capazes de responder e fazer perguntas, explicar conteúdos e analisar os níveis de habilidades dos alunos. Um agente deve ser capaz de realizar essas funções e ao mesmo tempo responder às ações dos estudantes.

A capacidade de fornecer instrução com base na situação atual é um traço comum dos agentes pedagógicos animados. Um exemplo conhecido é o caso da agente Adele (JOHNSON et al., 2003) na área da medicina: quando o aluno seleciona um procedimento de diagnóstico para realizar no paciente virtual, Adele pode apresentar a ele vídeos que mostram como o procedimento é realizado.

4 COMPUTAÇÃO AFETIVA

A Computação Afetiva consiste em estudar e desenvolver sistemas e dispositivos que podem reconhecer, interpretar, processar e simular emoções humanas. (PICARD, 2000). É uma área de pesquisa interdisciplinar que abrange diversos outros campos além da ciência da computação, incluindo a psicologia, fisiologia, engenharia, sociologia, matemática, educação e a linguística. (DAILY et al., 2017).

Essa grande variedade de disciplinas envolvidas na Computação Afetiva é um reflexo da complexidade de descrever, compreender e simular a experiência dinâmica do sentimento humano. (DAILY et al., 2017). Dessa maneira, podemos definir que a Computação Afetiva está dividida em dois grandes ramos de pesquisa (JAQUES, 2004):

1. **Afetividade na interação humano-computador:** esses sistemas possuem a capacidade de reconhecer e expressar emoções;
2. **Simulação de emoções:** os sistemas simulam as emoções para tentar descobrir mais informações sobre as emoções nos seres humanos.

A próxima seção define as variáveis da Computação Afetiva que foram utilizadas neste trabalho – emoção, atitude e ansiedade. (ORTONY; CLORE; COLLINS, 1988; SCHERER, 2005; NUNES, 2012).

4.1 Emoção

As emoções são episódios relativamente breves de respostas sincronizadas para todos os sistemas orgânicos (ou a maioria deles), que avaliam um evento externo ou interno como sendo de grande importância. (SCHERER, 2005). Em outras palavras, elas são reações geradas pela avaliação de eventos, agentes ou objetos, com sua natureza particular sendo determinada pelo modo como a situação que provocou foi construída. (ORTONY; CLORE; COLLINS, 1988). Alguns exemplos são a felicidade, alegria e orgulho (emoções positivas), tristeza, medo e desespero (emoções negativas). Também existem emoções neutras quando estão isoladas, como é o caso da curiosidade e a surpresa.

4.1.1 Instrumentos de Mensuração

Considerando a definição anterior de emoção, não existe um método padrão único para mensurar. Seria necessário avaliar todas as alterações de componentes envolvidas para obter uma medida abrangente de uma emoção. (SCHERER, 2005). Dessa maneira, segundo o autor, seria necessário medir:

1. Mudanças contínuas nos processos de avaliação em todos os níveis do processamento do sistema nervoso central;

2. Padrões de resposta gerados nos sistemas nervosos neuroendócrino, autonômico e somático;
3. Mudanças motivacionais produzidas pelos resultados da avaliação, em particular as tendências de ação;
4. Padrões de expressão facial e vocal, bem como os movimentos do corpo
5. Natureza do estado de sentimento que reflete todas essas mudanças de componentes.

No entanto, é possível medir os componentes individuais das emoções; em muitos casos, os pesquisadores fornecem aos participantes das avaliações listas mais ou menos padronizadas de rótulos emocionais com diferentes tipos de formatos de respostas para obter informações sobre a natureza qualitativa da emoção experimentada. (SCHERER, 2005). Porém, segundo Scherer (2005), o uso de alternativas de resposta fixa possui uma série de desvantagens; a principal é a possibilidade de que uma ou mais alternativas de resposta possam "preparar" os participantes, ou seja, sugerir respostas que eles poderiam não ter escolhido de outra forma. Também pode acontecer de o participante querer responder com uma categoria que não é fornecida na lista, o que o força a selecionar a alternativa mais próxima ou a opção "outro", que acaba prejudicando a especificidade e precisão dos dados. (SCHERER, 2005). Para evitar esses problemas, Scherer (2005) sugere um formato de resposta livre, de maneira que os participantes possam responder com suas próprias palavras as emoções que eles sentiram. Entretanto, segundo o autor, essa solução implica em um novo problema: dependendo da quantidade de participantes, pode ser impossível analisar as respostas livres de maneira quantitativa e estatística, uma vez que o seu número é extremamente alto e a frequência de resposta por rótulo é muito baixa. Assim sendo, os pesquisadores geralmente classificam as respostas livres em um número mais limitado de categorias de emoções, usando noções de semelhanças de família e sinônimos. (SCHERER, 2005).

Um outro recurso que pode ser utilizado para medir emoções é a utilização de dispositivos e programas que detectam expressões faciais. (NUNES, 2012). Segundo Ekman (1994), existem seis expressões faciais universais que podem ser detectadas, as quais podem representar felicidade, tristeza, raiva, medo, surpresa e aversão.

4.2 Postura Interpessoal x Atitude

A psicologia define a postura interpessoal como uma postura afetiva adotada por um indivíduo em relação ao outro em uma situação específica. (SCHERER, 2005). Ela se desenvolve de maneira espontânea ou é estrategicamente empregada na interação com uma pessoa ou grupo, realçando a troca interpessoal nessa situação (por exemplo, ser educado, distante, frio, caloroso, etc) e normalmente são desencadeadas por eventos como encontrar uma pessoa.

No contexto dos Agentes Pedagógicos Animados, o conceito de postura interpessoal é chamado de atitude. (FERGUSON, 1992). Como este trabalho está na área dos APAs, o termo atitude foi utilizado ao invés de postura interpessoal.

4.3 Ansiedade

A ansiedade pode ser definida como uma apreensão, tensão ou medo derivado da antecipação de um perigo, cuja origem é amplamente desconhecida ou não reconhecida. (ALLEN; LEONARD; SWEDO, 1995). Ela é considerada patológica quando interfere na realização de objetivos, na qualidade de vida ou no conforto emocional. (YUDOFISKY; HALES, 1992). A maneira prática de se diferenciar a ansiedade normal da patológica, segundo Castillo et al. (2000), é avaliar se a reação ansiosa possui curta duração e se está relacionada ao estímulo do momento.

5 TRABALHOS RELACIONADOS

Foi realizado um Mapeamento Sistemático dos últimos 12 anos de trabalhos que envolvem os APAs e a Computação Afetiva. O Mapeamento Sistemático consiste em identificar, avaliar e interpretar todos os trabalhos relevantes para uma determinada área de pesquisa. (PETERSEN et al., 2008). Dessa maneira, o objetivo desta seção é analisar as pesquisas que envolvem agentes pedagógicos animados que possuem pelo menos uma dessas quatro dimensões afetivas, relacionadas à atitudes de agentes: empatia, polidez, rudeza e *rappor*t. A empatia pode ser definida como a capacidade de compreender o outro; uma pessoa empática é capaz de se colocar no lugar do outro e compartilhar suas emoções. (EISENBERG; STRAYER, 1990). Assim sendo, o *rappor*t é o resultado da combinação de empatia com a polidez (gentileza) ou rudeza (grosseria). (SPENCER-OATEY, 2005). Ele promove uma sensação de sincronia entre duas ou mais pessoas, proporcionando um relacionamento mais agradável. (GRATCH et al., 2006).

5.1 O Processo do Mapeamento Sistemático

O mapeamento conduzido foi baseado no processo descrito por Petersen et al. (2008), que definiram cinco etapas essenciais a serem seguidas: (1) definição de questões de pesquisa, (2) realização da pesquisa e estudos primários relevantes, (3) triagem dos documentos, (4) *keywording* dos resumos, e (5) extração de dados e mapeamento.

Considerando que as questões de pesquisa devem exemplificar os objetivos do estudo de mapeamento, as seguintes questões foram elaboradas:

QP₁: Em quais contextos e níveis educacionais os APAs com emoções são utilizados?

QP₂: Quais são as relações afetivas que os APAs estabelecem com os alunos?

QP₃: Quais são os tipos de ambientes de aprendizagem empregados?

QP₄: Quais são os métodos e tipos de dados empregados para a avaliação dos trabalhos?

QP₅: Quais são os perfis dos participantes nas avaliações?

QP₆: Quais são as variáveis dependentes consideradas nas avaliações? E quais foram os resultados obtidos?

QP₇: Os estudos buscaram detectar ou regular os estados afetivos dos participantes? Se sim, qual foi o impacto dessas ações?

O processo de seleção dos artigos foi dividido em quatro etapas: (1) busca de artigos a partir de um conjunto de palavras-chave, (2) seleção de resumos, (3) seleção de textos completos e (4) extração de informações-chave para classificar os trabalhos

Uma busca de artigos publicados em inglês a partir de 2008 foi realizada nas bases da ACM e IEEE (não foram encontrados artigos em português que estivessem de acordo com os critérios deste trabalho, mesmo traduzindo as palavras-chave utilizadas na pesquisa). Além disso, foi utilizada a ferramenta do Google Acadêmico, um buscador de artigos que inclui diversas bases como a Elsevier e Springer. As pesquisas foram efetuadas a partir de combinações de três

termos-chave, conforme mostra a Tabela 1. Os termos que estão em negrito foram combinados com todas as palavras da mesma linha, totalizando oito combinações (células A1 até B4).

		1	2	3	4
A	<i>Pedagogical Agent Learning</i>	<i>Empathy</i>	<i>Politeness</i>	<i>Rudeness</i>	<i>Rapport</i>
B	<i>Embodied Agent Learning</i>				

Tabela 1: Combinações de palavras-chave para as pesquisas de artigos

A segunda etapa contou com a leitura dos resumos dos 62 artigos encontrados. A análise foi baseada em três critérios: (1) relação com a área da aprendizagem, (2) utilização de agentes pedagógicos animados e (3) relação afetiva do agente com o aluno a partir de empatia, polidez/rudez e/ou *rapport* (os trabalhos que não envolveram pelo menos um desses quatro estados afetivos foram desconsiderados). Essa avaliação teve como resultado um conjunto de 29 artigos a serem analisados na terceira etapa (47% do total).

O terceiro estágio contou com a leitura completa dos artigos selecionados na etapa anterior (a lista completa de artigos pode ser visualizada em: <https://tinyurl.com/rev-artigos>). Nessa análise foram desconsiderados os artigos *short-paper* devido à falta de informações mais completas, e os trabalhos que não fizeram uma avaliação também foram desclassificados. Dessa maneira, 15 artigos foram selecionados para a etapa final (24% do total e 52% dos que tiveram os resumos aceitos).

A Figura 2 ilustra os artigos selecionados e não selecionados por ano (a lista completa dos artigos analisados está disponível nas Tabelas 2 e 3). Observa-se que a maioria dos trabalhos (67%) foram publicados entre 2008 e 2012.

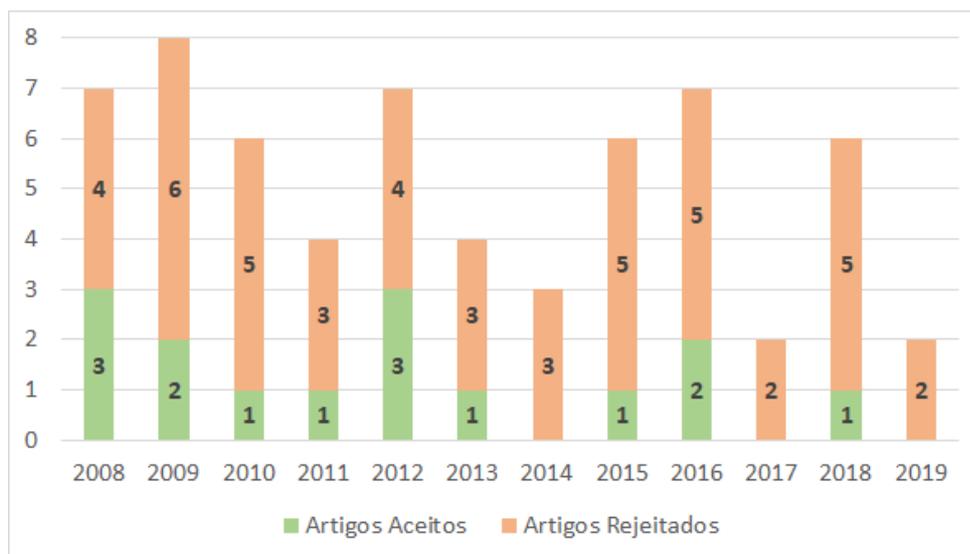


Figura 2: Seleção de artigos por ano

Na quarta e última etapa os 15 artigos selecionados foram lidos novamente, a fim de extrair as informações necessárias para responder às sete questões de pesquisa definidas anteriormente.

Artigo	Autores	Ano	Base
Student Evaluations of a (Rude) Spoken Dialogue System Insights from an Experimental Study	Jucks, Regina; Linnemann, Gesa A.; Brummernhenrich, Benjamin	2018	Advances in Human-Computer Interaction
Closing the gender gap in STEM with friendly male instructors? on the effects of rapport behavior and gender of a virtual agent in an instructional interaction	Krämer, Nicole C.; Karacora, Bilge; Lucas, Gale; Dehghani, Morteza; Rütter, Gina; Gratch, Jonathan	2016	Computers and Education
I Remember You! Interaction with Memory for an Empathic Virtual Robotic Tutor	Hastie, Helen; Yii, Mei; Janarthanam, Srin; Deshmukh, Amol; Foster, Mary Ellen; Hall, Lynne	2016	Proceedings of the 15th International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS 2016)
A Process Model of Empathy for Virtual Agents	Rodrigues, Sergio Hortas; Mascarenhas, Samuel; Dias, João; Paiva, Ana	2015	Interacting with Computers
Exploring the Implications of Tutor Negativity Towards a Synthetic Agent in a Learning-by-Teaching Environment	Rodrigo, MMT; Geli, R; Ong, A	2013	Philippine Computing Journal 8 (2013)
Affective learning: Empathetic agents with emotional facial and tone of voice expressions	Moridis, Christos N.; Economides, Anastasios A.	2012	IEEE Transactions on Affective Computing
The Influence of Virtual Agents' Gender and Rapport on Enhancing Math Performance	Karacora, Bilge; Dehghani, Morteza; Kramer-Mertens, Nicole; Gratch, Jonathan	2012	Proceedings of the 34th Annual Conference of the Cognitive Science Society
Rudeness and rapport: Insults and learning gains in peer tutoring	Ogan, Amy; Finkelstein, Samantha; Walker, Erin; Carlson, Ryan; Cassell, Justine	2012	Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)
A politeness effect in learning with web-based intelligent tutors	McLaren, Bruce M.; Deleeuw, Krista E.; Mayer, Richard E.	2011	International Journal of Human Computer Studies
E-learning system design with humor and empathy interaction by virtual human to improve students' learning	Wang, Chin-yeh; Ke, Shu-yu; Chuang, Hui-chun; Tseng, He-yun; Chen, Gwo-dong	2010	Proceedings of the 18th International Conference on Computers in Education
Can virtual human build rapport and promote learning?	Wang, Ning; Gratch, Jonathan	2009	Frontiers in Artificial Intelligence and Applications
Design an empathic virtual human to encourage and persuade learners in e-learning systems	Wang, Chin-Yeh; Chen, Gwo-Dong; Liu, Chen-Chung; Liu, Baw-Jhiune	2009	Proceedings of the first ACM international workshop on Multimedia technologies for distance learning
The politeness effect: Pedagogical agents and learning outcomes	Wang, Ning; Johnson, W. Lewis; Mayer, Richard E.; Rizzo, Paola; Shaw, Erin; Collins, Heather	2008	International Journal of Human Computer Studies
The effects of empathetic virtual characters on presence in narrative-centered learning environments	McQuiggan, Scott W.; Rowe, Jonathan P.; Lester, James C.	2008	Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems. ACM, 2008
The politeness effect in an intelligent foreign language tutoring system	Wang, Ning; Johnson, W. Lewis	2008	Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)

Tabela 2: Artigos selecionados

Artigo	Autores	Ano	Base	Motivo
Effects of Pedagogical Agent's Personality and Emotional Feedback Strategy on Chinese Students' Learning Experiences and Performance: A Study Based on Virtual Tai Chi Training Studio	Yulong Bian, Chenglei Yang, Dongdong Guan, As Xiao, Fengqiang Gao, Chia Shen, Xiangxu Meng	2016	Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. ACM, 2016	Esses trabalhos possuem um escopo mais amplo de emoções e estados afetivos, sendo que o nosso trabalho é específico para agentes pedagógicos animados com comportamentos de empatia, polido/rude ou <i>rapport</i>
An Affective Learning Environment for Java	Ramón Zatarain Cabada; María Lucía Barrón Estrada; Francisco González Hernández; Raúl Oramas Bustillos.	2015	2015 IEEE 15th International Conference on Advanced Learning Technologies	
Virtual Humans for Learning	William Swartout; Ron Artstein; Eric Forbell; Susan Foutz; H. Chad Lane; Belinda Lange; Jacquelyn Morie; Dan Noren; Skip Rizzo; David Traum	2013	AI magazine	
Agent based affective tutoring systems: A pilot study	Xia Mao; Zheng Li	2010	Computers and Education	
Evaluating the affective tactics of an emotional pedagogical agent	Patricia Augustin Jaques; Matheus Lehman; Sylvie Pesty	2009	Proceedings of the 2009 ACM symposium on Applied Computing	
Designing empathetic animated agents for a B-learning training environment within the electrical domain	Hernández, Yasmín; Pérez-Ramírez, Miguel; Zatarain-Cabada, Ramón; Barrón-Estrada, Lucía; Alor-Hernández, Giner	2016	Journal of Educational Technology & Society	

Teachers' Views on the Use of Empathic Robotic Tutors in the Classroom	Sofia Serholt; Wolmet Barendregt; Iolanda Leite; Helen Hastie; Aidan Jones; Ana Paiva; Asimina Vasalou and Ginevra Castellano	2014	The 23rd IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication	Os autores somente descreveram o sistema e fizeram uma entrevista com professores, não foi realizada uma avaliação prática com alunos
An Empathic Robotic Tutor in a Map Application (Demonstration)	Amol Deshmukh; Aidan Jones; Srinivasan Janarthanam; Helen Hastie; Tiago Ribeiro; Ruth Aylett; Ana Paiva; Ginevra Castellano	2015	Proceedings of the 2015 International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems	Os autores somente descreveram o sistema desenvolvido, não foi realizado um experimento (artigo <i>short paper</i>)
Automated Alertness and Emotion Detection for Empathic Feedback During E-Learning	S L Happy; Anirban Dasgupta; Priyadarshi Patnaik; Aurobinda Routray	2013	IEEE Fifth International Conference on Technology for Education	
Socially-Conditioned Task Reasoning for a Virtual Tutoring Agent	Zian Zhao, Michael Madaio, Florian Pecune, Yoichi Matsuyama, Justine Cassel	2018	Proceedings of the 17th International Conference on Autonomous Agents and MultiAgent Systems	O experimento não foi descrito com todas as informações que precisamos para fazer a comparação (artigo <i>short paper</i>)
Empathy for Artificial Agents	Achim Stephan	2015	International Journal of Social Robotics	O foco do trabalho não foi de desenvolver e testar um sistema com os usuários, mas sim auxiliar outros autores a desenvolverem agentes empáticos
Intelligent and Empathic Agent to Support Student Learning in Virtual Worlds	Ryan Villarica; Deborah Richards	2014	Proceedings of the 2014 Conference on Interactive Entertainment. ACM, 2014	Os autores descreveram um projeto cujo protótipo está em desenvolvimento. Dessa maneira, ainda não foi realizado um experimento
An Empathic Avatar in a Computer-Aided Learning Program to Encourage and Persuade Learners	Gwo-Dong Chen; Jih-Hsien Lee; Chin-Yeh Wang; Po-Yao Chao; Liang-Yi Li; Tzung-Yi Lee	2012	Journal of Educational Technology & Society	Esses artigos não estão disponíveis de maneira gratuita
The Politeness Effect in an Intelligent Foreign Language Tutoring System	Wang, Ning; Johnson, W. Lewis	2008	International Conference on Intelligent Tutoring Systems. Springer, 2008	

Tabela 3: Artigos rejeitados

5.2 Resultados

Nesta seção estão descritos os resultados obtidos a partir da leitura e análise dos 15 trabalhos selecionados, a fim de responder às questões de pesquisa.

