

TRUEBLE como apoio ao estudo de lógica matemática: desempenho e percepção de estudantes em sala de aula

Eduarda Sifuentes³, Bruno Forgiarini²
Ildevana Poltronieri¹, Alice Finger³

¹Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) – Campus Alegrete – Alegrete/RS

²Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) – Campus Bagé – Bagé/RS

³Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Software (PPGES)
Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA)

{eduardasifuentes.aluno, brunoforgiarini.aluno}@unipampa.edu.br

{ildevanarodrigues, alicefinger}@unipampa.edu.br

Resumo. Este estudo analisa o desempenho de estudantes em atividades sobre tabelas-verdade antes e após o uso do Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) TRUEBLE. Participantes de graduação da área de Computação realizaram pré-teste, pós-teste e responderam a um questionário complementar. A análise articulou estatísticas descritivas, teste de postos sinalizados de Wilcoxon e percepções sobre usabilidade (SUS) e apoio à aprendizagem. Os resultados indicaram melhora descritiva no desempenho nas turmas analisadas, com diferença estatisticamente significativa em apenas uma delas, além de percepção positiva de usabilidade e avaliações favoráveis do AVA como recurso complementar ao estudo de lógica matemática.

Abstract. This study analyzes students' performance in truth-table activities before and after using the TRUEBLE virtual learning environment. Undergraduate Computing students completed a pre-test, a post-test, and a complementary questionnaire. The analysis combined descriptive statistics, the Wilcoxon signed-rank test, and perceptions of usability (SUS) and learning support. Results indicate descriptive improvement in performance across the analyzed classes, with a statistically significant difference in only one of them, as well as positive usability perceptions and favorable evaluations of the environment as a complementary resource for studying mathematical logic.

1. Introdução

O ensino e a aprendizagem de lógica matemática representam um desafio recorrente em cursos da área de Computação, especialmente em conteúdos que exigem raciocínio abstrato e domínio de representações simbólicas, como as tabelas-verdade. Em muitos casos, os estudantes apresentam dificuldades para compreender conceitos, relacionar operadores lógicos e resolver exercícios, o que pode comprometer seu desempenho acadêmico e seu engajamento com a disciplina [Valente 2020].

Nesse cenário, tecnologias educacionais e aplicativos móveis têm sido utilizados como recursos de apoio ao estudo, por possibilitarem acesso mais dinâmico a conteúdos,

exercícios e feedback. No entanto, a simples disponibilização de uma ferramenta digital não garante, por si só, melhorias na aprendizagem [Frezato et al. 2024]. Para que seu uso seja pedagogicamente relevante, é importante investigar não apenas como os estudantes interagem com a ferramenta, mas também se seu uso está associado a avanços no desempenho em atividades relacionadas ao conteúdo trabalhado, considerando princípios de interação humano-computador e usabilidade [Barbosa and Silva 2010, de Oliveira Martins et al. 2016].

Inserido nesse contexto, o TRUEBLE é um aplicativo voltado ao apoio ao estudo de lógica matemática, com foco em tabelas-verdade [Omitido 2025a]. Trabalhos anteriores apresentaram sua concepção, a ferramenta de construção de tabelas-verdade e avaliações iniciais de uso [Omitido 2025a, Omitido 2025b, Omitido 2025c]. O presente estudo amplia essas investigações ao analisar uma versão refinada do aplicativo em múltiplas turmas de Computação, combinando análise de desempenho por pré e pós-teste, avaliação de usabilidade por meio da SUS e percepções qualitativas dos estudantes.

Assim, este trabalho busca analisar o desempenho dos participantes antes e após o uso do TRUEBLE, bem como investigar suas percepções sobre usabilidade e apoio à aprendizagem, orientando-se pelas seguintes questões de pesquisa: **QP1:** O uso do TRUEBLE está associado a diferenças estatisticamente significativas no desempenho de estudantes em atividades sobre tabelas-verdade?; **QP2:** Como estudantes de graduação em Computação avaliam a usabilidade do TRUEBLE?; **QP3:** Em que medida os estudantes percebem o TRUEBLE como apoio à sua aprendizagem de lógica matemática?

Além desta introdução, o artigo está organizado da seguinte forma. A Seção 2 apresenta os trabalhos relacionados. A Seção 3 detalha a metodologia adotada. A Seção 4 descreve o aplicativo TRUEBLE. A Seção 5 discute os resultados obtidos, a Seção 6 explicita as ameaças à validade e a Seção 7 reúne as conclusões e os encaminhamentos para trabalhos futuros.

2. Trabalhos Relacionados

Esta seção revisa estudos sobre tecnologias educacionais aplicadas ao ensino de Computação, com ênfase em lógica proposicional, usabilidade, feedback, gamificação e avaliação de desempenho. A busca foi realizada de forma *ad hoc* na Biblioteca Digital da Sociedade Brasileira de Computação (SOL), utilizando as strings: “*pré-teste*” “*pós-teste*” (“*ensino de computação*” *OR* *aprendizagem*) e “*lógica proposicional*” (*ensino OR* *aprendizagem OR* *ferramenta OR* *aplicativo*).