5.2.1 (QP₁) Contextos e Níveis Educacionais

Observa-se na Figura 3 que a maioria dos trabalhos (33%) são voltados para o ensino superior, e apenas um deles (7%) é direcionado para o aprendizado de idiomas¹. Em segundo lugar, quatro artigos (27%) estão relacionados com a educação em geral, que não especificam o nível educacional mais apropriado. Esses estudos limitam-se a discutir os efeitos positivos e negativos de agentes pedagógicos afetivos na educação. Os demais estudos envolveram conteúdos do ensino fundamental (20%) e médio (13%). Nenhum dos trabalhos foi voltado para a pré-escola ou para estudantes com necessidades especiais.

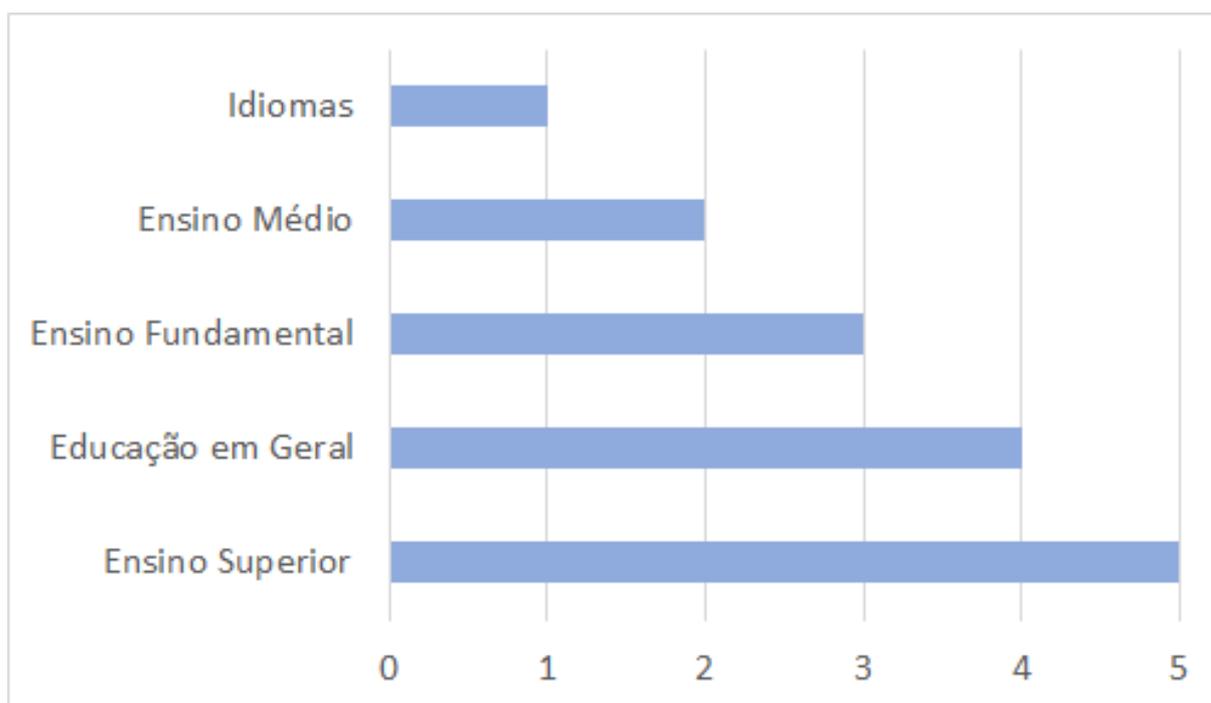


Figura 3: Trabalhos classificados de acordo com o contexto e nível educacional

5.2.2 (QP₂) Relações Afetivas dos Agentes com os Usuários

A maior parte dos estudos (12 trabalhos, representando um total de 80%) utilizaram agentes empáticos e com comportamento polido/rude, conforme mostra a Figura 4. Os outros três trabalhos (20%) contaram com agentes animados que expressam o estado de *rapport*.

¹Os autores não especificaram o nível de ensino.

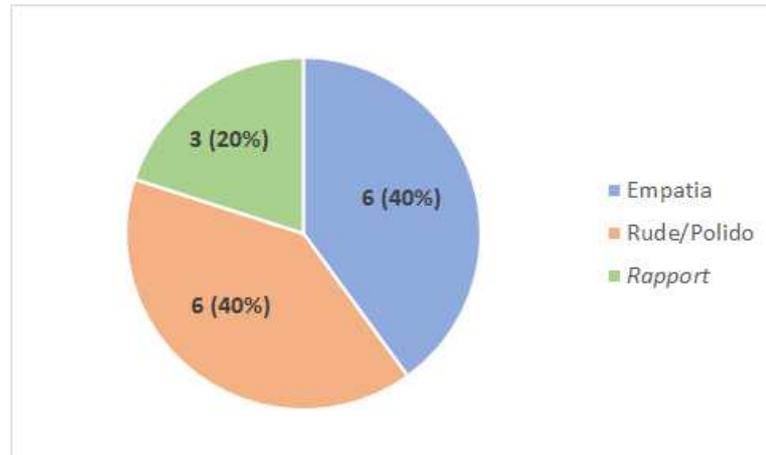


Figura 4: Relações afetivas dos agentes pedagógicos animados com os alunos

5.2.3 (QP₃) Tipos de Ambientes de Aprendizagem

Observa-se na Figura 5 que os ambientes mais utilizados pelos pesquisadores foram os Sistemas Tutores Inteligentes e os Ambientes Virtuais de Aprendizagem, correspondendo à 80% dos trabalhos. Isso se deve ao fato de que os pesquisadores que trabalham com agentes pedagógicos animados são da área da inteligência artificial e tutores inteligentes, uma vez que eles precisam desses recursos para tornar os APAs mais eficientes e eficazes (MAES, 1995). Além disso, um dos trabalhos não utilizou um sistema computacional para o experimento, e os outros dois utilizaram um Jogo Sério e um Sistema de Diálogo Falado, respectivamente.

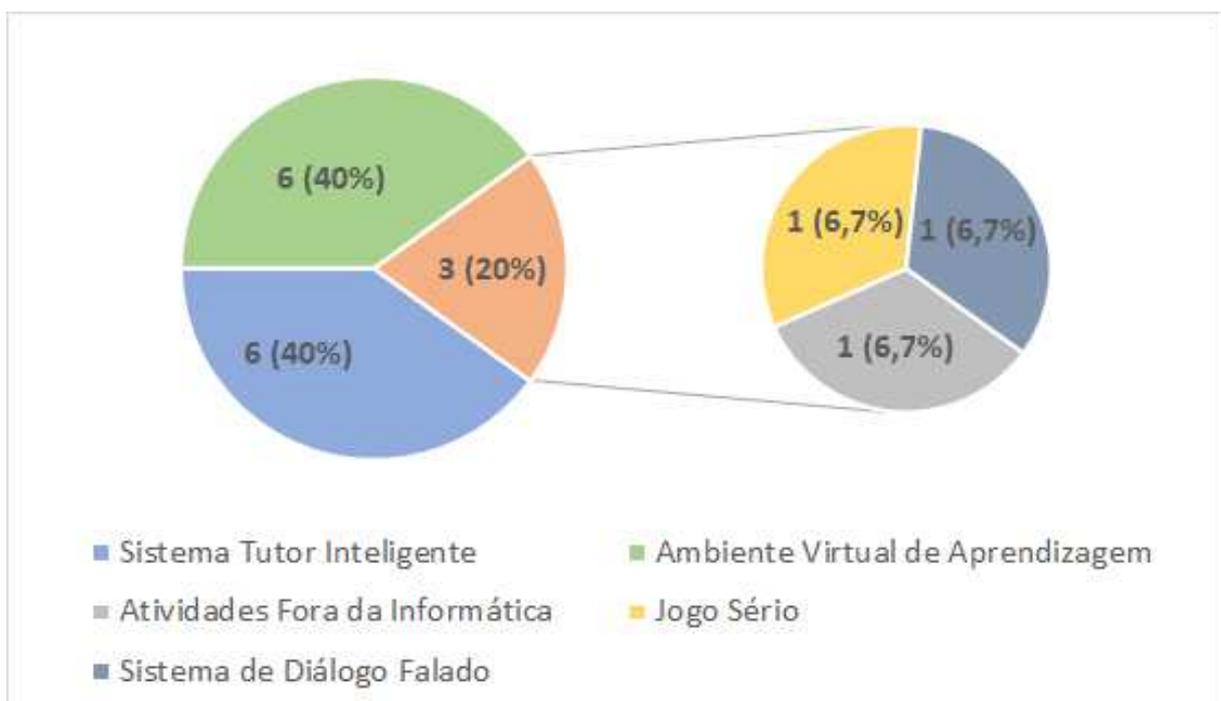


Figura 5: Tipos de ambientes de aprendizagem utilizados pelos trabalhos

5.2.4 (QP₄) Métodos de Pesquisa e Tipos de Dados

Em relação ao método de pesquisa, todos os 15 trabalhos selecionados realizaram uma avaliação empírica a partir de um experimento quantitativo. A Tabela 4 descreve o construto, objetivos, hipóteses e ferramentas utilizadas nos experimentos.

Quanto aos tipos de dados, a maioria dos pesquisadores (60%) utilizaram testes de conhecimento para coletar os dados. Os questionários foram o segundo recurso mais utilizado (53% dos casos, considere que um trabalho pode utilizar mais de uma fonte de dados), seguidos das entrevistas, que foram utilizadas por dois trabalhos (13% do total).

5.2.5 (QP₅) Perfis dos Participantes

A Tabela 5 mostra as informações detalhadas dos perfis dos participantes de cada um dos estudos, bem como a duração dos experimentos.

Observa-se na Figura 6 que a maioria dos participantes (50%) está dividida entre duas categorias: um quarto está na faixa etária de 10 a 15 anos e os outros 25% não tiveram a idade especificada. Em segundo lugar também houve um empate entre as faixas etária de 15 a 20 anos e 20 a 30 anos, cada uma corresponde 19% do total. Os 12% restantes correspondem aos alunos com 30 a 50 anos de idade. Além disso, há uma quantidade similar de estudantes do gênero feminino e masculino (45% e 42% respectivamente), e 13% não tiveram o gênero confirmado pelos autores.

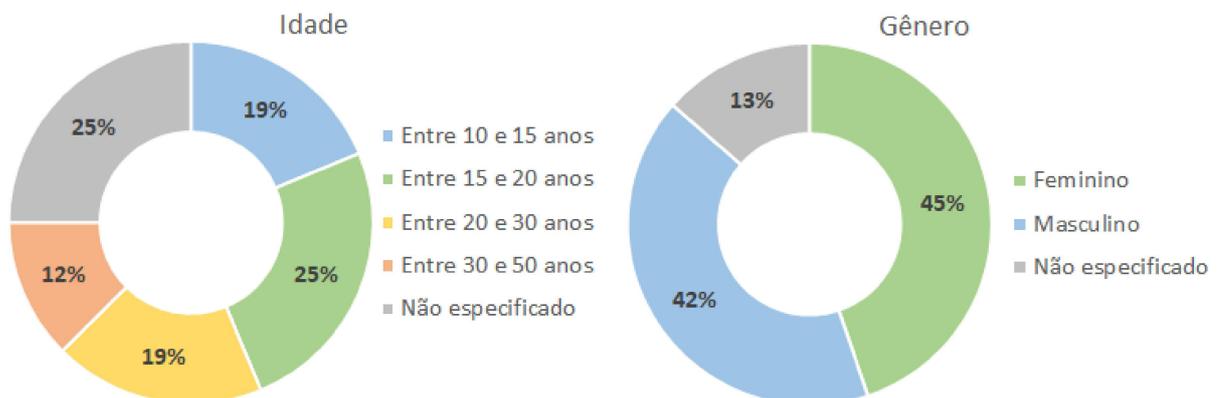


Figura 6: Perfis dos participantes nas avaliações

Autores	Construto	Objetivo Geral	Hipóteses ou Questões de Pesquisa	Ferramenta
HELEN et al, 2016	Empatia	Analisar o efeito da adição de memória em um tutor robótico virtual para ajudar as crianças a atingir um objetivo pedagógico e a percepção de simpatia e empatia do tutor.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Usuários que interagem com o agente com memória terão um desempenho melhor do que os que interagem com o agente sem memória 2. O agente com memória será melhor avaliado em termos de facilidade de usar do que o agente sem memória 3. O agente com memória será classificado como mais empático do que o sem memória 4. O agente com memória causará uma mudança na empatia percebida 	Tutor Robótico Virtual que orienta e ajuda os alunos através de um exercício móvel Caça ao Tesouro, que testa suas habilidades de leituras de mapas
RODRIGUES et al, 2015	Empatia	Facilitar o surgimento de empatia em agentes virtuais e, eventualmente, ajudar a entender melhor seu processo na interação entre humanos e máquinas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Com o modelo de empatia, os participantes percebem o agente como sendo mais carinhoso, simpático, confiável e dócil 2. Com o modelo de empatia, os participantes percebem o outro agente como sendo menos carinhoso, simpático, confiável e dócil 	Foi desenvolvido um modelo computacional de empatias para agentes autônomos, seguindo as seguintes questões: caracterizar a resposta empática e descrever a natureza dos mecanismos internos do processo empático através dos quais a resposta é gerada.
MORIDIS & ECONOMIDES, 2012	Empatia	Analisar o impacto das expressões faciais e do tom de voz emocionais dos agentes animados, combinadas com o comportamento verbal empático, quando exibidas como feedback para as emoções de medo, tristeza e felicidade dos alunos, no contexto de um teste de autoavaliação	Há uma diferença significativa nas probabilidades de transições de emoção (por exemplo, Feliz a Neutra <i>Versus</i> Feliz a Triste)	Questões sobre Tecnologia da Informação
WANG et al, 2010	Empatia	Ajudar os alunos a lidar com emoções negativas e manter sua atenção, e aumentar a motivação, o interesse e o aprendizado dos alunos	Os alunos aprendem melhor com os agentes empáticos do que com os sem empatia	Atividades de história em um sistema que os alunos podem expressar livremente suas emoções.
WANG et al, 2009	Empatia	Analisar os efeitos de um agente empático no aprendizado e engajamento dos alunos em sistemas virtuais de aprendizagem	O encorajamento e a persuasão aumentam os níveis de aprendizagem e engajamento dos alunos, levando-os a lerem mais e a fazerem mais exercícios	Leituras e realização de exercícios sobre Tecnologia da Informação

MCQUIGGAN et al, 2008	Empatia	Analisar o impacto de agentes empáticos na percepção dos alunos de assistência	Os agentes empáticos podem aumentar a percepção do aluno de assistência em ambientes de aprendizagem centrados na narrativa	Crystal Island: ambiente de aprendizagem que atua na área da microbiologia e genética para estudantes do ensino médio
KARACORA et al, 2012	Rapport	Analisar se os agentes virtuais podem ajudar a melhorar o desempenho, esforço e motivação dos alunos em matemática	A interação com um agente animado do gênero oposto facilita o desempenho dos alunos nas atividades de matemática	Atividades de matemática
KRAMER et al, 2016	Rapport	Analisar o papel social e os efeitos sociais do agente dentro dos ambientes instrucionais (o agente não foi utilizado como tutor, mas ele motivava os alunos observando o sucesso e dando a oportunidade de refletir sobre o próprio desempenho)	<ol style="list-style-type: none"> Quando o agente mostra o comportamento de <i>rapport</i>, os participantes percebem um sentimento mais forte comparado ao agente que não mostra nenhum <i>rapport</i> Quando o agente mostra o comportamento de relacionamento, a motivação, o esforço e o desempenho são maiores do que quando o agente não mostra nenhum <i>rapport</i> Para as mulheres, a interação com um agente feminino causa um maior aumento na motivação, engajamento e desempenho do que quando interagindo com um agente masculino 	Atividades de matemática
WANG & GRATCH, 2009	Rapport	Analisar se o agente virtual que exhibe comportamento de proximidade pode construir um relacionamento (<i>rapport</i>) com os alunos e ajudá-los a aprender	O feedback imediato será percebido como útil e pode ajudar o aluno a aprender melhor	Atividades que envolvem visualização de vídeos e a explicação do vídeo que acabou de assistir.
JUCKS et al, 2018	Rude/Polido	Analisar como os alunos avaliam o comportamento de comunicação de uma SDS (Sistema de Diálogo Falado) que emprega as estratégias sociais rude e educado	<ol style="list-style-type: none"> Um SDS educado será julgado como mais simpático e educado do que um SDS rude, e suas respostas mais apropriadas e agradáveis do que as de um SDS rude. Um SDS educado será mais fortemente percebido como um parceiro de interação social do que um SDS rude Um SDS educado será julgado como mais competente e confiável do que um SDS rude Respostas rudes serão vistas como ameaças mais sérias do que respostas educadas, e levarão a mais revisões do que as respostas educadas 	ACURI: Sistema de diálogo falado no qual os usuários responderam perguntas de quem está entrando na universidade
RODRIGO et al, 2013	Rude/Polido	Analisar as implicações da negatividade no diálogo de forma livre entre os tutores e um agente em um sistema de aprendizagem online de álgebra	A negatividade do tutor é uma indicação de que ele está tendo dificuldades com o assunto ou que está frustrado com o comportamento do aluno	SimStudent: ambiente de ensino-aprendizagem de álgebra

WANG et al, 2008	Rude/Polido	Analisar como um agente pedagógico se comunica com os alunos, na medida em que exibe inteligência social	<ol style="list-style-type: none"> 1. Os alunos que contam com um agente na tela que usa solicitações educadas aprenderão mais do que os que contaram com um agente que usa solicitações diretas no teste pós-aprendizagem 2. Os alunos que contam com um agente na tela que usa solicitações educadas relatarão um estado motivacional mais alto do que os que contaram com um agente que usa solicitações diretas 	Wizard-of-Oz: sistema com o objetivo de ensinar os alunos a usar o VFTS (sistema de ensino de fábrica virtual)
OGAN et al, 2012	Rude/Polido	Analisar como tutores e alunos usam recursos de linguagem superficial para contribuir com estratégias particularmente parecidas com as de adolescentes (interagem com funções positivas e negativas de relacionamento social de maneira que se correlacionam com ganhos de aprendizagem)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Em diálogos de tutoria particular humano-humano, podemos vincular recursos de linguagem superficiais específicos à estratégias de conversão social (como ameaça de rosto), e essa ligação difere entre tutores e alunos? 2. Essas estratégias conversacionais estão relacionadas a funções sociais, e isso tem um efeito sobre o aprendizado de tutor particular? 3. Como o relacionamento que afeta as estratégias conversacionais de estranhos se relaciona com o aprendizado e difere de amigos? 	Atividades de matemática
MCLAREN et al, 2011	Rude/Polido	Determinar como melhorar a eficácia instrucional de um STI Web, concentrando-se no estilo de conversação do tutor. Em particular, o objetivo é examinar as consequências cognitivas de incorporar sugestões sociais potencialmente importantes na conversa fornecida pelo tutor, usando palavras educadas ao invés de palavras diretas de feedback e dicas	A polidez (educação) afeta os resultados da aprendizagem dos alunos?	Atividades de química
WANG & JOHNSON, 2008	Rude/Polido	Analisar o efeito da polidez (educação) no aprendizado dos alunos de um novo idioma	Agentes pedagógicos com estratégias adequadas de polidez podem melhorar o resultado da aprendizagem do aluno promovendo a sua motivação	Tactical Iraqi: é um jogo sério para a aprendizagem de novos idiomas, utilizado pelo serviço militar

Tabela 4: Construtos, objetivos, hipóteses e ferramentas dos trabalhos

Autores	Tamanho Amostra	Perfil da Amostra	Duração do Experimento	Autores	Tamanho Amostra	Perfil da Amostra	Duração do Experimento
HELEN et al, 2016	36	9 meninas e 27 meninos, de 11 a 12 anos	O experimento foi composto de duas etapas, mas os autores não informaram o tempo de cada uma	WANG & GRATCH, 2009	144	90 mulheres (62,5%) e 54 homens (37,5%) de 19 a 60 anos (média de 39,5 anos)	133 sessões (não foi especificado o tempo delas)
RODRIGUES et al, 2015	77	19 mulheres e 58 homens de 27 anos em média, em sua maioria portugueses	---	JUCKS et al, 2018	58	35 meninas e 23 meninos, de 15 a 20 anos	1 sessão de 30 minutos
MORIDIS & ECONOMIDES, 2012	172	112 mulheres e 60 homens com idade média de 18,4 anos, todos universitários	1 sessão de 45 minutos	RODRIGO et al, 2013	187	Estudantes do 1º ano do ensino médio, de 11 a 15 anos	3 sessões de 1 hora em dias consecutivos
WANG et al, 2010	16	4 mulheres e 12 homens, todos universitários	1 sessão de 30 minutos	OGAN et al, 2012	130	81 meninas e 49 meninos, da 8ª até 10ª série	1 sessão de 60 minutos
WANG et al, 2009	30	6 mulheres e 24 homens, todos formados em Ciência da Computação	1 sessão de 30 minutos	MCLAREN et al, 2011	90	54 mulheres e 36 homens, todos universitários	Primeira sessão de duas horas e a segunda sessão uma hora (na semana seguinte)
MCQUIGGAN et al, 2008	Exp 1: 90 Exp 2: 35	Exp 1: 38 meninas e 52 meninos com idade média de 14,78 anos Exp 2: 6 meninas e 29 meninos de 14 a 17 anos, média de 16,43 anos	Sessões que somaram 75 minutos				
KARACORA et al, 2012	74	43 mulheres e 31 homens de 18 a 34 anos (média de 23,64 anos)	1 sessão de 60 minutos	WANG et al, 2008	51	17 mulheres e 34 homens, todos universitários (cursos de engenharia e psicologia)	1 sessão de 35 minutos
KRAMER et al, 2016	128	68 mulheres (53%) e 60 homens (47%) de 18 a 34 anos. 16% concluiu o ensino médio, 5,3% possuem um curso superior e os demais estavam cursando na faculdade	8 meses (sessões de 60 minutos)	WANG & JOHNSON2008	61	36 mulheres e 25 homens de 21 a 63 anos (média de 38,4 anos)	2 sessões de 1 hora

Tabela 5: Perfis das amostras e durações dos experimentos

5.2.6 (QP₆) Variáveis Dependentes e Resultados

A Figura 7 apresenta um mapa de distribuição dos trabalhos, com base em suas variáveis dependentes (eixo y) e as relações afetivas que os APAs estabelecem com os alunos (eixo x). Observa-se que a maioria dos estudos (11 dos 15 trabalhos) teve como objetivo melhorar o aprendizado dos estudantes e, desses 11 trabalhos, quatro também tiveram o objetivo de engajar os alunos. Além disso, dois trabalhos visaram detectar e regular os estados afetivos dos alunos. Também é possível constatar que os agentes empáticos e polidos/rudes foram os mais utilizados para promover a aprendizagem. Finalmente, os agentes empáticos e com *rappor*t foram os mais utilizados para aumentar o engajamento.

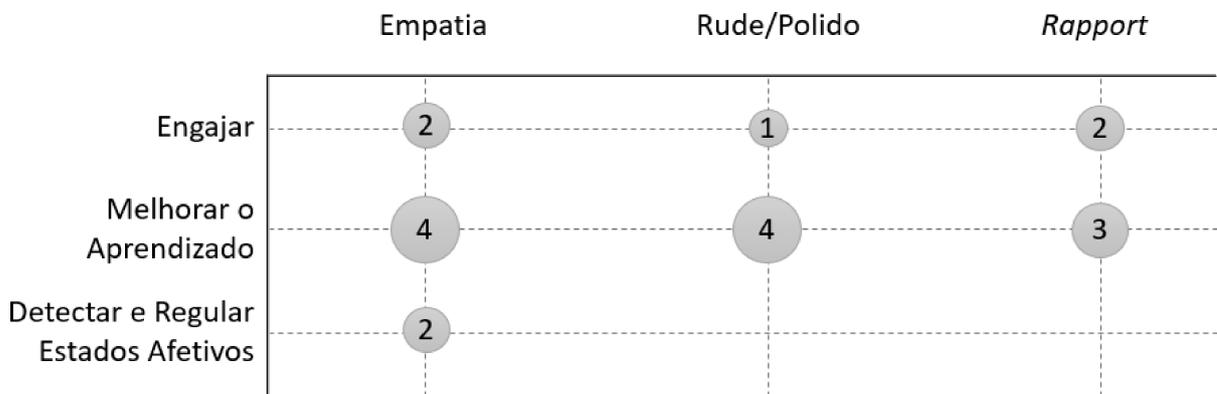


Figura 7: Mapa de distribuição dos trabalhos

A Tabela 6 contém os desenhos dos experimentos e os resultados encontrados pelos autores. Todos os estudos que envolveram agentes empáticos tiveram êxito em seus objetivos, o que indica que adicionar empatia nos APAs é uma das melhores estratégias para engajar os alunos e promover a aprendizagem. Além disso, os agentes polidos foram mais aceitos e ajudaram mais os alunos do que os agentes rudes. Porém, no caso do trabalho que envolveu atividades de química, o APA educado foi mais eficiente somente para os alunos com menor conhecimento prévio. Finalmente, os agentes com *rappor*t ajudaram a melhorar o desempenho e engajamento dos alunos na maior parte dos trabalhos.

5.2.7 (QP₇) Detecção ou Regulação dos Estados Afetivos dos Usuários

Foi realizado um levantamento dos trabalhos que detectaram ou regularam os estados afetivos dos alunos, a fim de verificar os impactos dessas ações na aprendizagem e engajamento. Observa-se na Figura 7 da seção anterior que somente dois trabalhos realizaram essa detecção/regulação de estados afetivos.

O primeiro trabalho buscou detectar as emoções de felicidade, tristeza e medo dos alunos. Quando eles estavam felizes, o agente exibia um comportamento de empatia e felicidade; porém, se os alunos estivessem tristes ou com medo, o APA demonstrava um comportamento

empaticamente encorajador. Os resultados indicaram que o agente conseguiu manter a emoção dos estudantes quando estavam felizes, e também foi capaz de regular um estado emocional de medo ou tristeza para um estado neutro.

Os autores do outro trabalho tiveram problemas para conhecer os estados afetivos dos alunos, uma vez que eles não expressaram suas emoções conforme o solicitado. Uma possível razão para esse problema foi o curto período de tempo da sessão.

5.3 Discussão dos Resultados

Os trabalhos analisados envolveram quase todos os níveis educacionais, desde o ensino fundamental até o ensino superior (ver figura 3). Porém, estão em falta os sistemas direcionados para a pré-escola. Além disso, não foram encontrados ambientes de aprendizagem com agentes pedagógicos afetivos que são acessíveis para portadores de necessidades especiais. No contexto da afetividade, esses dois públicos podem reagir de maneira diferente no contato com agentes afetivos em relação aos demais estudantes. (BABAD; BERNIERI; ROSENTHAL, 1987; GARAY et al., 2006). Dessa maneira, seria interessante se houvesse estudos que confirmassem ou refutassem essa hipótese. Em relação à educação em geral, é preciso lembrar que a pré-escola é a base para todos os outros níveis de ensino, e quase um quarto da população brasileira possui necessidades especiais², o que ressalta a importância de trabalhos que envolvam esses públicos específicos.

A Figura 4 nos mostrou que quase a metade dos trabalhos utilizaram agentes empáticos, e todos eles tiveram sucesso em seus objetivos (ver Seção 8). Esses resultados são compatíveis com o trabalho de Albuquerque (2010), que fez uma entrevista com 40 alunos do ensino médio e fundamental. Os resultados indicaram que o relacionamento afetivo do professor com o aluno é um dos fatores mais importante na sala de aula, e a principal característica de um bom professor é a empatia. Porém, esses trabalhos não consideraram as características dos alunos (como o perfil de ansiedade), portanto não é possível afirmar que as atitudes empáticas são as melhores para todos os alunos. Além disso, os resultados de uma boa parte dos experimentos indicaram que o impacto positivo das atitudes dos agentes na aprendizagem dos alunos era maior quando eles tinham pouco conhecimento prévio nos conteúdos estudados.

Por último, foi encontrada uma contradição entre os resultados dos trabalhos de Krämer et al. (2016) e Wang e Gratch (2009), que envolveram agentes com *rappport*. O primeiro trabalho identificou um aumento no esforço e desempenho dos alunos que contaram com o APA com *rappport*, porém não houve experiência subjetiva (motivação e relacionamento). Entretanto, o outro trabalho teve o resultado contrário: o agente com *rappport* proporcionou uma experiência subjetiva, mas não ajudou os alunos a terem um melhor desempenho. Os autores desse segundo trabalho sugeriram que APAs com *rappport* podem não ter um impacto significativo na apren-

²Segundo o IBGE, 45 milhões de brasileiros possuem algum tipo de deficiência, o que corresponde à quase 24% da população. Esses dados estão disponíveis em: <https://tinyurl.com/ibge-dados>

dizagem de conceitos fáceis, mas sim nos conceitos difíceis. Dessa maneira, seria interessante reaplicar esses experimentos com conteúdos fáceis e difíceis para validar a hipótese de Wang e Gratch (2009) e verificar se essa contradição aconteceria novamente.

5.4 Ameaças à Validade

As questões de pesquisa e os critérios de inclusão e exclusão de trabalhos foram definidos antes de iniciar o mapeamento, garantindo assim um processo de seleção imparcial. Além disso, foi utilizado um conjunto limitado de bases de dados (ver seção 5.1). Dessa maneira, é possível que estudos relevantes não tenham sido considerados. Por fim, a coerência do sistema de classificação elaborado pode significar uma ameaça à validade, pois o conhecimento necessário para elaborá-lo normalmente é obtido somente ao final da seleção (PRETORIUS; BUDGEN, 2008).

5.5 Diferenciais do Trabalho Desenvolvido

A maioria dos trabalhos analisados tiveram como objetivo promover a aprendizagem e aumentar o engajamento dos alunos, e dois trabalhos visaram detectar e regular as emoções dos alunos. Para tanto, os autores criaram agentes que estabeleciam relações afetivas com os alunos (empatia, *rapport* ou polidez/rudez). Porém, não houve uma comparação dos efeitos de APAs com diferentes atitudes. Essa comparação seria interessante para definir qual das relações afetivas é a mais eficiente para melhorar o aprendizado, motivar os alunos a utilizar o ambiente de aprendizagem e tratar os seus estados afetivos.

O trabalho proposto realiza a comparação anterior, contando com agentes pedagógicas amigáveis, diretas e neutras. Também foi verificado se uma relação mais positiva da agente com o aluno possui um impacto positivo na aprendizagem. Além disso, este trabalho é o primeiro que será aplicado em um STI baseado em passos; os demais estudos utilizaram ambientes virtuais de aprendizagem, STIs com suporte à resposta final e ambientes não informatizados. Um STI do tipo *step-based* permitirá que os alunos interajam com os agentes em mais momentos, uma vez que poderão solicitar ajuda para cada um dos passos do exercício, e não somente para a resposta final. Assim, as atitudes da agente podem ter um maior efeito no aluno, uma vez que há mais interação e envolvimento da agente com o estudante.

Autores	Desenho e Procedimento	Resultados
HELEN et al, 2016	<p>Grupos experimental (com memória) e controle (sem memória) com distribuição aleatória dos alunos. A tarefa foi dividida em duas etapas: na primeira, que foi a mesma para os dois grupos, envolveu um exercício pedagógico baseado em mapas em uma mesa com tela sensível ao toque e contou com um robô empático do mundo real, chamado de Susie. Na segunda etapa os alunos utilizaram um tablet, e agora a Susie está no formato de agente virtual, sendo que para um grupo ela tinha memória e para o outro não. Os alunos também responderam um questionário com suas opiniões sobre o sistema desenvolvido</p>	<p>O uso da memória melhorou significativamente o desempenho dos alunos. Entretanto, o agente sem memória foi considerado mais empático e fácil de utilizar</p>
RODRIGUES et al, 2015	<p>Os alunos foram distribuídos aleatoriamente entre dois grupos e receberam dois vídeos para assistir (a ordem dos vídeos era diferente para cada grupo). Em um dos vídeos o agente apresentava emoções empáticas, e no outro o agente tinha emoções mais egoístas, sem empatia. Após assistir aos vídeos, os alunos responderam a um conjunto de perguntas sobre o assunto. Além disso, os participantes responderam um questionário sobre os seus dados pessoais e os agentes que foram mostrados nos vídeos</p>	<p>O agente que possui uma resposta empática semelhante ao usuário teve efeitos significativos em todas as qualidades analisadas. Os resultados mostraram que os agentes com comportamento empático foram mais eficientes</p>
MORIDIS & ECONOMIDES, 2012	<p>Os alunos foram distribuídos aleatoriamente entre quatro grupos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Controle: sem agente 2. Experimental 1: comportamento empático paralelo relevante para a emoção do aluno (felicidade, tristeza ou medo), realizando expressões faciais e tom de voz neutros 3. Experimental 2: comportamento empático paralelo relevante para a emoção do aluno, exibindo expressões faciais e tom de voz que foram relevantes para o estado emocional do aluno 4. Experimental 3: quando o aluno estava triste ou com medo, o agente exibia um comportamento empaticamente encorajador. Mas quando estava feliz, o agente exibia um comportamento de empatia e felicidade <p>Os participantes resolveram um teste com 45 questões de múltipla escolha</p>	<p>Um agente que executa empatia paralela (descreve uma pessoa exibindo um estado emocional semelhante ao de outro indivíduo) exibindo expressões emocionais relevantes para o estado emocional do aluno pode causar a persistência dessa emoção. Além disso, o agente que executa a empatia paralela e depois reativa (visa o estado emocional individual de outra pessoa, tentando fornecer <i>insight</i> para se recuperar desse estado) parece ser eficaz em regular um estado emocional de medo para um estado neutro</p>
WANG et al, 2010	<p>Grupo experimental (com empatia) e controle (sem empatia) com distribuição aleatória dos alunos. A tarefa foi dividida em três etapas: realização do pré-teste, resolução de exercícios da história da China com a ajuda do tutor, e realização do pós-teste. Os alunos do grupo experimental também responderam a um questionário sobre o sistema e participaram de uma entrevista</p>	<p>Os autores tiveram problemas para conhecer os estados emocionais do aluno. Alguns alunos disseram que preferem decidir o momento que o agente aparece (e ele aparecia de forma automática, podendo interromper a atividade). Os estudantes também não expressaram suas emoções, possivelmente foi devido ao tempo curto da sessão.</p>
WANG et al, 2009	<p>Os alunos foram distribuídos aleatoriamente entre três grupos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Experimental: humano virtual empático com expressão facial, voz, gestos e movimentos corporais 2. Controle 1: humano virtual não-empático com voz, mas sem expressão afetiva 3. Controle 2: agente com somente texto, não atua como um humano virtual <p>Primeiramente os participantes conferiram a explicação sobre o agente pedagógico animado. Em seguida eles leram materiais de computação e fizeram exercícios relacionados com esse conteúdo. No final, os alunos realizaram o teste de conhecimento</p>	<p>O agente com somente texto levou os alunos a um maior tempo de leitura, pois eles poderiam prestar mais atenção na leitura do material do que no agente. Os autores concluíram que o problema foi causado pelo design do humano virtual empático, que distraía os alunos durante a leitura. Por outro lado, a persuasão foi eficaz no aumento da aprendizagem e do engajamento</p>

MCQUIGGAN et al, 2008	Grupos experimental (com empatia) e controle (sem empatia), com distribuição aleatória dos alunos. A tarefa foi dividida em três etapas: preenchimento do pré-questionário, resolução de um problema de medicina com a ajuda do tutor, e preenchimento do pós-questionário	O senso de assistência dos alunos aumentou, permitindo que os agentes interajam empaticamente. Esses agentes tiveram um efeito significativo nas medições de assistência geral, envolvimento e controle, naturalismo da experiência e resolução.
KARACORA et al, 2012	O experimento foi baseado na estrutura fatorial 2x2 com as seguintes variáveis: gênero do agente (masculino ou feminino) e condição de rapport (com rapport ou sem rapport). Os alunos foram distribuídos aleatoriamente entre os quatro grupos resultantes das combinações entre as duas variáveis: 1. Agente de gênero feminino com rapport 2. Agente de gênero feminino sem rapport 3. Agente de gênero masculino com rapport 4. Agente de gênero masculino sem rapport A tarefa foi dividida em duas etapas: na primeira, os alunos resolveram exercícios de matemática sem o agente (seria como um pré-teste), e na segunda fizeram atividades de matemática com o agente. Não foi realizado um pós-teste após a interação com o agente	O desempenho, esforço e motivação foram maiores quando os alunos interagiam com um agente de gênero oposto que exibia rapport.
KRAMER et al, 2016	Mesma organização do trabalho de KARAKORA et al, 2012	Foi observado um aumento no esforço e desempenho dos usuários que contaram com o agente rapport, porém não houve experiência subjetiva (motivação e relacionamento). Além disso, foi observado que um agente de gênero oposto conseguiu melhores resultados (contrariando a hipótese 3)
WANG & GRATCH, 2009	Todos os alunos preencheram um pré-questionário antes de começar o experimento. Em seguida, os participantes ficaram com o papel de orador e um autor do projeto ficou com o papel de ouvinte. O orador assistiu a um vídeo, e depois foi instruído para contar a história do vídeo ao ouvinte, porém eles não se viam pessoalmente: o orador somente via uma tela com um agente animado que representava o ouvinte. Esse agente tinha um dos seguintes perfis: bom ouvinte virtual (responsivo, que fornece um feedback de rapport completo), ouvinte não responsivo (mas ainda tenta ficar atento com o olhar) e ouvinte ignorante (não presta atenção e nem responde). No final, os participantes preencheram um pós-questionário e passaram por uma entrevista	O feedback imediato induziu um maior senso de relacionamento (rapport), mas não ajudou o aluno a ter um melhor desempenho no teste de recordação. Foi encontrado um "efeito de teto" (ceiling effect) no teste de recordação, provavelmente porque os materiais de aprendizagem eram muito fáceis. Alguns estudos mostraram que os agentes podem não ter um impacto significativo na aprendizagem de conceitos fáceis, mas sim nos conceitos difíceis.
JUCKS et al, 2018	Grupos experimental (polido) e controle (rude) com distribuição aleatória dos alunos. Os alunos receberam um livro com um questionário, e tiveram acesso à uma lista de perguntas no computador; ao clicar nelas podiam ouvir as suas respostas. Assim, eles receberam a instrução de, cada vez que clicarem em uma pergunta, deveriam responder as questões similares do livro. Por último, eles responderam perguntas sobre os seus dados pessoais e o sistema que utilizaram.	As respostas educadas foram percebidas como mais apropriadas e agradáveis do que as respostas rudes. No geral, o SDS educado também foi percebido como mais preciso e prazeroso, porém não foi identificado que tinha mais experiência do que o SDS rude.
RODRIGO et al, 2013	Grupos experimental (o agente levou os alunos a auto explicar suas decisões de tutoria) e controle (o agente não fazia alertas de auto explicação) com distribuição aleatória dos alunos. A tarefa foi dividida em três etapas: realização do pré-teste, resolução de exercícios de álgebra com a ajuda do tutor, e realização do pós-teste	Foi encontrada uma forte correlação negativa entre a porcentagem de comentários negativos do tutor de um aluno e a exatidão do feedback desse tutor. Também foi encontrada uma fraca correlação negativa entre a porcentagem de comentários negativos feitos por um tutor e seus ganhos de aprendizado