Foram priorizados trabalhos relacionados ao apoio à aprendizagem, à percepção dos estudantes, à usabilidade e à comparação de desempenho em momentos anteriores e posteriores a intervenções educacionais. A literatura indica que ferramentas para o ensino de lógica e conteúdos abstratos em Computação costumam recorrer a estratégias como feedback imediato, visualizações, acompanhamento do percurso do estudante e identificação de erros conceituais [Galafassi et al. 2020, Schreiner et al. 2019, Sena and Torres 2009]. Esses recursos são relevantes porque auxiliam o estudante não apenas a resolver exercícios, mas também a compreender melhor seu processo de raciocínio durante a prática.

Outro eixo recorrente envolve jogos e gamificação, com uso de desafios, recompensas, narrativas e progressão para ampliar o engajamento discente [Correia et al. 2018,

Souza et al. 2024, Santos et al. 2024, Liberalino et al. 2025]. Embora essas abordagens apresentem potencial motivacional, parte das avaliações concentra-se na percepção dos usuários e na experiência de uso, sem relacionar diretamente esses resultados a medidas objetivas de desempenho acadêmico.

Também se observa a importância de avaliações empíricas que combinem pré-teste, intervenção e pós-teste, permitindo verificar possíveis mudanças no desempenho dos estudantes após o uso de uma tecnologia educacional [Leite et al. 2013]. Além disso, a usabilidade aparece como dimensão essencial, pois problemas de interface podem dificultar a interação e comprometer o aproveitamento pedagógico da ferramenta [D'Carlo et al. 2016, Nascimento et al. 2016, Menezes et al. 2025].

Em síntese, os estudos revisados mostram diferentes estratégias para apoiar o ensino de lógica e conteúdos abstratos em Computação. No entanto, ainda são menos frequentes pesquisas que articulem, em um mesmo estudo, uma ferramenta voltada à construção de tabelas-verdade, análise de desempenho por pré e pós-teste, avaliação de usabilidade por instrumento padronizado e percepções qualitativas dos estudantes. Inserido nesse contexto, o presente trabalho busca contribuir para essa lacuna ao analisar o TRUEBLE como recurso de apoio ao estudo de lógica matemática em cursos de graduação em Computação.

3. Metodologia

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, de abordagem mista, voltada à análise do uso do TRUEBLE como ferramenta educacional em contexto real de ensino. Quanto ao delineamento, adotou-se um desenho quase-experimental do tipo grupo único, com medidas de pré-teste e pós-teste, sem grupo de controle. Essa estratégia é compatível com estudos quase-experimentais, nos quais a investigação ocorre em contextos reais e nem sempre permite a distribuição aleatória dos participantes [Shadish et al. 2002, Prodanov and de Freitas 2013].

A aplicação foi realizada em três turmas de cursos da área de Computação, ministradas por duas professoras da instituição. Buscou-se manter o mesmo procedimento em todas as turmas, incluindo sequência das atividades, orientações fornecidas e instrumentos utilizados. Antes da coleta de dados, os estudantes tiveram acesso ao Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), contendo informações sobre os objetivos da pesquisa, participação voluntária, anonimato e confidencialidade dos dados. O procedimento metodológico foi organizado em etapas sequenciais e envolveu três instrumentos principais: pré-teste, pós-teste e questionário complementar. O pré-teste e o pós-teste foram utilizados para comparar o desempenho dos estudantes em dois momentos distintos (QP1), enquanto o questionário complementar reuniu dados sobre usabilidade e percepção de apoio à aprendizagem (QP2 e QP3). A Figura 1 apresenta, de forma sintética, a sequência das etapas adotadas.

O pré-teste e o pós-teste foram compostos por cinco exercícios dissertativos sobre tabelas-verdade¹. Os exercícios contemplaram operadores lógicos fundamentais, como negação, conjunção, disjunção, implicação e bicondicional, em diferentes níveis de com-

¹Materiais complementares disponíveis no Zenodo: <https://doi.org/10.5281/zenodo.21446489>.

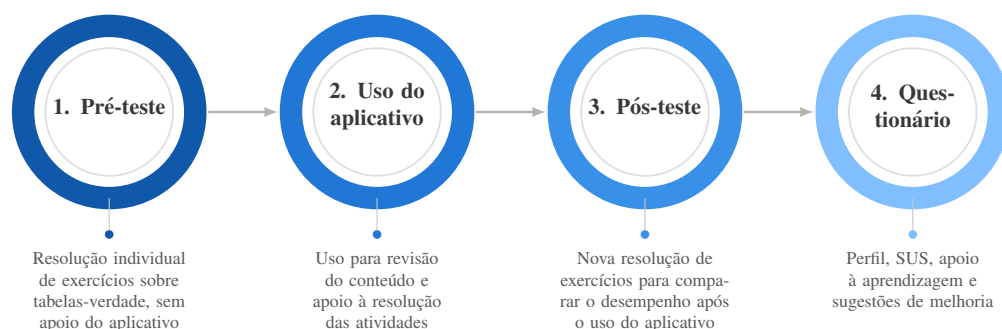


Figura 1. Sequência das etapas metodológicas do estudo.