OGAN et al, 2012	Os participantes responderam a um pré-teste e depois trabalharam sozinhos por 20 minutos para se prepararem para a aula particular. Os papéis de tutor e de aluno de cada aula foram distribuídos aleatoriamente entre os participantes. No final, todos responderam a um pós-teste	Os alunos tendem a ser responsáveis pela maior parte do <i>input</i> social (contribuição social) positivo e negativo em um diálogo, enquanto os tutores mantêm a interação no rumo, direcionando a atenção do aluno. No entanto, tutores e alunos atuam em sincronia, que é um índice de amizade. O uso assíncrono da linguagem social - e a negatividade em particular - pode ser uma tentativa do tutor de recolocar o diferencial de poder dos dois papéis, e para o tutor manter o status superior de instrutor. Mas esse conflito se mantém no quadro de amizade, como demonstrado pela falta de resposta negativa do tutor aos insultos dos alunos
MCLAREN et al, 2011	O experimento foi baseado na estrutura fatorial 2x2 com as seguintes variáveis: estilo (polido ou direto) e formato (texto ou áudio + texto) dos feedbacks e dicas. Os alunos foram distribuídos aleatoriamente entre os quatro grupos resultantes das combinações entre as duas variáveis: <ol style="list-style-type: none"> 1. Texto polido 2. Áudio + Texto polidos 3. Texto direto 4. Áudio + Texto diretos A tarefa foi dividida em três etapas: treinamento através de vídeos, problemas de prática com ajuda do tutor e um teste de conhecimento	Os alunos com um menor conhecimento prévio em química tiveram um melhor desempenho ao aprender com o tutor educado. Porém, aconteceu o contrário com os alunos com um maior conhecimento prévio
WANG et al, 2008	Grupos experimental (agente polido) e controle (agente direto), com distribuição aleatória dos alunos. Os participantes assistiram a um vídeo e preencheram um pré-questionário antes de utilizar a ferramenta. Em seguida, eles resolveram exercícios com a ajuda do tutor, sendo que o grupo experimental recebia feedbacks mais polidos e educados, e o grupo controle recebia feedbacks diretos. No final, os alunos preencheram o pós-questionário e realizaram um teste sobre as lições que fizeram no sistema	O agente educado foi mais eficiente e proporcionou uma melhor aprendizagem em relação ao agente direto. Os autores reforçaram que não foi a aparência física do agente o ponto principal, mas sim o estilo de ajuda e feedback.
WANG & JOHNSON, 2008	Grupos experimental (agente polido) e controle (agente direto), com distribuição aleatória dos alunos. Os participantes responderam ao pré-teste e um questionário de personalidade, e em seguida resolveram um problema de projeto de linha de montagem com a ajuda do tutor. No final, os alunos responderam ao pós-teste e um questionário de motivação	Os alunos que receberam tratamento educado tiveram um desempenho significativamente melhor do que os que receberam um feedback direto

Tabela 6: Desenhos dos experimentos e resultados

6 TRABALHO DESENVOLVIDO

O objetivo deste trabalho é analisar os efeitos de diferentes atitudes de agentes pedagógicos animados na aprendizagem, engajamento, emoções e estado de ansiedade de estudantes. Para tanto, foi implementada a Janet, uma Agente Pedagógica Animada com atitudes, que foi integrada ao Sistema Tutor Inteligente PAT2Math. Ela expressa a sua atitude na interação com aluno a partir da fala, velocidade de voz e expressões faciais e possui três versões: amigável, direta e neutra.

Janet tem como objetivo auxiliar os alunos na resolução de equações de primeiro grau pela interface do sistema. Esse suporte pode ser de duas formas¹:

1. **Dicas:** podem ser solicitadas a qualquer momento pelo aluno durante a resolução de um exercício;
2. **Feedbacks de erro:** são disponibilizados quando o aluno erra um passo na equação. Na maioria das vezes esses *feedbacks* informam para o estudante o que está errado e fornecem uma dica para corrigir o erro. Porém, se o sistema não identificar com precisão o erro cometido pelo aluno, a Janet fornece um *feedback* mais genérico.

Além da agente e do sistema de ajuda e *feedback*, foi elaborado um roteiro de exercícios que os alunos resolveram durante o experimento. Os detalhes dessas três atividades realizadas estão descritos nas seções a seguir.

6.1 Agente Pedagógico Animado

A Janet foi desenvolvida a partir das linguagens de programação e marcação WEB: HTML5, CSS e JavaScript. A sua primeira versão foi baseada no *framework Divalite* (SANSONNET et al., 2012), que fornece uma série de recursos que auxiliam na implementação de agentes animados, incluindo:

- Execução de animações a partir de sequências de imagens;
- Movimento da agente pela interface gráfica (via comandos *JavaScript* ou com o próprio mouse em tempo de execução);
- Exibição de falas da agente a partir de balões de texto, como se fosse um personagem de história em quadrinhos (ver Figura 8). E a utilização desses balões é muito simples, basta chamar uma função *JavaScript* passando o texto desejado como parâmetro.

Apesar de suas vantagens, o *Divalite* precisou ser removido do sistema durante o experimento. Ela apresentou vários problemas de travamento durante as sessões e dependendo do

¹Ver seção 2.2.2 para mais detalhes sobre os tipos de assistências de STIs no *inner loop*.

tamanho do texto o balão de fala demorava muito para aparecer, o que estava deixando os alunos impacientes. Para não prejudicar os resultados da avaliação, foi desenvolvida uma nova versão da Janet. As animações foram realizadas a partir de imagens GIF e o texto das falas era exibido na parte inferior da página, como se fosse uma legenda (ver Figura 9).

Além dos recursos visuais, a Janet possui um sistema de áudio, que converte o texto exibido na tela em voz. Esta funcionalidade foi implementada a partir de uma API nativa dos navegadores de internet, denominada *Speech Synthesis*. A *Speech Synthesis* disponibiliza uma lista de vozes em uma grande variedade de idiomas, incluindo o português brasileiro. Além disso, a API permite configurar a velocidade da voz e a sua frequência.

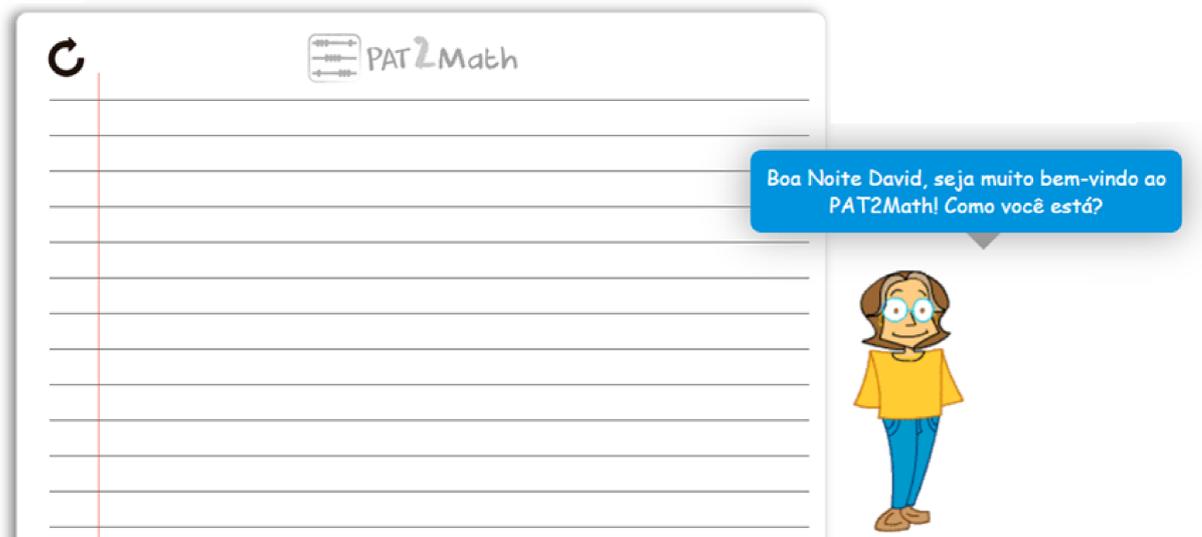


Figura 8: Exemplo de um Balão de Texto Implementado pelo *Framework Divalite*

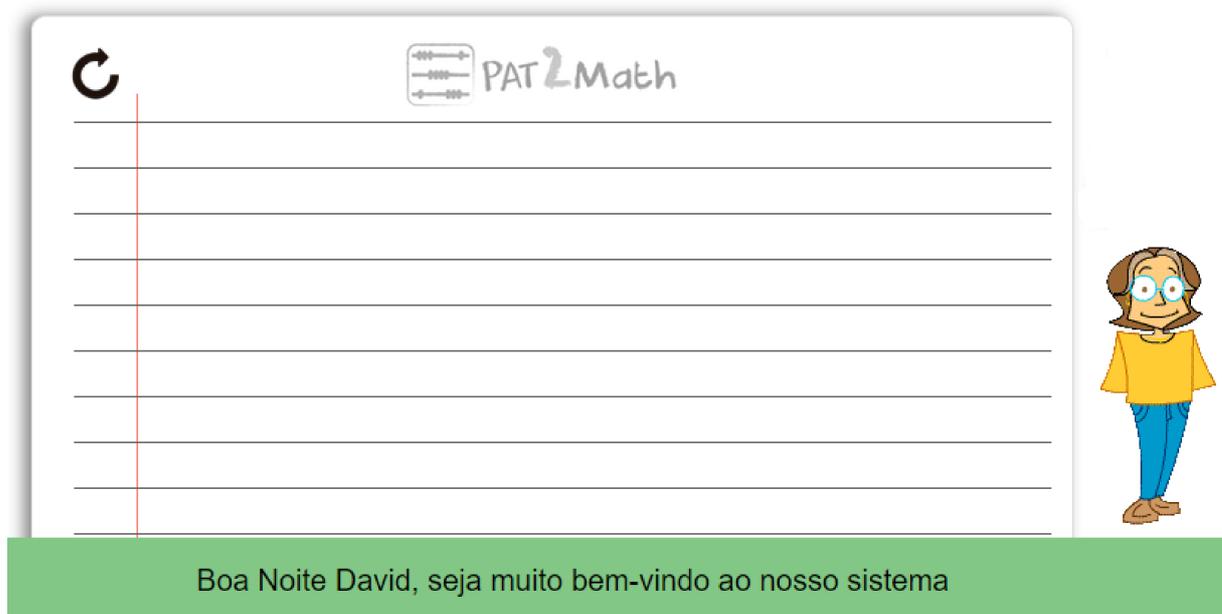


Figura 9: Exemplo de um Texto na Parte Inferior da Página

6.1.1 Atitudes

A Janet² está disponível em três versões, as quais são baseadas em duas atitudes opostas (amigável e direta³) e uma neutra.

Todas as versões possuem a mesma aparência física, mas diferem em três atributos: expressões faciais, velocidade de voz e estilo de fala. A Tabela 7 apresenta um resumo das diferenças entre as versões e o vídeo a seguir mostra a Janet amigável em funcionamento no STI PAT2Math na perspectiva de cada atitude: <https://youtu.be/eBcG0RHvfto>

		
Amigável	Direta	Neutra
Alto nível de educação e polidez	Falas e textos mais diretos, sem polidez	Sem interações afetivas
Incentiva o aluno a pedir ajuda quando sente dificuldades	Chama a atenção do aluno se ele pedir ajuda mais de três vezes seguidas	
Conforta o aluno em caso de erro	Repreende o aluno em caso de erro	
Cumprimenta o aluno após o login no sistema de uma forma mais simpática	Cumprimenta o aluno após o login no sistema de uma forma mais direta	
Velocidade de voz normal	Velocidade de voz um pouco rápida	

Tabela 7: Comparação das Três Versões da Janet

²Janet possui a mesma aparência física da Pat, a primeira agente do PAT2Math, usada inicialmente na tese de doutorado da Patricia Jaques (JAQUES; JAQUES; LEHMANN, 2008), coordenadora do projeto PAT2Math. Porém, foram empregadas tecnologias diferentes para sua implementação, além delas terem papéis diferentes no STI PAT2Math.

³A ideia original seria considerar a atitude rude no lugar da direta, que seria o nível máximo de oposição à amigável. Entretanto, essa ideia foi abandonada porque ela poderia trazer efeitos negativos para os alunos.

6.1.1.1 Amigável

A Janet amigável sempre possui uma expressão facial feliz e tem como principais características a simpatia e educação com o aluno. Ela o cumprimenta toda vez em que faz login de uma maneira gentil e amistosa.

Quando o estudante pede uma dica à Janet, ela o encoraja a pedir mais uma dica se a atual não estiver muito clara. Para não ficar muito repetitivo, a Janet encoraja o aluno a cada dois pedidos de dicas de nível 3 ou inferior. Conforme explicado na seção 6.2, as dicas de nível 4 e 5 são as mais específicas, assim não é necessário mais encorajamento quando o estudante chegar nesses níveis de dicas. Quando o aluno comete um erro, a Janet o conforta explicando que os erros também fazem parte do aprendizado e que ele não deve desistir. Assim como no caso das dicas, a Janet só o conforta a cada dois erros. Além disso, se o estudante apresentar um bom desempenho no exercício, isto é, se pedir no máximo uma dica e cometer no máximo um erro, a Janet o parabeniza com frases motivadoras e elogios.

6.1.1.2 Direta

A Janet direta sempre possui uma expressão facial bem séria⁴ e tem como principal característica a severidade com o aluno. Ela o cumprimenta toda vez em que faz login com frases mais curtas e diretas, não tão gentis como a Janet amigável.

Quando o aluno pede mais de três dicas seguidas à Janet, ela chama a atenção dele, lembrando que já estudou esse conteúdo anteriormente. Como o objetivo da Janet é ser direta e não grosseira, ela chama a atenção do aluno a cada dois pedidos de ajuda, somente nas dicas de nível 4 e 5. Quando o aluno comete um erro, a Janet o repreende ou o chama pelo primeiro nome. Assim como no caso das dicas, a Janet só o repreende a cada dois erros. Além disso, se o estudante apresentar um bom desempenho no exercício, a Janet o parabeniza, pois até mesmo os professores mais diretos sabem reconhecer quando os seus alunos vão bem na matéria e procuram motivá-los. (RUZEK et al., 2016).

A Tabela 8 apresenta uma comparação dos cumprimentos iniciais e das demais falas da Janet com as atitudes amigável e direta.

6.1.1.3 Neutra

A Janet neutra sempre possui uma expressão facial sem demonstrar emoções. Ela somente fornece dicas e *feedbacks* de erro, sem falas adicionais. Além disso, a Janet neutra não cumprimenta o aluno quando faz login no sistema e não o parabeniza quando apresenta um bom desempenho nos exercícios.

⁴A aparência pode dar a impressão que a agente é rude. Entretanto, uma pessoa rude tende a agir com grosseria; no caso da agente, ela somente é séria e direta.

Cumprimento Inicial	
Amigável	Direta
Bom dia/tarde/noite [nome do aluno], seja muito bem-vindo ao nosso sistema	Bom dia/tarde/noite [nome do aluno]
Olá [nome do aluno], bom dia/tarde/noite. Desejo uma ótima sessão aqui no nosso sistema!	Olá [nome do aluno], bem-vindo ao nosso sistema
Olá [nome do aluno], seja muito bem-vindo ao nosso sistema!	Oi [nome do aluno], bom dia/tarde/noite
Pedidos de Dicas	
Amigável	Direta
Lembre-se que você pode clicar sobre mim novamente se ainda estiver com dúvidas neste exercício.	Chama o aluno pelo primeiro nome
Fico feliz que você me chamou quando sentiu dificuldades nesse exercício, sinto que estou sendo útil para melhorar o seu aprendizado!	Eu ajudarei com essa dúvida, mas lembre-se que nós já estudamos esse conteúdo antes. Talvez seja necessária uma maior atenção a partir de agora.
Continue me chamando quando tiver alguma dúvida nos exercícios, estou aqui para ajudar!	Lembre-se que nós já vimos essa matéria antes.
Erros Cometidos	
Amigável	Direta
[nome do aluno], não desanime com esse erro. Lembre-se que os erros também fazem parte do aprendizado.	Chama o aluno pelo primeiro nome
[nome do aluno], lembre-se que estou aqui para ajudar. Se precisar de uma dica adicional para esse exercício, é só clicar sobre mim.	Você já fez exercícios como esse, preste um pouco mais de atenção para não repetir o erro.
Se você ainda estiver com dúvidas nesse exercício, clique sobre mim que ficarei muito feliz de ajudar.	Lembre-se que nós já estudamos esse conteúdo antes.
Bom Desempenho	
Amigável	Direta
Parabéns [nome do aluno], você foi muito bem nesse exercício!	Parabéns pelo bom desempenho nesse exercício!
Muito bem! Você apresentou ótimos resultados nesse exercício, continue assim!	[nome do aluno], gostei do seu desempenho nesse exercício. Espero que continue assim!
Você apresentou um excelente desempenho nesse exercício, parabéns [nome do aluno]!	[nome do aluno], você foi bem nesse exercício. Parabéns!

Tabela 8: Comparação das Falas da Janet com as Atitudes Amigável e Direta

6.2 Sistema de Ajuda e *Feedback*

Anteriormente, PAT2Math contava com um sistema de dicas baseado em cinco níveis, sendo que os dois primeiros oferecem dicas mais genéricas e que exigem um maior raciocínio, o terceiro e o quarto mostram dicas mais pontuais e o quinto nível indica a resposta do próximo passo ao aluno.

O tutor também fornece *feedbacks* de erro com três níveis, que auxiliam o aluno a corrigir o passo errado no sistema. Assim como nas dicas, quanto maior o nível, mais específico é o *feedback*, e o último nível revela a resposta do próximo passo ao estudante.

O sistema desenvolvido segue a mesma técnica de divisão por níveis descrita anteriormente, mas agora eles estão escritos em uma linguagem mais informal e acessível para os alunos. Esse sistema foi implementado de forma genérica, podendo ser utilizado para quaisquer equações de primeiro grau com uma incógnita. A única limitação é para as equações que possuem frações com a incógnita no denominador. Mas se a incógnita estiver no numerador, o sistema funcionará corretamente. A tabela que lista todas as possibilidades de dicas e *feedbacks* de erro está disponível em: <https://tinyurl.com/dicas-e-feedbacks>.

6.3 Roteiro de Exercícios

Os exercícios que os alunos resolveram durante o experimento foram elaborados com o auxílio de duas professoras de matemática. As equações foram distribuídas em sete planos de aula, sendo que o primeiro possui equações no formato $ax + b = c$ e com vários termos, pois os alunos já aprenderam os conteúdos básicos das equações e muito deles já estavam avançados no tutor. O motivo da criação de novos exercícios é para que todos os estudantes pudessem começar do mesmo ponto, tornando a análise mais completa dos progressos deles durante a avaliação. A Tabela 9 possui a lista completa dos planos de aula, bem como suas descrições e exemplos de equações.

Plano	Descrição	Exemplo de equação
1	Revisão geral, com equações no formato $ax + b = c$ com vários termos	$4x + 2x = 42 - 10x$
2	Equações que envolvem adição, subtração e multiplicação de números e termos entre parênteses	$5x - (x - 2) + 4(3x + 8) = 10$
3	Razão e proporção	$\frac{4x}{2} = \frac{x + 10}{5}$
4	Frações simples com denominadores diferentes que exigem o cálculo do Mínimo Múltiplo Comum	$\frac{x}{4} + \frac{2x}{5} - \frac{5}{2} = 42$
5	Frações com numeradores compostos	$\frac{x + 2}{8} + \frac{x}{4} - \frac{2x - 6}{8} = 12$
6	Frações com propriedade distributiva	$\frac{3(2x - 5)}{4} + \frac{5x}{2} = 20$
7	Desafio com as equações mais difíceis que misturam todos os conteúdos aprendidos	$-\frac{121x}{11} = \frac{385x}{55} - 22(11 + 22x)$

Tabela 9: Lista de Planos de Aula Elaborados Para o Experimento

7 AVALIAÇÃO: MÉTODO

Esta seção descreve a avaliação experimental que foi realizada no segundo semestre de 2019 na escola parceira do projeto PAT2Math. O experimento teve uma duração total de 10 semanas, nas quais os alunos utilizaram o sistema desenvolvido no laboratório de informática do colégio durante um período de 50 minutos.

7.1 Participantes

Participaram da avaliação 71 alunos do sétimo ano do ensino fundamental, sendo 37 meninas e 34 meninos, com idades de 12 a 14 anos (média de 12,7 anos e desvio padrão de 0,597). Esses alunos foram distribuídos aleatoriamente entre os três grupos do experimento (agente amigável, direta e neutra).

7.2 Materiais

Foram utilizados três diferentes materiais para a coleta de dados – testes de conhecimento, *logs* dos usuários no sistema e questionários – os quais estão descritos nas subseções a seguir:

7.2.1 Testes de Conhecimento

Os testes de conhecimento tiveram como objetivo medir o nível de conhecimento dos alunos no conteúdo de equações. Cada teste foi composto por 12 equações com diferentes níveis de dificuldade, sendo que o nível aumenta gradualmente a cada equação. As notas foram calculadas na base 10, e os alunos poderiam ter certos de 50% e 25%. O primeiro caso é quando o estudante acerta o valor final, mas erra o sinal (positivo ou negativo) e o segundo é quando o aluno erra a resposta final mas acerta a maioria dos passos.

Os alunos responderam aos testes em um módulo dedicado para provas no PAT2Math, no qual o sistema corrige automaticamente as questões resolvidas e informa a nota final quando o aluno selecionar a opção de finalizar o teste. Os estudantes também podem conferir quais foram os passos que acertaram e erraram de cada uma das equações.

7.2.2 *Logs* dos usuários no sistema

As interações dos alunos no sistema foram registradas no banco de dados do servidor. Para esta avaliação, foram consideradas as seguintes informações: (1) total de equações resolvidas; (2) número de vezes que a Janet foi desativada.

7.2.3 Questionários

Os alunos responderam aos questionários a partir da ferramenta on-line do *Google Forms*, os quais foram organizados em seis seções (o texto completo do questionário está disponível no apêndice A).

A primeira seção corresponde à apresentação do questionário e possui algumas orientações para os alunos responderem às próximas perguntas. Na seção seguinte os alunos informam os seus dados de identificação (nome completo, idade e sexo).

A terceira seção é dedicada para o Inventário De Ansiedade Traço-Estado (IDATE), que corresponde a um questionário validado na literatura. (SPIELBERGER; BIAGGIO; NATALÍCIO, 1979). O IDATE mede o nível de ansiedade da pessoa a partir de 20 perguntas sobre sentimentos pessoais, cujas respostas possuem quatro níveis de intensidade. O coeficiente de ansiedade é calculado a partir da soma dos valores das respostas dos alunos (como as respostas podem ser de 1 a 4, o coeficiente varia entre 20 e 80. Para obter a soma correta foi necessário inverter os valores das respostas nas perguntas positivas, pois quanto maior o valor da resposta, maior é o grau de ansiedade. As perguntas positivas são aquelas que, quanto maior o valor, menor é o nível de ansiedade avaliado (por exemplo: Você se sente calmo neste momento?).

Na quarta seção os estudantes avaliam as características funcionais da agente a partir de uma escala *Likert* de 1 a 5. Essas características são compostas pelas expressões faciais, tom de voz, dicas e *feedbacks* de erro fornecidos pela agente. A quinta seção possui mais perguntas em relação à agente com uma escala *Likert* de 1 a 5, nas quais os alunos expressam a sua satisfação geral com a agente.

A última seção pergunta ao aluno o que costuma fazer quando sente dificuldades (por exemplo, pedir ajuda ou tentar resolver o problema sozinho) e se ele ficou satisfeito com a agente (nesse caso as respostas possíveis são "sim" e "não"). Além disso, esta seção fornece um espaço para os alunos escreverem com as próprias palavras as suas impressões em relação à agente.

7.3 Procedimentos

A avaliação foi dividida em duas partes de mesma duração, sendo que no final da primeira parte ocorreu uma troca nas atitudes amigável e direta: os alunos que estavam com a agente amigável passaram a utilizar a agente direta e vice-versa (os alunos do grupo controle permaneceram utilizando a agente neutra). Dessa maneira foi possível considerar o efeito da troca de atitudes na validação das hipóteses descritas na seção 1.1.

A Figura 10 apresenta o desenho do experimento. Na 1ª semana os alunos resolveram ao pré-teste de conhecimento. Na semana seguinte foi realizado um teste piloto do sistema. Entre a 3ª e a 5ª semana ocorreu a primeira parte da avaliação, sendo que nos 15 minutos finais da quinta sessão os alunos responderam ao questionário referente às três semanas de utilização do sistema.

GRUPO	1ª PARTE					2ª PARTE			
	1ª SESSÃO	2ª SESSÃO	3ª e 4ª SESSÃO	5ª SESSÃO	6ª SESSÃO	TROCA DE GRUPOS	7ª e 8ª SESSÃO	9ª SESSÃO	10ª SESSÃO
 Agente Amigável	 Pré-Teste (1ª parte)	Teste Piloto	Intervenção PAT2Math	Intervenção PAT2Math + Questionário nos 15 minutos finais 	 Pós-Teste (1ª parte) Pré-Teste (2ª parte)	 Agente Direta	Intervenção PAT2Math	Intervenção PAT2Math + Questionário nos 15 minutos finais 	 Pós-Teste (2ª parte)
 Agente Direta						 Agente Amigável			
 Agente Neutra						 Agente Neutra			
	26/09	03/10	10/10 e 17/10	31/10	07/11		14/11 e 21/11	28/11	05/12

Figura 10: Desenho do Experimento

Observação: Os alunos já estavam utilizando o PAT2Math desde o início do ano, assim não foi necessária uma apresentação do sistema na primeira sessão do experimento.

Na 6ª semana os alunos responderam ao pós-teste da primeira parte da avaliação, que também serviu como pré-teste para a segunda parte. Na 7ª semana ocorreu a troca das atitudes amigável e direta, que marcou o início da segunda parte do experimento. Essa segunda parte teve sua conclusão na 9ª semana, na qual os alunos responderam ao questionário nos 15 minutos finais. Finalmente, na 10ª semana, os alunos responderam ao pós-teste da segunda parte do experimento.

8 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados da avaliação experimental realizada com a Janet – uma agente pedagógica animada com atitudes afetivas que foi desenvolvida e integrada ao STI PAT2Math – estão descritos neste capítulo. O objetivo geral da avaliação é verificar o impacto das diferentes atitudes da Janet nos alunos em relação ao engajamento, aprendizagem, emoções e estado de ansiedade.

Este capítulo foi dividido em seis seções: as cinco primeiras correspondem à validação dos cinco grupos de hipóteses deste trabalho e a última sessão descreve as limitações do experimento.

8.1 Questionário de Engajamento e *Logs* no Sistema

As seguintes hipóteses foram validadas nesta seção:

H₁: Uma agente com atitudes é mais engajadora do que uma agente sem atitudes e o engajamento é maior para atitudes mais amigáveis da agente.

H_{1.1}: Alunos que interagem com a agente amigável são mais engajados do que os alunos que interagem com as agentes direta e neutra.

H_{1.2}: Alunos que interagem com a agente direta serão mais engajados do que os alunos que interagem com a agente neutra.

O nível de engajamento dos alunos foi estimado a partir de duas fontes de dados:

1. **Questionário sobre a Janet**: quanto mais eles gostaram da agente, mais engajados estavam com a utilização do sistema. As perguntas foram divididas em três grupos: características técnicas da agente (expressões faciais, tom de voz, dicas e *feedbacks*), satisfação com a Janet e impressões gerais em relação à agente (pergunta opcional, onde os alunos poderiam escrever as suas impressões com as próprias palavras). Para cada pergunta, foram calculados a média e o desvio padrão das respostas dos três grupos do experimento.
2. **Logs no sistema**: quanto mais equações eles resolveram e menos vezes desativaram a Janet, mais engajado estavam com o uso do sistema. Assim sendo, os *logs* considerados foram o número de equações resolvidas e o número de vezes que a agente foi desativada.

As Figuras 11 e 12 contêm os gráficos com os resultados do questionário nas duas partes da avaliação e a Figura 13 contêm os diagramas de Caixa Estreita que mostram a variação das respostas dos alunos em relação à satisfação geral com a Janet. Observa-se que, na maior parte das perguntas, os alunos que utilizaram a Janet amigável registraram avaliações mais positivas nas duas partes do experimento e se mostraram mais engajados em utilizar o sistema com a agente do que os demais grupos. Além disso, ao comparar as avaliações dos grupos das atitudes direta e neutra, verifica-se que a Janet direta teve uma avaliação levemente superior em relação à Janet neutra. Também é possível observar que, na segunda parte do experimento, as funções da Janet amigável teve um maior destaque em relação à primeira etapa. Uma possível causa é o

sistema de voz, que funcionou corretamente para todos os alunos somente na segunda parte do experimento (essa e outras limitações do experimento foram descritas na seção 8.6).

O questionário também contou com uma seção em que os alunos poderiam escrever as opiniões sobre a Janet com as suas próprias palavras. A Tabela 10 contém as principais respostas dos alunos em relação às três versões da agente. Observa-se que os comentários dos alunos estão de acordo com os resultados das perguntas objetivas, onde a Janet amigável foi mais bem aceita e melhor avaliada. Em relação à Janet direta, os alunos reclamaram que ela ficava sempre com a expressão brava e que não se sentiam muito motivados com ela, inclusive um dos alunos se sentiu incomodado com a presença dela. Por último, é possível constatar que os alunos que utilizaram a Janet neutra sentiram falta de interações afetivas; conforme foi descrito na seção 6, a Janet neutra não cumprimenta o aluno quando ele entra no sistema e nem o parabeniza quando apresenta um ótimo desempenho nas atividades. Essa situação reforça a importância de integrar características afetivas nos Agentes Pedagógicos Animados.

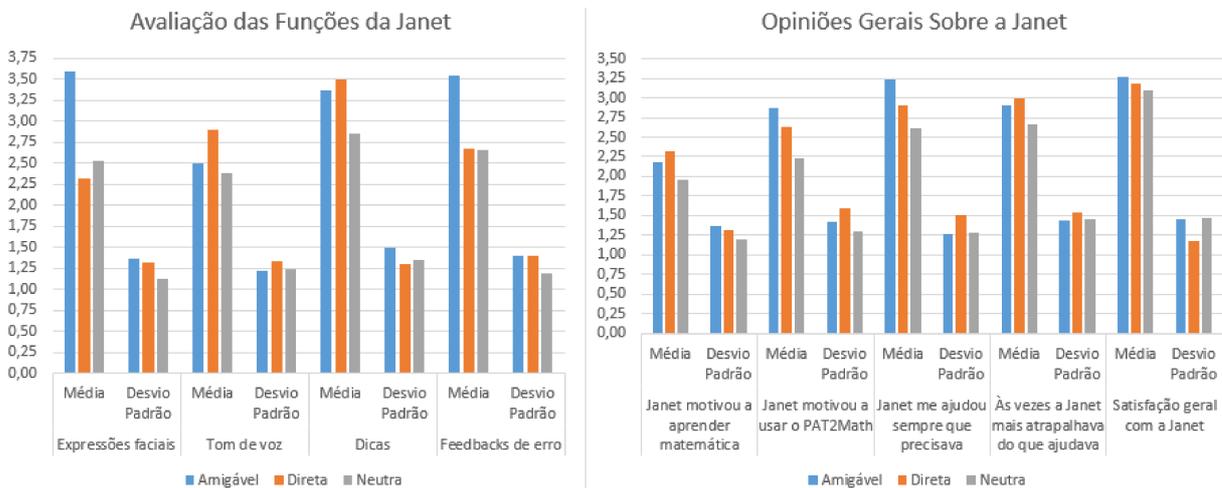


Figura 11: Opiniões Sobre a Janet na Primeira Parte do Experimento

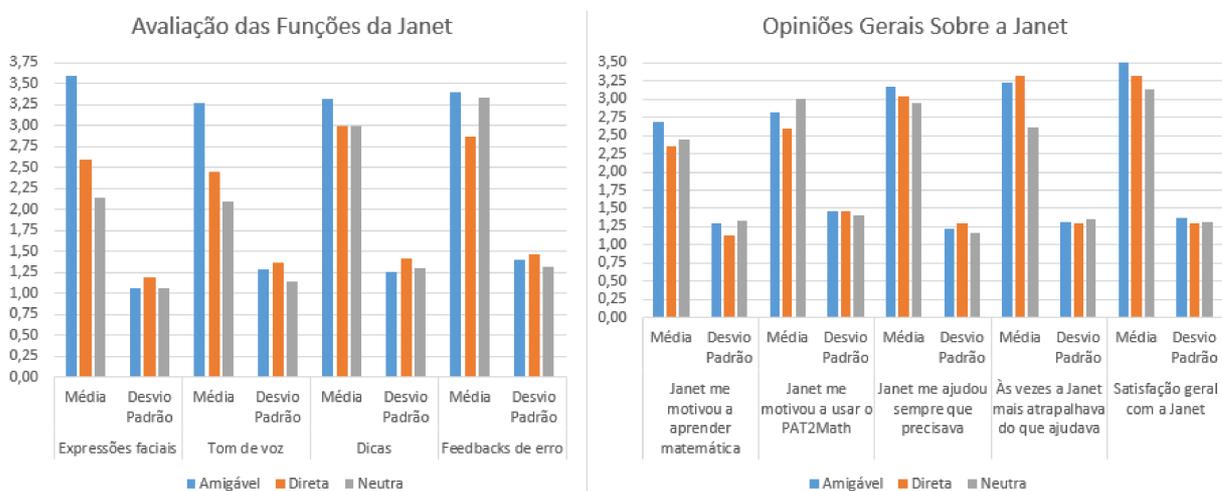


Figura 12: Opiniões Sobre a Janet na Segunda Parte do Experimento

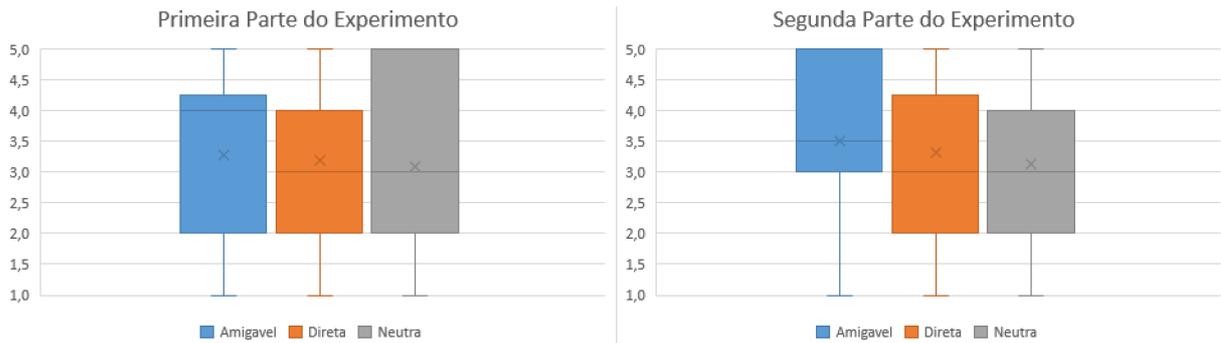


Figura 13: Variação das Respostas Sobre a Satisfação Geral com a Janet

Agente Amigável	Agente Direta	Agente Neutra
Eu achei ela legal e ela me ajudou bastante	Ela tá sempre brava comigo :/	Horrível, nunca sorri para mim, fiquei magoado
AMEI	Ela não me motiva muito e suas ajudas atrapalham mais do que ajudam	Ela nem fala comigo, mas quando erro ela ajuda um pouco! :(
Achei bem legal pois me ajudava com algumas dúvidas	Janet me deixou incomodada	Ela não falava nenhuma vez comigo e por isso não tenho nada a falar e nunca me dava parabéns quando eu acertava uma conta
Eu gostei dela pois me ajudou quando eu precisava	Ela ficava com a expressão brava comigo e não entendia o que ela falava	Ela nunca falava comigo estava sempre séria e nunca me dava os parabéns quando eu acertava alguma conta bacana

Tabela 10: Principais Opiniões dos Alunos Sobre a Janet

Em relação aos *logs* do sistema, a Tabela 11 contém a média de equações resolvidas e do número de vezes que os alunos desativaram a Janet em cada um dos três grupos e as Figuras 14 e 15 contêm os diagramas de Caixa Estreita dessas informações. Pode-se observar que os alunos que utilizaram a Janet neutra resolveram mais equações na primeira etapa do experimento, e na segunda parte os alunos do grupo amigável concluíram mais exercícios. Isso pode ter acontecido porque na segunda etapa as equações eram mais complexas e os alunos que utilizaram a Janet amigável se sentiam mais confortáveis para pedir ajuda (ver Tabela 10). Além disso, a Janet amigável foi desativada menos vezes que a direta e a neutra em ambas as partes do experimento, sendo que na primeira nenhum aluno a desativou. Também é possível verificar que na primeira parte do experimento poucos alunos desativaram a Janet em ambos os grupos: como a Janet era uma novidade, a grande maioria dos alunos pode ter decidido explorar mais os recursos dela durante as primeiras semanas da avaliação.