plexidade. O pré-teste foi realizado individualmente, sem apoio do TRUEBLE, com o objetivo de registrar o desempenho inicial dos participantes no conteúdo. Após essa etapa, o aplicativo foi disponibilizado como recurso complementar de apoio ao estudo e à revisão do conteúdo. Aproximadamente uma semana após a disponibilização do aplicativo, os estudantes realizaram o pós-teste, também composto por exercícios sobre tabelas-verdade, permitindo comparar o desempenho antes e após o período de uso do TRUEBLE.

A correção dos instrumentos foi realizada com apoio de uma rubrica de avaliação previamente definida, buscando padronizar os critérios de atribuição das notas entre as turmas analisadas. Como a aplicação ocorreu em disciplinas conduzidas por duas avaliadoras, utilizaram-se os mesmos instrumentos, critérios de correção e sequência de atividades, com o objetivo de reduzir possíveis variações interpretativas durante a avaliação das respostas. A rubrica considerou a construção correta das colunas intermediárias, a aplicação adequada dos operadores lógicos, o resultado final da tabela-verdade e a consistência da resolução apresentada. Respostas parcialmente corretas receberam pontuação proporcional ao número de etapas realizadas corretamente, buscando valorizar tanto o processo de resolução quanto o resultado final obtido pelo estudante.

O questionário complementar foi organizado em quatro blocos: perfil e experiência prévia; usabilidade (SUS); percepção de apoio à aprendizagem; e questões abertas. O bloco de usabilidade consistiu na avaliação do TRUEBLE por meio da *System Usability Scale* (SUS), composta por dez afirmações em escala Likert [Likert 1932, Brooke 1996]. A Tabela 1 apresenta os itens utilizados.

Tabela 1. Afirmações do bloco de usabilidade baseado na SUS.

Item	Afirmações
U1	Eu gostaria de usar o TRUEBLE com frequência.
U2	Achei o TRUEBLE desnecessariamente complexo.
U3	Achei o TRUEBLE fácil de usar.
U4	Acho que precisaria de ajuda de uma pessoa com conhecimentos técnicos para conseguir usar o TRUEBLE.
U5	As funções do TRUEBLE estavam bem integradas.
U6	Achei que houve muita inconsistência no TRUEBLE.
U7	Imagino que a maioria das pessoas aprenderia a usar o TRUEBLE rapidamente.
U8	Achei o TRUEBLE complicado de usar.
U9	Senti-me confiante ao usar o TRUEBLE.
U10	Precisei aprender várias coisas antes de conseguir usar o TRUEBLE.

Os dados de desempenho foram analisados por meio de estatísticas descritivas e inferenciais, considerando a comparação entre os resultados do pré-teste e do pós-teste. Para verificar se a diferença entre os dois momentos avaliados era estatisticamente significativa, aplicou-se o teste de postos sinalizados de Wilcoxon, adequado à comparação de

medidas pareadas do mesmo grupo e apropriado para distribuições que não pressupõem normalidade estrita das diferenças [Wilcoxon 1945]. As análises estatísticas foram realizadas em Python, no ambiente Google Colab, utilizando base de dados anonimizada, sem nomes, e-mails ou outros identificadores diretos dos participantes.

Além do valor de p , reportou-se o tamanho de efeito r , calculado pela razão entre o valor padronizado Z do teste e a raiz quadrada de N , isto é, $r = |Z|/\sqrt{N}$, em que N corresponde ao número de pares válidos não empatados no teste de Wilcoxon, ou seja, pares com diferença diferente de zero entre pré-teste e pós-teste. Quando o ambiente estatístico utilizado não forneceu Z diretamente, esse valor foi estimado de forma aproximada a partir do p bilateral reportado. Para a interpretação da magnitude, adotou-se a convenção usual: $r \approx 0,10$ para efeito pequeno, $r \approx 0,30$ para efeito médio e $r \geq 0,50$ para efeito grande. As respostas da *System Usability Scale* (SUS), proposta por Brooke [Brooke 1996], foram analisadas conforme o procedimento original do instrumento, com recodificação dos itens e conversão para uma escala de 0 a 100. O escore SUS foi calculado tanto de forma geral quanto por turma, permitindo comparar a percepção de usabilidade entre os grupos analisados. Para a apresentação descritiva das respostas em escala Likert, as opções foram agrupadas em três categorias: desfavorável, neutra e favorável.

As respostas às questões abertas foram analisadas qualitativamente de forma exploratória: uma pesquisadora realizou leitura integral dos relatos e agrupou as respostas em categorias temáticas emergentes com base na recorrência dos termos e na natureza dos problemas relatados. As categorias foram, em seguida, revisadas pelas demais pesquisadoras para reduzir ambiguidades e verificar a coerência dos agrupamentos.

4. Descrição do TRUEBLE

O TRUEBLE é um ambiente virtual de aprendizagem desenvolvido para apoiar o estudo de lógica matemática, com ênfase na compreensão dos operadores lógicos e na resolução de tabelas-verdade [Omitido 2025a]. Sua proposta é oferecer um recurso digital que combine revisão conceitual, prática guiada e retorno imediato durante o processo de aprendizagem. Além disso, sua interface busca organizar os elementos de forma acessível, favorecendo a navegação em contextos de estudo individual ou de atividades orientadas em sala de aula, em consonância com aspectos discutidos na área de interação humano-computador [Barbosa and Silva 2010].

A organização do TRUEBLE contempla espaços voltados à consulta de conteúdos e à resolução prática de exercícios, combinando explicação conceitual, prática guiada e retorno sobre o desempenho. Embora o aplicativo já tenha sido apresentado anteriormente, especialmente quanto à ferramenta de construção de tabelas-verdade [Omitido 2025b], a versão utilizada neste estudo incorpora refinamentos oriundos de avaliações prévias [Omitido 2025c].

Como sintetiza a Figura 2, esses refinamentos incluem a evolução do componente de entrada de dados, melhorias na visualização da tabela-verdade e a possibilidade de tornar opcional a etapa de classificação ao final da atividade. A Figura 2(a) evidencia a evolução do componente de entrada de dados, agora dotado de um teclado especializado com a inclusão da vírgula. Esse refinamento amplia as possibilidades de inserção de expressões e favorece a construção de argumentos lógicos durante o uso do TRUEBLE.

A Figura 2(b) destaca refinamentos voltados à visualização da tabela-verdade. Fo-

CONSTRUIR TABELAS

Pratique a criação de tabelas verdade e explore fórmulas lógicas da forma booleana.

Insira a fórmula

Digite a fórmula para construir a tabela verdadeira.

Digite a fórmula para construir a tabela verdadeira

RESPOSTA

PV(Q → R)

P	Q	R	Q → R	P ∨ (Q → R)
1	1	1		
1	1	0		
1	0	1		
1	0	0		
0	1	1		
0	1	0		
0	0	1		
0	0	0		

Preencha todas as células da tabela com os valores verdade corretos.

Continuar outra Tabela

TABELAS

PVQ 1/9

PRATIQUE A CRIAÇÃO DE TABELAS VERDADE E EXPLORE FÓRMULAS LÓGICAS DA FORMA BOOLEANA

RESPOSTA

PVQ

P	Q	P ∨ Q
V	V	V
V	F	V
F	V	V
F	F	F

Tabela: 4/4 (100%) ✓
Deseja classificar esta tabela?

Classificar Tabela

Finalizar sem classificar

Continuar outra Tabela

TABELAS

PVQ 1/9

PRATIQUE A CRIAÇÃO DE TABELAS VERDADE E EXPLORE FÓRMULAS LÓGICAS DA FORMA BOOLEANA

Em conjunto, esses refinamentos não se limitam ao plano estético: constituem variáveis de interface relevantes para a interpretação dos achados qualitativos da Seção 5, na medida em que permitem verificar se as melhorias implementadas contribuíram para reduzir as fricções de uso relatadas em avaliações anteriores.

5.1. Perfil do participante

Os participantes que utilizaram o TRUEBLE distribuíram-se entre Ciência da Computação (39,7%), Engenharia de Computação (31,0%) e Engenharia de Software (29,3%). A maioria tinha entre 18 e 20 anos (53,4%), seguida pelas faixas de 21 a 23 anos (24,1%) e 27 anos ou mais (13,8%). Em relação ao gênero, 70,7% identificaram-se com o gênero masculino e 29,3% com o gênero feminino. Quanto ao conhecimento prévio, 55,2% afirmaram já ter estudado tabelas-verdade anteriormente. A autoavaliação

do conhecimento em lógica matemática concentrou-se nos níveis intermediários da escala, especialmente nos níveis 3 (37,9%) e 4 (43,1%), indicando percepção predominantemente intermediária de domínio do conteúdo. Em relação ao uso de recursos digitais para estudo, 56,9% relataram utilizá-los frequentemente e 20,7%, sempre.

5.2. Desempenho dos estudantes

Em resposta à QP1, esta subseção apresenta a análise de desempenho considerando apenas os estudantes que realizaram tanto o pré-teste quanto o pós-teste e que efetivamente utilizaram o TRUEBLE durante a intervenção. Esse critério foi adotado para assegurar a comparabilidade entre os resultados analisados, com base somente nos participantes com trajetória completa nas etapas previstas do estudo. A Tabela 2 sintetiza as estatísticas descritivas do desempenho no pré-teste e no pós-teste por curso.

Tabela 2. Estatísticas descritivas do desempenho no pré-teste e no pós-teste por curso.