PARTE 1 DO EXPERIMENTO				
	Equações resolvidas		Nº de vezes que desativou a Janet	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
Amigável	27,75	15,3375	0	0
Direta	29,04	14,2721	0,04	0,20412
Neutra	34,78	13,0103	0,04	0,20851
PARTE 2 DO EXPERIMENTO				
	Equações resolvidas		Nº de vezes que desativou a Janet	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
Amigável	28,33	12,2143	0,25	0,89685
Direta	26,67	12,1464	1,42	2,06243
Neutra	26,96	8,71508	0,65	1,07063

Tabela 11: Logs dos Usuários no Sistema

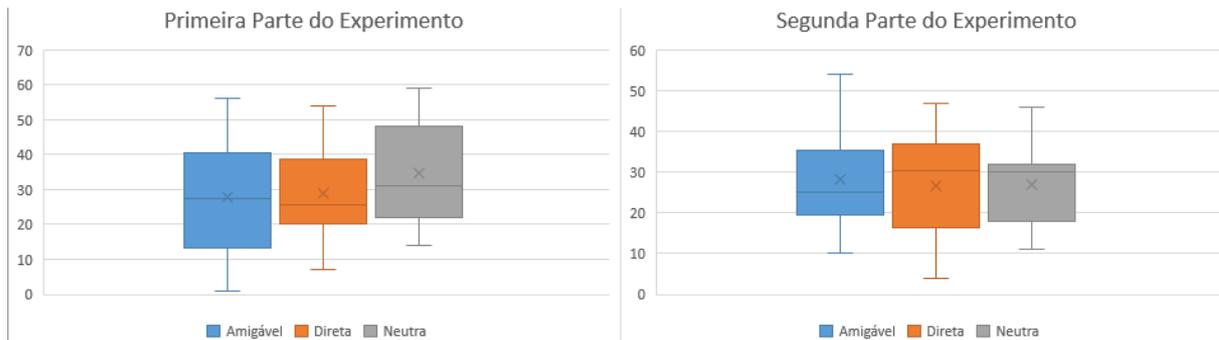


Figura 14: Variação da Quantidade de Equações Resolvidas



Figura 15: Variação do Número de Vezes que a Janet Foi Desativada

8.1.1 Análise estatística

Todas as respostas do questionário e os *logs* do sistema foram analisados pelo Teste de Normalidade de *Shapiro-Wilk*, apresentando distribuições significativamente não-normais. Assim, assumindo os testes não paramétricos, as análises foram realizadas a partir do teste de *Kruskal-*

Wallis.

Foram identificadas diferenças com significância estatística nas respostas de duas perguntas em cada parte do experimento, sendo que na segunda parte também foi verificada uma diferença significativa no número de vezes que os alunos desativaram a Janet. Na primeira parte, houve diferença na avaliação das expressões faciais (com $p < 0,01$) e dos *feedbacks* de erro (com $p < 0,05$) da Janet. Na segunda etapa do experimento, houve diferença nas opiniões sobre as expressões faciais (com $p < 0,001$) e no tom de voz (com $p < 0,02$) da Janet, além do número de vezes que os alunos a desativaram (com $p < 0,02$). Assim sendo, uma comparação *Posthoc* dos resultados dessas perguntas do questionário foi realizada a partir do teste de *Wilcoxon*, conforme mostra a Tabela 12. Também foi calculado o tamanho do efeito *d de Cohen* de todas essas comparações (ver Tabela 13). Por último, a tabela 14 mostra os resultados do teste de *Wilcoxon* no número de vezes que a Janet foi desativada, bem como o tamanho do efeito.

PARTE 1 DO EXPERIMENTO						
Pergunta	Amigável × Direta		Amigável × Neutra		Direta × Neutra	
	W	p	W	p	W	p
Expressões faciais	123	0,0022	125,5	0,0045	260,5	0,7741
Feedbacks de erro	158,5	0,0232	142	0,0138	233,5	0,53
PARTE 2 DO EXPERIMENTO						
Pergunta	Amigável × Direta		Amigável × Neutra		Direta × Neutra	
	W	p	W	p	W	p
Expressões faciais	131	0,0036	77,5	0,0012	184,5	0,0824
Tom de voz	164,5	0,0316	115,5	0,0012	211	0,2285

Tabela 12: Teste de *Wilcoxon* Sobre os Resultados das Perguntas com Significância Estatística

PARTE 1 DO EXPERIMENTO			
Pergunta	Amigável × Direta	Amigável × Neutra	Direta × Neutra
Expressões faciais	d = 0,9456 (grande)	d = 0,8504 (grande)	d = -0,1672 (pequeno)
Feedbacks de erro	d = 0,6172 (médio)	d = 0,6720 (médio)	d = 0,0116 (pequeno)
PARTE 2 DO EXPERIMENTO			
Pergunta	Amigável × Direta	Amigável × Neutra	Direta × Neutra
Expressões faciais	d = 0,8933 (grande)	d = 1,3912 (grande)	d = 0,4089 (pequeno)
Tom de voz	d = 0,6171 (médio)	d = 0,9873 (grande)	d = 0,2917 (pequeno)

Tabela 13: Tamanho do Efeito *d de Cohen* dos Resultados das Perguntas com Significância Estatística

Comparação	Teste de Wilcoxon		Tamanho do Efeito
	W	p	
Amigável × Direta	395	0,0025	d = 0,7336 (médio)
Amigável × Neutra	334	0,0372	d = 0,4080 (pequeno)
Direta × Neutra	223	0,9041	d = 0,4623 (pequeno)

Tabela 14: Teste de Wilcoxon e Tamanho do Efeito *d de Cohen* do Número de Vezes que a Janet foi Desativada

Observa-se que existe uma diferença significativa entre todas as comparações que envolvem a Janet amigável, estando de acordo com a hipótese 1.1 que sugere que a agente amigável é mais efetiva para promover o engajamento. Além disso, o tamanho de efeito foi grande para a metade das comparações (5 das 10). Entretanto, a hipótese 1.2 foi rejeitada, pois não houve diferenças significativas entre as opiniões sobre a Janet direta e neutra.

8.2 Desempenho nos Testes de Conhecimento

Esta seção valida o segundo grupo de hipóteses:

H₂: Uma agente com atitudes é mais eficiente para promover aprendizagem do que uma agente sem atitudes e a aprendizagem é maior para atitudes mais amigáveis da agente.

H_{2.1}: Alunos que interagem com a agente amigável obtêm um melhor desempenho do que os alunos que interagem com as agentes direta e neutra.

H_{2.2}: Alunos que interagem com a agente direta obtêm um melhor desempenho do que os alunos que interagem com a agente neutra.

A Figura 16 contém os gráficos com as notas que os alunos conseguiram nos testes de conhecimento nas duas etapas da avaliação¹. Os ganhos de aprendizado foram calculados a partir da diferença entre a nota do pós-teste pela nota do pré-teste. A variação desses ganhos entre os três grupos pode ser conferida nos diagramas de Caixa Estreita da Figura 17.

Observa-se que em ambas as partes do experimento os alunos que utilizaram a Janet amigável obtiveram um maior ganho de aprendizado em relação aos grupos da Janet direta e neutra. Além disso, os alunos que contaram com a Janet direta apresentaram um melhor desempenho do que o grupo que utilizou a Janet neutra (apesar de esse terceiro grupo ter apresentado as maiores médias, ele não obteve o maior nível de ganhos de aprendizado).

¹O desenho do experimento representado pela Figura 10 mostrou que o pós-teste da primeira etapa da avaliação foi utilizado como pré-teste da segunda etapa. Entretanto, segundo os gráficos da Figura 16, as médias das notas dos pós-testes da primeira parte são diferentes das médias dos pré-testes na segunda parte. Isso aconteceu porque não foram todos os alunos que realizaram o pós-teste na segunda etapa do experimento, assim só foram consideradas as notas dos alunos que realizaram o pré-teste e pós-teste dessa segunda parte.

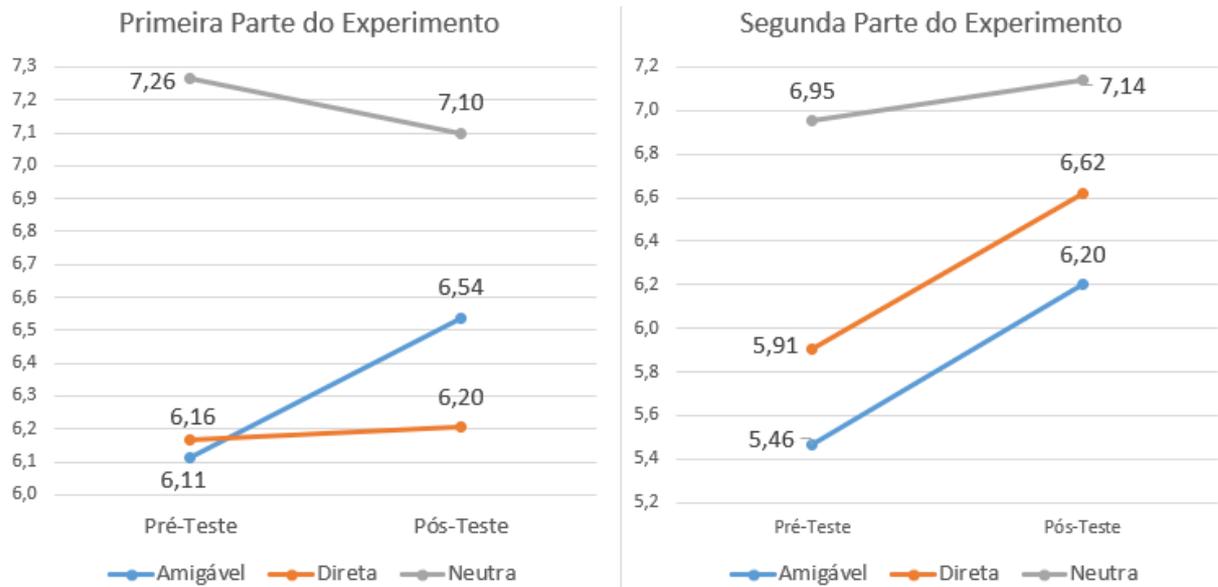


Figura 16: Resultados dos Testes de Conhecimento

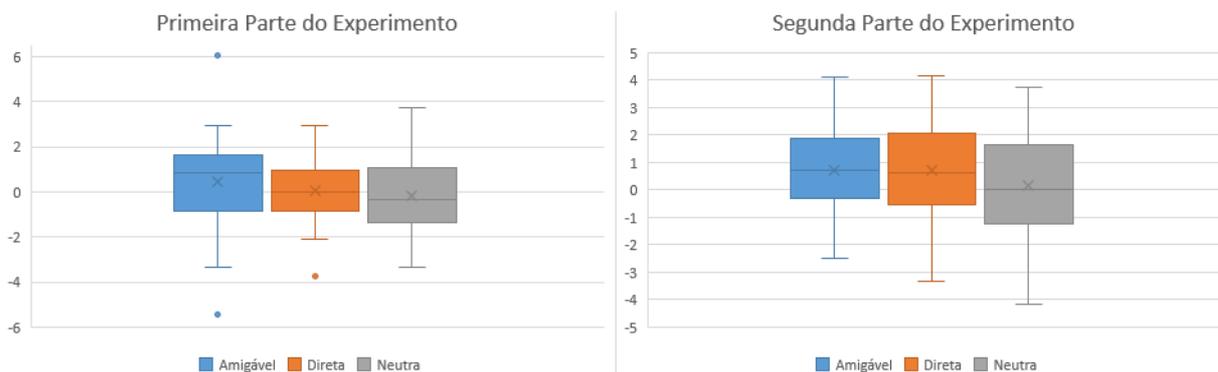


Figura 17: Variação de Ganhos de Aprendizado

8.2.1 Análise estatística

Os resultados dos testes de conhecimento foram analisados pelo Teste de Normalidade de *Shapiro-Wilk*, os quais seguem uma distribuição normal. Dessa maneira, os testes foram realizados a partir da Análise de Covariância (ANCOVA), com o pré-teste como covariável.

Apesar de os gráficos apresentarem diferenças notáveis de ganhos de aprendizado entre os três grupos, não foram encontradas diferenças com significância estatística. Acredita-se que o tamanho pequeno das amostras de alunos que realizaram pré-teste e o pós-teste tiveram um impacto negativo nesses resultados, principalmente na segunda etapa do experimento: vários alunos faltaram no dia do pós-teste, o que resultou em amostras com menos de 15 estudantes. Assim sendo, a hipótese 2 e suas derivadas foram rejeitadas.

8.3 Relações Entre o Conhecimento Prévio dos Alunos e a Aceitação da Agente

As hipóteses abaixo, que pertencem ao terceiro grupo, foram validadas nesta seção:

H₃: Uma agente com atitudes é mais aceita pelos alunos do que uma agente sem atitudes e o conhecimento prévio dos alunos interfere na aceitação da agente

H_{3,1}: A agente amigável possui uma melhor aceitação pelos alunos com um menor conhecimento prévio na matéria.

H_{3,2}: A agente direta possui uma melhor aceitação pelos alunos com um maior conhecimento prévio na matéria.

O conhecimento prévio dos alunos na matéria foi calculado a partir das notas no pré-teste (quanto maior a nota, maior o conhecimento prévio) e o nível de aceitação da agente pelos alunos foi obtido a partir da pergunta do questionário sobre a satisfação geral com a Janet. Assim sendo, os alunos foram classificados em quatro grupos a partir da relação Atitude da Janet x Conhecimento Prévio:

1. Janet Amigável (alunos com maior conhecimento prévio);
2. Janet Amigável (alunos com menor conhecimento prévio);
3. Janet Direta (alunos com maior conhecimento prévio);
4. Janet Direta (alunos com menor conhecimento prévio);

A Figura 18 apresenta o gráfico da satisfação geral com a Janet na perspectiva dos quatro grupos acima. Observa-se que na primeira parte do experimento, os alunos com menor conhecimento prévio gostaram mais da agente, independente da atitude. Isso significa que os estudantes preferem dispor de mais assistência quando possuem menos experiência na matéria. Na segunda etapa, ocorreu o contrário: os estudantes com maior conhecimento prévio gostaram mais da agente, seja com atitude amigável ou direta.. Uma possível explicação para isso é que os alunos atribuíram à agente o seu sucesso na primeira parte da avaliação.

8.3.1 Análise estatística

Os resultados da pergunta sobre a satisfação geral com a Janet foram analisados pelo Teste de Normalidade de *Shapiro-Wilk*, os quais seguem uma distribuição normal. Dessa maneira, as análises foram realizadas a partir do teste *t de Student*.

Foi identificada uma diferença marginalmente significativa (com $p < 0,09$) na aceitação da Janet amigável na primeira parte do experimento. Porém, conforme observado no gráfico da figura 18, não foi possível aceitar a hipótese 3.1, pois essa situação não se repetiu na segunda etapa do experimento. A hipótese 3.2 também foi rejeitada pela falta de diferenças com significância estatística, o que confirma os resultados do gráfico anterior.

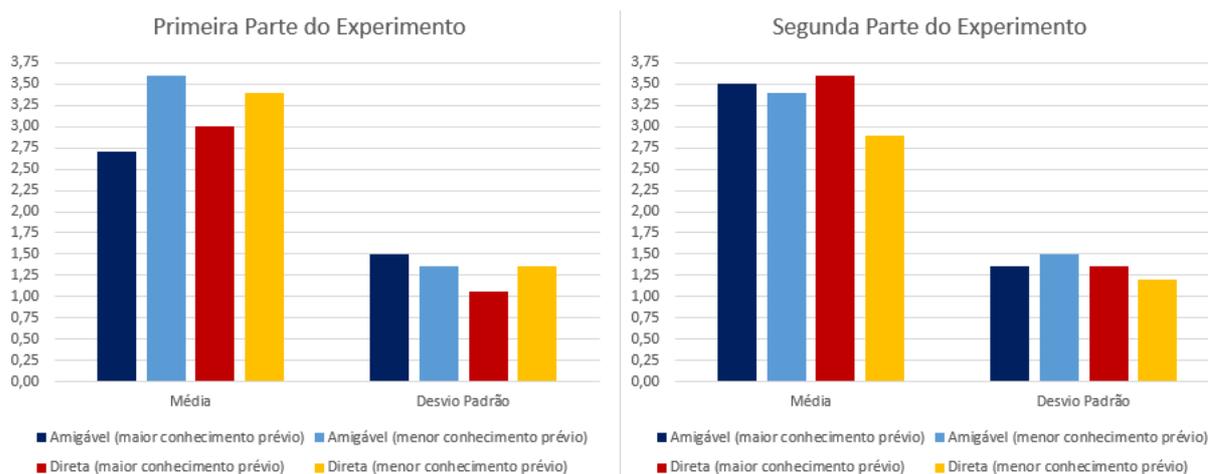


Figura 18: Satisfação Geral com a Janet e Conhecimento Prévio

8.4 Questionário IDATE-E: Emoções

Esta seção valida as seguintes hipóteses:

H₄: Uma agente com atitudes possui uma maior influência nas emoções dos alunos do que uma agente sem atitudes e a influência é mais positiva para atitudes mais amigáveis da agente

H_{4.1}: A agente amigável promove mais emoções positivas nos alunos em relação às agentes direta e neutra.

H_{4.2}: A agente direta promove menos emoções positivas nos alunos em relação às agentes amigável e neutra.

As emoções dos alunos foram mensuradas a partir de suas respostas no questionário IDATE-E. Esse questionário possui uma lista de 20 emoções, sendo 10 positivas e 10 negativas. Os estudantes avaliaram a intensidade dessas emoções que estavam sentindo naquele momento, a partir de uma escala de 1 (absolutamente não) a 4 (muitíssimo).

Os gráficos da Figura 19 mostram as médias da intensidade de emoções positivas e negativas que os alunos estavam sentindo durante a resolução do questionário nas duas etapas do experimento e as Figuras 20 e 21 contêm os diagramas de Caixa Estreita que mostram a variação das intensidades dessas emoções.

Observa-se que, na primeira parte do experimento, houve uma maior intensidade de emoções positivas nos alunos que utilizaram a Janet direta na primeira parte do experimento e uma maior intensidade de emoções negativas nos estudantes que contaram com a Janet amigável. Por sua vez, na segunda etapa da avaliação, houve uma maior intensidade de emoções positivas nos estudantes do grupo da Janet amigável e uma menor intensidade nos alunos do grupo da Janet direta. Além disso, os alunos que utilizaram a Janet direta relataram mais emoções negativas do que os demais estudantes. Dessa maneira, os resultados da segunda parte do experimento estão de acordo com os hipóteses 4.1 e 4.2.