Curso	n	Média Pré	Média Pós	Mediana Pré	Mediana Pós	DP Pré	DP Pós
Engenharia de Computação	15	7,58	8,73	7,88	9,00	1,81	1,56
Ciência da Computação	12	8,58	9,17	9,00	10,00	1,72	1,25
Engenharia de Software	11	7,68	8,95	8,00	9,50	2,60	1,54

De modo geral, a Tabela 2 indica melhora no desempenho após o uso do TRUEBLE, com aumento de média e mediana nas três turmas analisadas. Para verificar se a diferença entre os desempenhos do pré-teste e do pós-teste foi estatisticamente significativa, aplicou-se o teste de postos sinalizados de Wilcoxon para amostras pareadas. Para complementar a significância estatística, calculou-se o tamanho de efeito r , de modo a explicitar a magnitude da diferença observada entre pré-teste e pós-teste, para além do valor de p . Como o ambiente estatístico utilizado não reportou diretamente o valor padronizado Z , o tamanho de efeito foi estimado de forma aproximada a partir do p bilateral em cada turma.

Para a turma de Engenharia de Computação, o resultado obtido ($W = 10,0$; $p = 0,0223$; $r \approx 0,66$) indica diferença estatisticamente significativa ao nível de 5% e tamanho de efeito grande, considerando $N = 13$ pares válidos não empatados no teste de Wilcoxon. Nesse grupo, nove dos 15 estudantes (60,0%) apresentaram aumento nas notas no pós-teste, dois (13,3%) mantiveram o mesmo desempenho e quatro (26,7%) obtiveram redução em relação ao pré-teste. Embora a tendência geral seja positiva, a presença de casos de redução de desempenho indica que o uso do aplicativo não foi uniformemente benéfico para todos os participantes, sugerindo que fatores como adaptação ao ambiente, dificuldades conceituais prévias e diferenças individuais de perfil merecem atenção em estudos futuros.

Nas turmas de Ciência da Computação e Engenharia de Software, observou-se melhora descritiva no pós-teste, porém sem confirmação de significância estatística pelo teste de Wilcoxon. Em Ciência da Computação, seis dos 12 estudantes (50,0%) apresentaram melhora, três (25,0%) mantiveram o mesmo desempenho e três (25,0%) registraram redução; o resultado ($W = 14,5$; $p = 0,3750$; $r \approx 0,296$) indica ausência de significância estatística, com tamanho de efeito limítrofe entre pequeno e médio, considerando $N = 9$ pares válidos não empatados no teste de Wilcoxon. Em Engenharia de Software, seis dos 11 estudantes (54,5%) melhoraram, três (27,3%) mantiveram o desempenho e

dois (18,2%) apresentaram redução; o resultado ($W = 8,0$; $p = 0,2188$; $r \approx 0,435$) também não indicou diferença estatisticamente significativa, embora o tamanho de efeito sugira magnitude média da diferença, considerando $N = 8$ pares válidos não empatados no teste de Wilcoxon.

Em resposta à QP1, observou-se tendência positiva de desempenho nas três turmas, com diferença estatisticamente significativa e tamanho de efeito grande apenas em Engenharia de Computação. Nas demais turmas, a melhora descritiva não atingiu significância estatística, possivelmente em razão do tamanho reduzido das amostras e, no caso da Ciência da Computação, do efeito teto observado.

5.3. Avaliação de usabilidade do TRUEBLE

Em resposta à QP2, esta subseção apresenta a distribuição percentual das respostas aos itens U1 a U10 da SUS por curso, agrupadas em percepção desfavorável, neutra e favorável à usabilidade. A Figura 3 sintetiza esses resultados, enquanto os identificadores U1 a U10 correspondem às afirmações apresentadas na Tabela 1.

Na visualização, os itens de formulação positiva (U1, U3, U5, U7 e U9) foram interpretados diretamente, de modo que respostas de concordância indicam percepção favorável à usabilidade. Já os itens de formulação negativa (U2, U4, U6, U8 e U10) foram recodificados apenas para fins gráficos, fazendo com que respostas de discordância passassem a representar percepção favorável. Essa recodificação não altera o cálculo do escore SUS, que seguiu o procedimento original de [Brooke 1996]. De forma geral, os três cursos apresentaram predominância de percepção favorável à usabilidade do aplicativo. O escore médio geral da *System Usability Scale* (SUS) foi de 76,1 pontos. Na análise por turma, Engenharia de Computação apresentou o maior escore médio SUS, com 80,28 pontos, seguida por Engenharia de Software, com 77,64 pontos, e Ciência da Computação, com 71,63 pontos.

Nos itens positivos, destacaram-se U3, U5, U7 e U9, associados à facilidade de uso, integração das funções, rapidez de aprendizagem e confiança durante a interação. Nos itens negativos, a recodificação para visualização indicou predominância de percepção favorável em U2, U4 e U8, sugerindo que a maioria dos participantes discordou de afirmações relacionadas à complexidade e à dificuldade de uso. Os itens U6 e U10 apresentaram maior dispersão entre as turmas, com percentuais neutros e desfavoráveis acima da média dos demais itens, indicando que a percepção de consistência do aplicativo e a curva inicial de aprendizagem ainda requerem atenção. Em resposta à QP2, o TRUEBLE foi avaliado positivamente quanto à usabilidade, com escore SUS médio de 76,1 pontos, valor situado na faixa “bom” segundo a classificação interpretativa proposta por [Bangor et al. 2008]. Os itens U6 e U10 se relacionam às dificuldades técnicas relatadas nas questões abertas, discutidas na Subseção 5.5.

5.4. Percepção de apoio à aprendizagem

Em resposta à QP3, esta subseção apresenta as percepções dos estudantes sobre o apoio do aplicativo à aprendizagem, considerando os itens A1, A2 e A3. A Tabela 3 sintetiza os percentuais de respostas agrupadas em percepção desfavorável, neutra e favorável por curso. Observou-se predominância de avaliações favoráveis nos três cursos, especialmente no item A2, relacionado ao feedback do aplicativo, com percentuais favoráveis

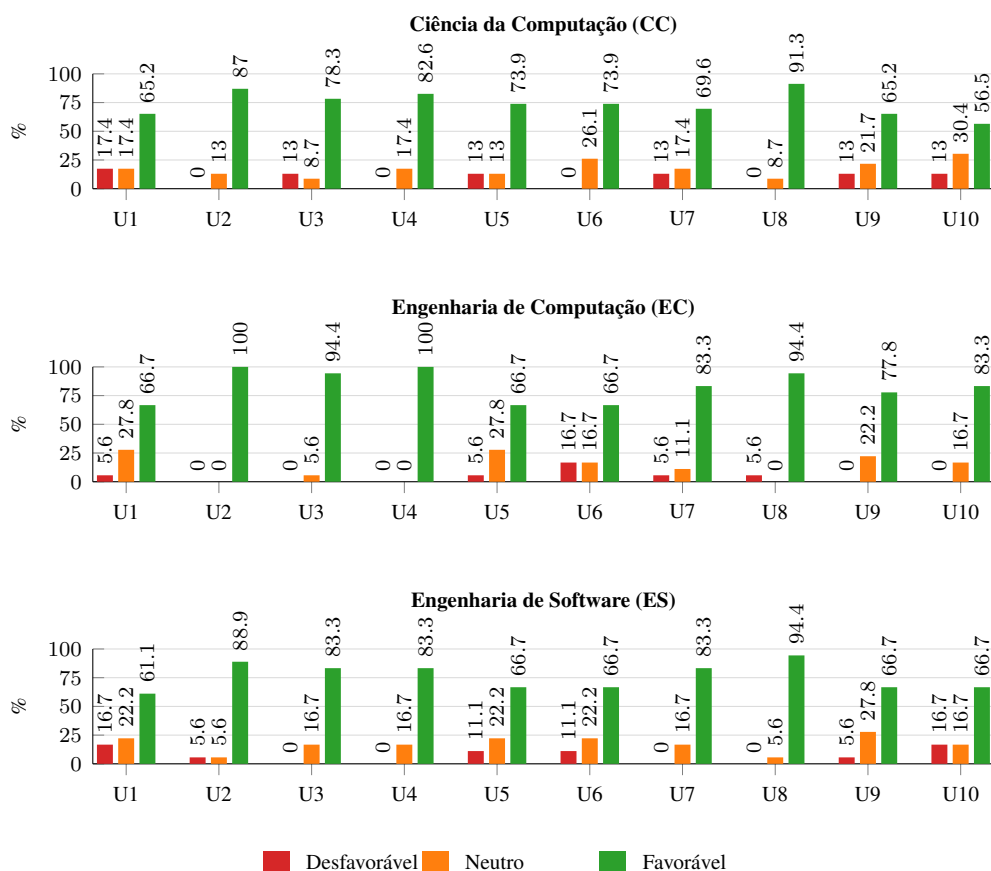


Figura 3. Distribuição percentual das respostas dos itens U1 a U10 por curso, com agrupamento em percepção desfavorável, neutra e favorável.

entre 72,2% e 88,9%. Esse resultado sugere que o feedback foi percebido como útil para identificar erros na resolução das tabelas-verdade. Ainda assim, a presença de respostas neutras e desfavoráveis indica que essa percepção variou entre os participantes. Em Engenharia de Software, por exemplo, o item A2 apresentou 16,7% de respostas neutras e 11,1% de respostas desfavoráveis.

Tabela 3. Distribuição percentual das respostas dos itens A1 a A3 por curso, agrupadas em percepção desfavorável, favorável e neutra.