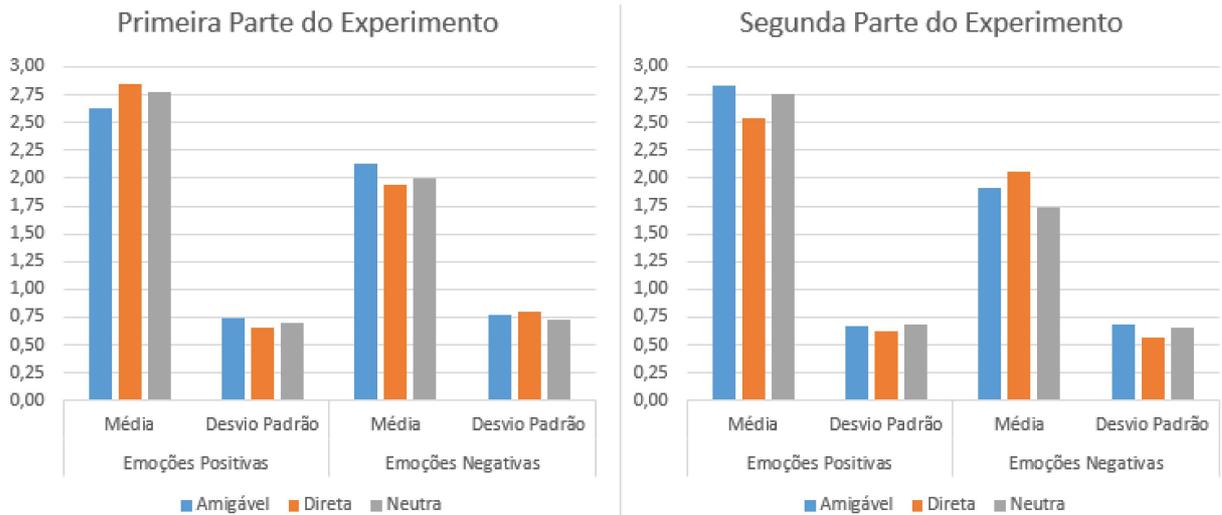


Figura 19: Intensidade de Emoções Positivas e Negativas

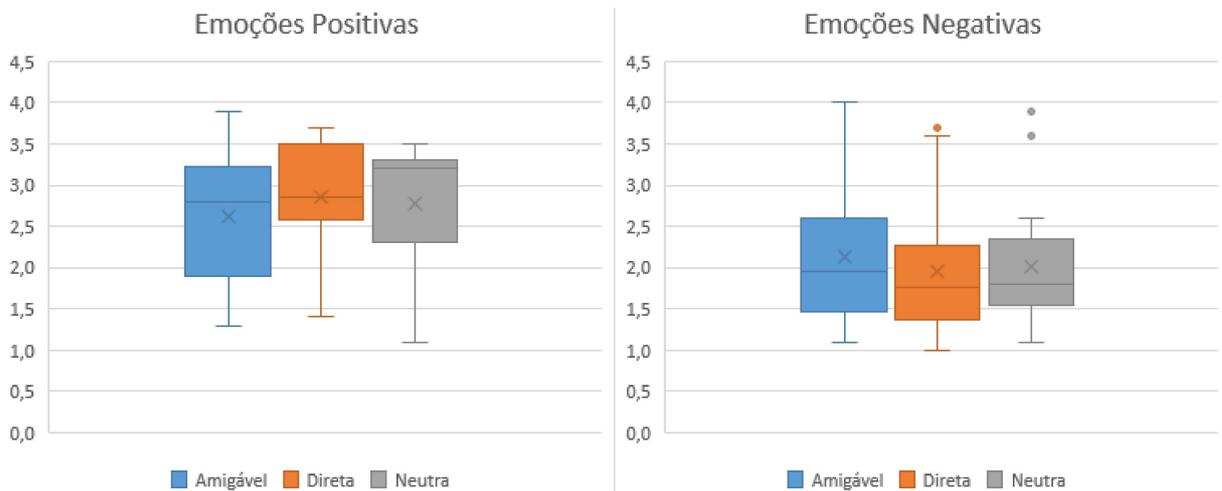


Figura 20: Variação da Intensidade de Emoções Positivas e Negativas na Primeira Parte do Experimento

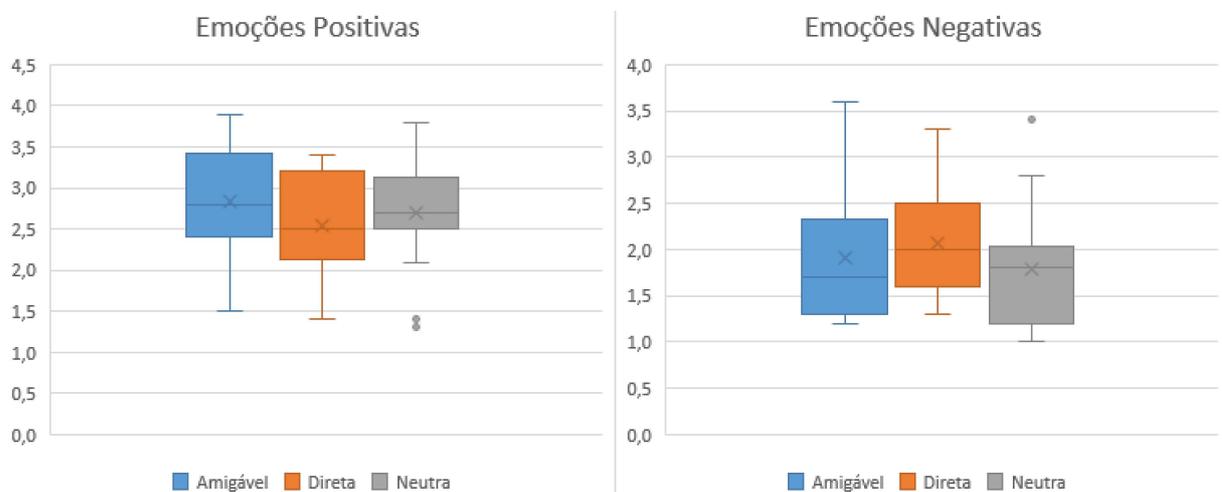


Figura 21: Variação da Intensidade de Emoções Positivas e Negativas na Segunda Parte do Experimento

Um possível motivo para a Janet amigável não ter sido a melhor para promover emoções positivas na primeira parte é devido aos problemas que aconteceram com o sistema de voz da agente, o que comprometeu a sua eficácia na etapa inicial (ver mais detalhes na seção 8.6).

8.4.1 Análise estatística

Os resultados do questionário IDATE-E foram analisados pelo Teste de Normalidade de *Shapiro-Wilk*. Na primeira parte do experimento os dados apresentam distribuições significativamente não-normais. Assim, assumindo os testes não paramétricos, as análises foram realizadas a partir do teste de *Kruskal-Wallis*. Na segunda etapa da avaliação os dados das emoções positivas seguiram uma distribuição normal (nesse caso os testes foram realizados a partir da Análise de Variância - ANOVA) e os dados das emoções negativas seguiram uma distribuição não-normal.

Apesar de os gráficos apresentarem diferenças entre as emoções dos alunos nos três grupos, não foram encontradas diferenças com significância estatística em nenhuma das comparações. Dessa maneira, a hipótese 4 e suas derivadas foram rejeitadas.

8.5 Questionário IDATE-E: Estado de Ansiedade

As hipóteses abaixo, referentes ao último grupo, foram validadas nesta seção:

H₅: Uma agente com atitudes possui uma maior influência no estado de ansiedade dos alunos do que uma agente sem atitudes e a influência é mais positiva para atitudes mais amigáveis da agente.

H_{5.1}: A agente amigável é mais eficaz para reduzir a ansiedade dos alunos em relação às agentes direta e neutra.

H_{5.2}: A agente direta é menos eficaz para reduzir a ansiedade dos alunos em relação às agentes amigável e neutra.

H₄: Uma agente com atitudes possui uma maior influência nas emoções dos alunos do que uma agente sem atitudes e a influência é mais positiva para atitudes mais amigáveis da agente

H_{4.1}: A agente amigável promove mais emoções positivas nos alunos em relação às agentes direta e neutra.

H_{4.2}: A agente direta promove menos emoções positivas nos alunos em relação às agentes amigável e neutra.

Conforme explicado na seção 7.2.3, o questionário IDATE-E tem como objetivo medir o estado de ansiedade das pessoas e retorna um coeficiente que varia de 20 a 80. Assim sendo, gráfico da Figura 22 apresenta as médias desses coeficientes nas duas etapas do experimento.

Observa-se que houve uma redução de 4,36 pontos no estado de ansiedade dos alunos do grupo da Janet amigável que passaram a utilizar a Janet direta na segunda etapa do experimento. Também houve uma redução no grupo que utilizou a Janet direta durante todo o experimento,

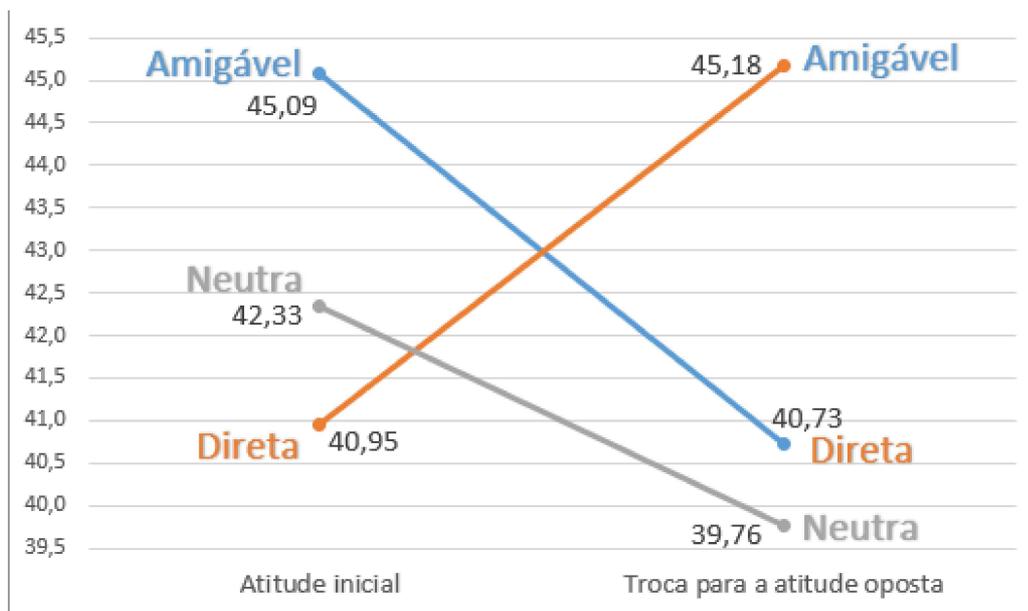


Figura 22: Médias dos Estados de Ansiedade nas Duas Etapas do Experimento

mas ela foi um pouco menor: 2,57 pontos. Porém, no caso dos estudantes que começaram no grupo da Janet direta e passaram a utilizar Janet amigável na segunda parte da avaliação, houve um aumento no estado de ansiedade (4,23 pontos). Essa situação contraria as ideias das hipóteses 5.1 e 5.2, que sugerem que a agente amigável é mais eficaz para reduzir a ansiedade e a agente direta é a menos eficaz. Acredita-se que os alunos desejam ser mais performáticos com professores que eles gostam, o que pode resultar em uma maior ansiedade.

8.5.1 Análise estatística

Todas as respostas do questionário e os *logs* do sistema foram analisados pelo Teste de Normalidade de *Shapiro-Wilk*, apresentando distribuições significativamente não-normais. Assim, assumindo os testes não paramétricos, as análises foram realizadas a partir do teste de *Kruskal-Wallis*.

Não foram encontradas diferenças significativas na comparação dos estados de ansiedade dos três grupos, apesar de os gráficos indicarem o contrário. Possivelmente o alto desvio padrão das médias dos coeficientes IDATE-E, que apresentaram valores entre 10,6442 e 13,8339, teve uma grande influência nessa situação. Assim, não foi possível aceitar a hipótese 5 e suas derivadas.

8.6 Limitações do experimento

Durante as 10 semanas da avaliação, ocorreram alguns problemas e situações externas que podem ter influenciado de maneira negativa os resultados do experimento. O sistema de voz da Janet só pôde ser utilizado por completo na segunda etapa do experimento devido à problemas

de compatibilidade não previstos com os sistemas operacionais dos computadores da escola, os quais rodavam o Windows 7. Conforme descrito no capítulo 6, foi utilizada uma API nativa dos navegadores de internet que convertia textos em voz. Por ser uma ferramenta WEB, esperava-se que ela funcionasse da mesma forma em todos os dispositivos. Entretanto, a lista de vozes disponibilizadas pela API varia de acordo com o sistema operacional do dispositivo. e no ambiente em que o software foi desenvolvido só haviam computadores com Windows 10. Assim, só foi descoberto esse problema durante uma sessão do experimento na escola. Uma outra limitação que envolveu o sistema de voz foi a disponibilidade de apenas uma voz em português para computadores com o Windows 7. A ideia original deste trabalho era utilizar diferentes vozes para as atitudes da Janet, o que só foi possível em computadores com Windows 10. Dessa maneira, a única forma de diferenciar as vozes foi a partir da variação da velocidade: a Janet amigável tinha uma velocidade de voz normal e a Janet neutra contava com uma velocidade mais rápida e robótica, sem emoções. No caso da Janet direta, a velocidade era intermediária.

Também aconteceram problemas relacionados com a infraestrutura do colégio em que o experimento foi realizado. Tiveram alguns dias em que a internet da escola estava mais lenta e o sistema demorava mais para responder às ações dos alunos. Essa situação fazia com que os alunos demorassem mais para progredir nos exercícios e muitos deles ficavam impacientes e desmotivados com esses atrasos. Porém, essas situações não ocorreram muitas vezes, assim acredita-se que não houve um impacto significativo nos resultados da avaliação.

Além das limitações técnicas, ocorreu uma situação específica em uma das três turmas do experimento: haviam muitos alunos dispersos e que não fizeram corretamente as atividades em vários momentos da avaliação. Apesar de a distribuição dos alunos entre os grupos ter sido totalmente aleatória, essa turma pode ter impactado nos resultados, uma vez que ela correspondia a 20% dos participantes do experimento.

9 CONCLUSÃO

Os Sistemas Tutores Inteligentes estão cada vez mais próximos do nível de ensino dos professores particulares com a evolução da tecnologia e inteligência artificial. (VANLEHN, 2011). Entretanto, a ausência de um tutor humano pode prejudicar a eficiência dos STIs, uma vez que os alunos podem sentir falta da comunicação direta com o professor. A forma mais conhecida de conter esse problema é a utilização de Agentes Pedagógicos Animados, que trazem uma representação virtual do professor e podem se comunicar com os estudantes pela fala, gestos e expressões faciais humanos. (JAQUES; VICARI, 2005).

Os Agentes Pedagógicos Animados possuem uma melhor eficiência e são mais aceitos quando estabelecem uma relação afetiva com os seus alunos, pois dessa maneira eles se aproximam mais de um tutor humano. (JAQUES; LEHMANN; JAQUES, 2008; KARACORA et al., 2012; WANG et al., 2010). Nessa perspectiva, este trabalho propõe uma Agente Pedagógica Animada que possui diferentes atitudes afetivas – amigável, direta e neutra – para os Sistemas Tutores Inteligentes baseados em passos e possui os seguintes objetivos: analisar o efeito dessas atitudes nos alunos em relação ao engajamento, aprendizagem, emoções e estado de ansiedade, além de verificar se os alunos que gostaram mais da agente apresentaram um melhor desempenho na disciplina do que os demais estudantes.

A agente desenvolvida neste trabalho recebeu o nome de Janet e foi integrada ao STI PAT2Math para fins de avaliação e foi responsável por ajudar os alunos quando eles sentirem dificuldades em um exercício e fornecer *feedbacks* para os passos registrados no sistema. Essa avaliação contou com a participação de 71 alunos do sétimo ano do ensino fundamental, os quais utilizaram o sistema durante 10 semanas. Os alunos foram distribuídos em três grupos, sendo um grupo para cada atitude da Janet. O experimento foi dividido em duas etapas, sendo que na segunda parte houve uma troca de atitudes nos grupos da agente amigável e direta: os alunos do grupo amigável passaram a utilizar a agente direta e vice-versa (os estudantes do grupo controle permaneceram utilizando a agente neutra). Dessa maneira, foi possível considerar o efeito da troca de atitudes na validação das hipóteses deste trabalho.

Os alunos do grupo amigável ficaram mais satisfeitos com a Janet e apresentaram um maior ganho de aprendizado nos testes de conhecimento nas duas etapas da avaliação. No caso da Janet direta, ela obteve uma avaliação levemente melhor do que a neutra nos questionários. Além disso, os alunos que contaram com essa versão da agente mostraram um maior ganho de aprendizado nas provas. Entretanto, não foi encontrada uma diferença com significância estatística entre esses resultados, possivelmente por causa do pequeno tamanho das amostras de alunos de cada grupo.

Em relação ao conhecimento prévio do aluno e a aceitação da Janet, não foi possível definir neste experimento que há uma relação entre essas duas variáveis. Na primeira parte do experimento, a Janet amigável foi mais bem aceita pelos alunos com menor conhecimento prévio. Já na segunda etapa, a aceitação da agente amigável foi similar entre os alunos com maior

conhecimento prévio. No caso da Janet direta, ela foi mais bem aceita pelos alunos com menor conhecimento prévio na primeira e pelos estudantes com maior conhecimento prévio na segunda etapa.

Sobre a influência da Janet nas emoções dos alunos, houve uma maior intensidade de emoções positivas nos alunos que utilizaram a Janet direta na primeira parte da avaliação e uma maior intensidade de emoções negativas nos estudantes do grupo da agente amigável. No entanto, na segunda etapa, houve uma maior intensidade de emoções positivas nos alunos que contaram com a Janet amigável e uma menor intensidade nos alunos do grupo da Janet direta. Acredita-se que a agente amigável não foi a melhor para promover emoções positivas na primeira parte por causa dos problemas que ocorreram com o sistema de voz da agente, o que comprometeu a sua eficácia na etapa inicial (ver os detalhes na seção 8.7).

Por último, no que se refere ao estado de ansiedade dos estudantes, houve uma redução no estado de ansiedade dos alunos do grupo da Janet amigável que passaram a utilizar a Janet direta na segunda etapa do experimento. Além disso, houve uma redução um pouco menor no grupo que utilizou a agente neutra durante todo o período do experimento. Por sua vez, no caso dos estudantes que iniciaram a avaliação no grupo da agente direta e passaram a utilizar a agente amigável na segunda parte, houve um aumento no estado de ansiedade. Isso pode ter acontecido devido ao pequeno tamanho das amostras de participantes, principalmente pelo alto desvio padrão dos coeficientes de ansiedade. Uma outra causa poderia ser que os alunos ficam mais ansiosos para agradar os professores que eles gostam mais, conforme discutido no final da seção 8.5.

9.1 Ameaças à Validade dos Resultados

Apesar de a duração do experimento ter sido de um pouco mais de dois meses, os problemas técnicos que aconteceram nas primeiras sessões podem ter impactado negativamente os resultados da avaliação. Além disso, os resultados foram obtidos de uma amostra pequena de estudantes: participaram somente 71 alunos de uma escola particular localizada na cidade de São Leopoldo, RS. Dessa maneira, não é possível generalizar esses resultados para toda a população.

Outra ameaça à validade está relacionada com a troca de atitudes da agente na metade do experimento, que ocorreu somente entre os grupos da agente amigável e direta devido às limitações de tempo. Para a análise do efeito da troca das atitudes nos alunos ser mais completa, seria necessário que o grupo controle tivesse participado dessa troca, de maneira que todos os alunos tivessem acesso às três versões da agente.