Curso	Item	Desfavorável	Favorável	Neutro
Ciência da Computação	A1	8,7	78,3	13,0
	A2	4,3	82,6	13,0
	A3	4,3	82,6	13,0
Engenharia de Computação	A1	5,6	66,7	27,8
	A2	5,6	88,9	5,6
	A3	5,6	77,8	16,7
Engenharia de Software	A1	11,1	61,1	27,8
	A2	11,1	72,2	16,7
	A3	5,6	66,7	27,8

No item A1, relacionado à compreensão das tabelas-verdade, a variação foi mais pronunciada, com percentuais neutros de 27,8% em Engenharia de Computação e Engenharia de Software, além de 11,1% de respostas desfavoráveis nesta última turma. Em A3, os percentuais favoráveis variaram entre 66,7% e 82,6%; também foram observadas

respostas neutras entre 13,0% e 27,8% e percentuais desfavoráveis de até 5,6%. Assim, os resultados apontam uma percepção majoritariamente positiva de apoio à aprendizagem, mas com variações entre itens e turmas. Considerados conjuntamente, esses dados expressam percepção de apoio à aprendizagem, e não uma medida direta de aprendizagem objetiva. Ainda assim, quando articulados aos resultados de usabilidade, sugerem que aspectos como facilidade de uso, integração das funções e feedback imediato podem ter favorecido a percepção de que o TRUEBLE auxiliou os estudantes na identificação de erros e no estudo de lógica matemática.

Em resposta à QP3, os estudantes perceberam o TRUEBLE majoritariamente como apoio à sua aprendizagem, com destaque para o papel do feedback na identificação de erros. Esse resultado é coerente com a literatura que aponta o feedback imediato como fator relevante para o engajamento e a autoavaliação dos estudantes em ferramentas educacionais digitais [Galafassi et al. 2020]. Ainda assim, a presença de respostas neutras e desfavoráveis indica que a percepção de apoio não foi uniforme entre os participantes, reforçando a necessidade de aprimoramentos discutidos na Subseção 5.5.

5.5. Dificuldades e recomendações de aprimoramento

As respostas abertas do questionário complementar foram analisadas com o objetivo de identificar dificuldades, críticas e sugestões de aprimoramento do TRUEBLE. Entre os 59 participantes que utilizaram o aplicativo, 16 (27,1%) relataram algum erro ou dificuldade técnica, enquanto 43 (72,9%) não apontaram problemas. Os relatos foram agrupados em cinco eixos principais: sintaxe de expressões, consistência lógica, conteúdo didático, interface e desempenho, e ambiente e acessibilidade.

No eixo de sintaxe de expressões, destacaram-se falhas ao fechar parênteses, mensagens de “argumento inválido”, dificuldades com dupla negação e limitações para editar expressões já inseridas. Em relação à consistência lógica, foram mencionados casos de tabelas ou respostas avaliadas incorretamente, especialmente quanto ao tratamento da implicação e à precedência de operadores. Esses relatos ajudam a interpretar a dispersão observada no item U6 da SUS, relacionado à percepção de inconsistência do aplicativo. Também foram registradas sugestões relacionadas ao conteúdo didático, como ampliação do conjunto de exercícios, exemplos e atividades com maior exigência de raciocínio lógico. No que se refere à interface e ao desempenho, os participantes mencionaram lentidão, falhas de clique, navegação pouco fluida e problemas de visualização em elementos da tela inicial. Por fim, no eixo de ambiente e acessibilidade, apareceram pedidos de instalação mais simples, versão para iOS, disponibilização em lojas oficiais, login com Google e preservação do progresso de uso.

À vista disso, os relatos indicam que parte das fricções de uso não está associada à proposta pedagógica do TRUEBLE, mas à robustez da implementação em tarefas logicamente mais sensíveis, como a edição de expressões e o processamento de operadores. Assim, as respostas abertas complementam os resultados quantitativos ao indicar prioridades de aprimoramento técnico, funcional e pedagógico para versões futuras do aplicativo.

6. Ameaças à Validade

As ameaças à validade deste estudo envolvem limitações internas, externas, de construto e de conclusão. Quanto à validade interna, a principal limitação é a ausência de grupo de

controle, o que dificulta isolar o efeito do uso do aplicativo de fatores como maturação, efeito de prática entre pré-teste e pós-teste e viés de autosseleção, já que o uso foi facultativo. Como mitigação parcial, adotou-se um protocolo comum de aplicação, com os mesmos instrumentos e sequência de atividades nas três turmas analisadas, além de rubrica de correção previamente definida. Em relação à validade externa, os resultados devem ser interpretados com cautela, pois o estudo foi conduzido em uma única instituição e com estudantes da área de Computação. Ainda assim, a aplicação em diferentes turmas permitiu comparar tendências entre grupos distintos.

No que se refere à validade de construto, a equivalência de dificuldade entre pré-teste e pós-teste não foi verificada por procedimentos psicométricos específicos, o que limita a garantia de equivalência entre os instrumentos. Como mitigação parcial, os mesmos instrumentos e critérios de correção foram utilizados em todas as turmas, mantendo foco no mesmo conteúdo de tabelas-verdade. Além disso, as medidas de conhecimento prévio baseadas em autoavaliação podem não refletir com precisão o desempenho real dos participantes. Também constitui limitação o caráter exploratório da análise qualitativa das questões abertas, uma vez que não foi realizado cálculo formal de concordância entre avaliadoras. Como mitigação parcial, as categorias temáticas foram revisadas pelas demais pesquisadoras, buscando reduzir ambiguidades interpretativas.