9.2 Trabalhos Futuros

Como trabalho futuros, pretende-se realizar um novo experimento com uma amostra maior de participantes, incluindo alunos de escolas públicas e privadas. Essa nova avaliação deverá ter uma duração maior para possibilitar a divisão em três etapas, de maneira que todos os alunos utilizem todas as versões da agente. A duração mínima recomendada é de 13 sessões, sendo quatro destinadas para os testes de conhecimento e pelo menos três sessões para cada etapa. A partir desses requisitos, será possível a generalização dos resultados para toda a população. As etapas terão as seguintes combinações de atitudes:

1. Amigável, Direta e Neutra;
2. Direta, Neutra e Amigável;
3. Neutra, Amigável e Direta.

Além do novo experimento, planeja-se desenvolver um novo recurso de expressões faciais. Atualmente, a Janet fica com a mesma expressão durante todo o período de uso do sistema. Porém, com essa nova funcionalidade, ela poderá mudar de expressão de acordo com as interações do usuário na interface do tutor. Em seguida, será realizada uma avaliação de usabilidade dessa nova versão da agente com alunos e professores.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, C. Processo ensino-aprendizagem: características o professor eficaz. **Millenium**, [S.l.], p. 55–71, 2010.
- ALLEN, A. J.; LEONARD, H.; SWEDO, S. E. Current knowledge of medications for the treatment of childhood anxiety disorders. **Journal of the American Academy of child & Adolescent psychiatry**, [S.l.], v. 34, n. 8, p. 976–986, 1995.
- ATKINSON, R. K.; DERRY, S. J.; RENKL, A.; WORTHAM, D. Learning from examples: instructional principles from the worked examples research. **Review of educational research**, [S.l.], v. 70, n. 2, p. 181–214, 2000.
- BABAD, E.; BERNIERI, F.; ROSENTHAL, R. Nonverbal and verbal behavior of preschool, remedial, and elementary school teachers. **American Educational Research Journal**, [S.l.], v. 24, n. 3, p. 405–415, 1987.
- BLOOM, B. S.; KRATHWOHL, D. R.; MASIA, B. B. Bloom taxonomy of educational objectives. In: **Allyn and Bacon**. [S.l.]: Pearson Education, 1984.
- CALLEJAS, Z.; RAVENET, B.; OCHS, M.; PELACHAUD, C. A computational model of social attitudes for a virtual recruiter. In: AUTONOMOUS AGENTS AND MULTI-AGENT SYSTEMS, 2014., 2014. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 2014. p. 93–100.
- CASTILLO, A. R. G.; RECONDO, R.; ASBAHR, F. R.; MANFRO, G. G. Transtornos de ansiedade. **Brazilian Journal of Psychiatry**, [S.l.], v. 22, p. 20–23, 2000.
- CHAN, T.; BASKIN, A. Learning Companion Systems' in Frasson C and Gauthier G.(eds), *Intelligent Tutoring Systems: at the crossroads of artificial intelligence and education*, ablex, norwood.'bayesian classification'. In: AAI, 1990. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 1990. v. 88, p. 227–240.
- CULHANE, S. **Animation**: from script to screen. [S.l.]: Macmillan, 1990.
- DAILY, S. B.; JAMES, M. T.; CHERRY, D.; PORTER III, J. J.; DARNELL, S. S.; ISAAC, J.; ROY, T. Affective computing: historical foundations, current applications, and future trends. In: **Emotions and Affect in Human Factors and Human-Computer Interaction**. [S.l.]: Elsevier, 2017. p. 213–231.
- DILLENBOURG, P. Some technical implications of distributed cognition on the design on interactive learning environments. **Journal of Artificial Intelligence in Education**, [S.l.], v. 7, p. 161–180, 1996.
- EISENBERG, N.; STRAYER, J. **Empathy and its development**. [S.l.]: CUP Archive, 1990.
- EKMAN, P. Strong evidence for universals in facial expressions: a reply to russell's mistaken critique. , [S.l.], 1994.
- ELLIOTT, C. **The A ective Reasoner**: a process model of emotions in a multiagent system. 1989. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) — PhD thesis, Northwestern University, May 1992. The Institute for the . . . , 1989.

FERGUSON, I. A. Touring machines: autonomous agents with attitudes. **Computer**, [S.l.], v. 25, n. 5, p. 51–55, 1992.

FRASSON, C.; MENGELLE, T.; AÏMEUR, E.; GOUARDÈRES, G. An actor-based architecture for intelligent tutoring systems. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTELLIGENT TUTORING SYSTEMS, 1996. **Anais...** [S.l.: s.n.], 1996. p. 57–65.

GARAY, N.; CEARRETA, I.; LÓPEZ, J. M.; FAJARDO, I. Assistive technology and affective mediation. **Human Technology: an Interdisciplinary Journal on Humans in ICT Environments**, [S.l.], 2006.

GIRAFFA, L. M. **Uma arquitetura de tutor utilizando estados mentais. 1999.** 1999. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) — Tese (Doutorado em Ciências da Computação)—Instituto de Informática, UFRGS . . . , 1999.

GIRARD, S.; CHAVEZ-ECHEAGARAY, M. E.; GONZALEZ-SANCHEZ, J.; HIDALGO-PONTET, Y.; ZHANG, L.; BURLESON, W.; VANLEHN, K. Defining the behavior of an affective learning companion in the affective meta-tutor project. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN EDUCATION, 2013. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2013. p. 21–30.

GRATCH, J.; OKHMATOVSKAIA, A.; LAMOTHE, F.; MARSELLA, S.; MORALES, M.; WERF, R. J. van der; MORENCY, L.-P. Virtual rapport. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON INTELLIGENT VIRTUAL AGENTS, 2006. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2006. p. 14–27.

GUO, Y. R.; GOH, D. H.-L. Affect in embodied pedagogical agents: meta-analytic review. **Journal of Educational Computing Research**, [S.l.], v. 53, n. 1, p. 124–149, 2015.

HASTIE, H.; LIM, M. Y.; JANARTHANAM, S.; DESHMUKH, A.; AYLETT, R.; FOSTER, M. E.; HALL, L. I remember you! interaction with memory for an empathic virtual robotic tutor. , [S.l.], 2016.

JAQUES, P. A. Using an animated pedagogical agent to interact affectively with the student. , [S.l.], 2004.

JAQUES, P. A. Estudando os Efeitos Pedagógicos de Agentes Animados Emocionais em Sistemas Tutores Inteligentes. In: RESEARCH AND INNOVATION IN BRAZILIAN EDUCATION. PANORAMA DAS PESQUISAS EM COMPUTAÇÃO AFETIVA APLICADA À EDUCAÇÃO NO BRASIL, 2007, Palo Alto, CA. **Anais...** Lemann Center, 2007. p. 85–100.

JAQUES, P. A.; JAQUES, K. S. F.; LEHMANN, M. Avaliando a efetividade de um agente pedagógico animado emocional. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 2008, Fortaleza. **Anais...** SBC, 2008. p. 145–154.

JAQUES, P. A.; LEHMANN, M.; JAQUES, K. S. F. Avaliando a efetividade de um agente pedagógico animado emocional. In: BRAZILIAN SYMPOSIUM ON COMPUTERS IN EDUCATION (SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO-SBIE), 2008. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2008. v. 1, n. 1, p. 145–154.

JAQUES, P. A.; SEFFRIN, H.; RUBI, G.; MORAIS, F. de; GHILARDI, C.; BITTENCOURT, I. I.; ISOTANI, S. Rule-based expert systems to support step-by-step guidance in algebraic

problem solving: the case of the tutor pat2math. **Expert Systems with Applications**, [S.l.], v. 40, n. 14, p. 5456–5465, 2013.

JAQUES, P. A.; VICARI, R. M. Estado da arte em ambientes inteligentes de aprendizagem que consideram a afetividade do aluno. **Revista informática na educação: teoria & prática**, [S.l.], v. 8, n. 1, p. 15–38, 2005.

JAQUES, P. A.; VICARI, R. M. A BDI approach to infer student's emotions in an intelligent learning environment. **Computers & Education**, [S.l.], v. 49, n. 2, p. 360–384, 2007.

JOHNSON, W. L.; RICKEL, J. Steve: an animated pedagogical agent for procedural training in virtual environments. **ACM SIGART Bulletin**, [S.l.], v. 8, n. 1-4, p. 16–21, 1997.

JOHNSON, W. L.; RICKEL, J. W.; LESTER, J. C. et al. Animated pedagogical agents: face-to-face interaction in interactive learning environments. **International Journal of Artificial intelligence in education**, [S.l.], v. 11, n. 1, p. 47–78, 2000.

JOHNSON, W. L.; SHAW, E.; MARSHALL, A.; LABORE, C. Evolution of user interaction: the case of agent adele. In: INTELLIGENT USER INTERFACES, 8., 2003. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 2003. p. 93–100.

JUCKS, R.; LINNEMANN, G. A.; BRUMMERNHENRICH, B. Student Evaluations of a (Rude) Spoken Dialogue System Insights from an Experimental Study. **Advances in Human-Computer Interaction**, [S.l.], v. 2018, 2018.

KARACORA, B.; DEGHANI, M.; KRAMER-MERTENS, N.; GRATCH, J. The influence of virtual agents' gender and rapport on enhancing math performance. In: ANNUAL MEETING OF THE COGNITIVE SCIENCE SOCIETY, 2012. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 2012. v. 34, n. 34.

KRÄMER, N. C.; KARACORA, B.; LUCAS, G.; DEGHANI, M.; RÜTHER, G.; GRATCH, J. Closing the gender gap in STEM with friendly male instructors? On the effects of rapport behavior and gender of a virtual agent in an instructional interaction. **Computers & Education**, [S.l.], v. 99, p. 1–13, 2016.

KULIK, J. A.; FLETCHER, J. Effectiveness of intelligent tutoring systems: a meta-analytic review. **Review of educational research**, [S.l.], v. 86, n. 1, p. 42–78, 2016.

LESTER, J. C.; CONVERSE, S. A.; KAHLER, S. E.; BARLOW, S. T.; STONE, B. A.; BHOGAL, R. S. The persona effect: affective impact of animated pedagogical agents. In: ACM SIGCHI CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS, 1997. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 1997. p. 359–366.

LESTER, J. C.; ZETTLEMOYER, L. S.; GRÉGOIRE, J. P.; BARES, W. H. Explanatory lifelike avatars: performing user-centered tasks in 3 d learning environments. In: AGENTS, 1999. **Anais...** [S.l.: s.n.], 1999. v. 99, p. 24–31.

LITMAN, D. J.; SILLIMAN, S. ITSPOKE: an intelligent tutoring spoken dialogue system. In: DEMONSTRATION PAPERS AT HLT-NAACL 2004, 2004. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2004. p. 5–8.

MA, W.; ADESOPE, O. O.; NESBIT, J. C.; LIU, Q. Intelligent tutoring systems and learning outcomes: a meta-analysis. **Journal of educational psychology**, [S.l.], v. 106, n. 4, p. 901, 2014.

- MAES, P. Agents that reduce work and information overload. In: **Readings in human-computer interaction**. [S.l.]: Elsevier, 1995. p. 811–821.
- MEIJ, H. van der; MEIJ, J. van der; HARMSEN, R. Animated pedagogical agents effects on enhancing student motivation and learning in a science inquiry learning environment. **Educational technology research and development**, [S.l.], v. 63, n. 3, p. 381–403, 2015.
- MORAIS, F.; JAQUES, P. PAT2Math+ Handwriting: evoluindo sistemas tutores de matemática com reconhecimento da escrita à mão. In: BRAZILIAN SYMPOSIUM ON COMPUTERS IN EDUCATION (SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO-SBIE), 2017. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2017. v. 28, n. 1, p. 1237.
- MORIDIS, C. N.; ECONOMIDES, A. A. Affective learning: empathetic agents with emotional facial and tone of voice expressions. **IEEE Transactions on Affective Computing**, [S.l.], v. 3, n. 3, p. 260–272, 2012.
- MORREALE, S. P.; PEARSON, J. C. Why communication education is important: the centrality of the discipline in the 21st century. **Communication Education**, [S.l.], v. 57, n. 2, p. 224–240, 2008.
- MURRAY, W. R. Knowledge-Based Guidance iu the CAETI Center Associate. In: ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN EDUCATION, 1997: KNOWLEDGE AND MEDIA IN LEARNING SYSTEMS: PROCEEDINGS OF AI-ED 97, WORLD CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN EDUCATION, KOBE, JAPAN, 1997. **Anais...** [S.l.: s.n.], 1997. v. 39, p. 331.
- NUNES, M. Computação Afetiva personalizando interfaces, interações e recomendações de produtos, serviços e pessoas em ambientes computacionais. **DCOMP e PROCC: Pesquisas e Editora UFS: São Cristóvão**, [S.l.], p. 115–151, 2012.
- NWANA, H. S. Intelligent tutoring systems: an overview. **Artificial Intelligence Review**, [S.l.], v. 4, n. 4, p. 251–277, 1990.
- ORTONY, A.; CLORE, G.; COLLINS, A. The Cognitive Structure of Emotions. Cam (bridge University Press. **New York**, [S.l.], 1988.
- PECUNE, F.; CAFARO, A.; OCHS, M.; PELACHAUD, C. Evaluating Social Attitudes of a Virtual Tutor. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTELLIGENT VIRTUAL AGENTS, 2016. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2016. p. 245–255.
- PETERSEN, K.; FELDT, R.; MUJTABA, S.; MATTSSON, M. Systematic mapping studies in software engineering. In: EASE, 2008. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2008. v. 8, p. 68–77.
- PICARD, R. W. **Affective computing**. [S.l.]: MIT press, 2000.
- PRETORIUS, R.; BUDGEN, D. A mapping study on empirical evidence related to the models and forms used in the uml. In: SECOND ACM-IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON EMPIRICAL SOFTWARE ENGINEERING AND MEASUREMENT, 2008. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 2008. p. 342–344.
- ROSÁRIO, P.; SOARES, S. Ansiedade face aos testes e realização escolar no Ensino Básico Português. , [S.l.], 2003.

ROSENTHAL, R.; JACOBSON, L. Pygmalion in the classroom. **The urban review**, [S.l.], v. 3, n. 1, p. 16–20, 1968.

RUZEK, E. A.; HAFEN, C. A.; ALLEN, J. P.; GREGORY, A.; MIKAMI, A. Y.; PIANTA, R. C. How teacher emotional support motivates students: the mediating roles of perceived peer relatedness, autonomy support, and competence. **Learning and instruction**, [S.l.], v. 42, p. 95–103, 2016.

SANSONNET, J. P.; CORREA, D. W.; JAQUES, P.; BRAFFORT, A.; VERRECCHIA, C. Developing Web fully-integrated conversational assistant agents. In: ACM RESEARCH IN APPLIED COMPUTATION SYMPOSIUM, 2012., 2012. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 2012. p. 14–19.

SCHERER, K. R. What are emotions? And how can they be measured? **Social science information**, [S.l.], v. 44, n. 4, p. 695–729, 2005.

SCHROEDER, N. L.; ADESOPE, O. O.; GILBERT, R. B. How effective are pedagogical agents for learning? A meta-analytic review. **Journal of Educational Computing Research**, [S.l.], v. 49, n. 1, p. 1–39, 2013.

SEFFRIN, H.; BITTENCOURT, I. I.; ISOTANI, S.; JAQUES, P. A. Modelling students' algebraic knowledge with dynamic bayesian networks. In: IEEE 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED LEARNING TECHNOLOGIES (ICALT), 2016., 2016. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2016. p. 44–48.

SELF, J. Student models: what use are they. **Artificial intelligence tools in education**, [S.l.], p. 73–86, 1988.

SPENCER-OATEY, H. **(Im) Politeness, face and perceptions of rapport**: unpackaging their bases and interrelationships. [S.l.]: Walter de Gruyter, 2005.

SPIELBERGER, C. D.; BIAGGIO, A.; NATALÍCIO, L. Inventário de ansiedade traço estado: manual de psicologia aplicada. , [S.l.], 1979.

TOWNS, S. G.; VOERMAN, J. L.; CALLAWAY, C. B.; LESTER, J. C. Coherent gestures, locomotion, and speech in life-like pedagogical agents. In: IUI, 1998. **Anais...** [S.l.: s.n.], 1998. v. 98, p. 13–20.

VANLEHN, K. The behavior of tutoring systems. **International journal of artificial intelligence in education**, [S.l.], v. 16, n. 3, p. 227–265, 2006.

VANLEHN, K. The relative effectiveness of human tutoring, intelligent tutoring systems, and other tutoring systems. **Educational Psychologist**, [S.l.], v. 46, n. 4, p. 197–221, 2011.

VANLEHN, K. Regulative loops, step loops and task loops. **International Journal of Artificial Intelligence in Education**, [S.l.], v. 26, n. 1, p. 107–112, 2016.

WANG, C.-Y.; KE, S.-Y.; CHUANG, H.-C.; TSENG, H.-Y.; CHEN, G.-D. E-learning system design with humor and empathy interaction by virtual human to improve students' learning. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTERS IN EDUCATION. PUTRAJAYA, MALAYSIA: ASIA-PACIFIC SOCIETY FOR COMPUTERS IN EDUCATION.(ICCE), 18., 2010. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 2010. p. 615–622.

WANG, N.; GRATCH, J. Can Virtual Human Build Rapport and Promote Learning? In: AIED, 2009. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2009. p. 737–739.

WENGER, E. **Artificial intelligence and tutoring systems: computational and cognitive approaches to the communication of knowledge.** [S.l.]: Morgan Kaufmann, 2014.

WILGES, B.; LUCAS, J. P.; SILVEIRA, R. A. Um agente pedagógico animado integrado a um ambiente de ensino a distância. **RENOTE**, [S.l.], v. 2, n. 1, 2004.

WOOLF, B. P. **Building intelligent interactive tutors: student-centered strategies for revolutionizing e-learning.** [S.l.]: Morgan Kaufmann, 2010.

YUDOFISKY, S. C.; HALES, R. E. **American Psychiatric Press textbook of neuropsychiatry.** [S.l.]: American Psychiatric Association, 1992.

APÊNDICE A QUESTIONÁRIOS

O questionário aplicado nas duas etapas da avaliação está disponível em:

<https://forms.gle/uqfWtvRMzkaKii398>

APÊNDICE B ARTIGOS PUBLICADOS

- AZEVEDO, Otávio; DE MORAIS, Felipe; JAQUES, Patricia A. Exploring Gamification to Prevent Gaming the System and Help Refusal in Tutoring Systems. In: European Conference on Technology Enhanced Learning. Springer, Cham, 2018. p. 231-244. Texto completo disponível em: <https://tinyurl.com/ectel2018>
- AZEVEDO, Otávio; JAQUES, Patricia. Estudando o Impacto das Atitudes de Agentes Pedagógicos em Ambientes de Aprendizagem: um Mapeamento Sistemático. In: Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE). 2019. p. 1191. Texto completo disponível em: <https://tinyurl.com/sbie2019>

APÊNDICE C ARTIGOS SUBMETIDOS

- AZEVEDO, Otávio; DE MORAIS, Felipe; KAUTZMANN, Tiago R.; JAQUES, Patricia A.; ALANO, Rosa. The effects of presenting a worked example before a sequence of isomorphic problems. Enviado para: ECTEL 2019. Texto completo disponível em: <http://tinyurl.com/workexamp>