Quanto à validade de conclusão, o tamanho reduzido dos subconjuntos analisados por turma limita o poder estatístico das análises, aumentando a possibilidade de que diferenças reais entre pré-teste e pós-teste não tenham sido detectadas como estatisticamente significativas. Como mitigação parcial, os resultados foram apresentados de forma descritiva e inferencial, considerando médias, medianas, dispersão, p-valor e tamanho de efeito. Além disso, na turma de Ciência da Computação, observou-se possível efeito teto, já que a mediana do pré-teste era elevada, reduzindo a margem para detecção de melhora no pós-teste.

Consideradas em conjunto, as limitações identificadas são características de estudos quase-experimentais conduzidos em contextos reais de ensino, nos quais o controle experimental pleno é frequentemente inviável. Os resultados devem ser interpretados como evidências exploratórias sobre a associação entre o uso do TRUEBLE e indicadores de desempenho e percepção dos estudantes, e não como demonstração de causalidade direta.

7. Conclusão

Este estudo investigou o uso do TRUEBLE como recurso educacional complementar para o estudo de lógica matemática em cursos de graduação em Computação, combinando análise de desempenho, avaliação de usabilidade e percepção qualitativa dos estudantes em três turmas distintas. Os resultados são discutidos a seguir em relação a cada questão de pesquisa.

Em relação à QP1, os resultados indicaram tendência positiva de desempenho após o uso do TRUEBLE nas três turmas analisadas, com aumento de médias e medianas em todos os grupos. Diferença estatisticamente significativa foi observada apenas na turma de Engenharia de Computação ($W = 10,0$; $p = 0,0223$; $r \approx 0,66$), com tamanho de efeito grande. Nas turmas de Ciência da Computação e Engenharia de Software, embora tenha havido melhora descritiva, não foi identificada significância estatística, possivel-

mente em razão do tamanho reduzido das amostras e do efeito teto observado em Ciência da Computação.

Quanto à QP2, os estudantes avaliaram positivamente a usabilidade do aplicativo, com escore SUS médio de 76,1 pontos, classificado como “bom” [Bangor et al. 2008]. Os itens relacionados à facilidade de uso, rapidez de aprendizagem e confiança durante a interação apresentaram os resultados mais favoráveis, enquanto U6 e U10 indicaram pontos de atenção relacionados à consistência do sistema e à experiência inicial de uso.

Em relação à QP3, as percepções sobre apoio à aprendizagem também foram majoritariamente positivas, especialmente no item relacionado ao feedback do aplicativo na identificação de erros. Ainda assim, a presença de respostas neutras e desfavoráveis sugere que a percepção de apoio variou conforme o perfil dos estudantes e o contexto de uso. Ressalta-se que esses dados expressam percepção de apoio à aprendizagem, e não uma medida direta de aprendizagem objetiva.

De forma mais ampla, os resultados deste estudo contribuem para a compreensão do papel de ambientes virtuais com feedback imediato no ensino de conteúdos lógico-matemáticos em Computação. A combinação de análise de desempenho, usabilidade padronizada e percepção qualitativa em múltiplas turmas oferece uma perspectiva multidimensional sobre a adoção dessas ferramentas, ainda pouco explorada na literatura nacional. Os achados sugerem que ferramentas digitais voltadas à prática de tabelas-verdade podem contribuir para processos de revisão e autoavaliação, especialmente quando associadas a feedback imediato, embora seu impacto no desempenho objetivo dependa de fatores contextuais como o perfil inicial da turma e o engajamento dos participantes.

As respostas abertas evidenciaram limitações que ainda demandam aprimoramento, sobretudo no tratamento de parênteses, na edição de expressões lógicas e em aspectos de interface e desempenho. Nesse sentido, recomenda-se o uso do TRUEBLE como recurso complementar ao ensino formal do conteúdo, explorando o feedback imediato como apoio à revisão e à autoavaliação dos estudantes. Como trabalhos futuros, recomenda-se a realização de avaliações com grupo de controle, aplicação do protocolo em outros contextos formativos e estudos longitudinais voltados à retenção da aprendizagem. Também se sugere o aperfeiçoamento do aplicativo com base nas dificuldades e sugestões relatadas pelos participantes.

Declaração sobre uso de Inteligência Artificial

Durante a elaboração deste artigo, foram utilizadas ferramentas de Inteligência Artificial Generativa para apoio à revisão linguística e organização textual. Essas ferramentas não foram empregadas para gerar resultados, analisar dados ou definir conclusões. Todas as decisões metodológicas e a responsabilidade pelo conteúdo permanecem integralmente com os autores.

Cuidados Éticos

O estudo foi conduzido em conformidade com os princípios éticos previstos nas Resoluções nº 466/2012 e nº 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde. A participação foi voluntária, com garantia de anonimato e uso dos dados exclusivamente para fins acadêmicos. A coleta integrou-se às atividades regulares da disciplina, e os dados foram tratados de forma agregada e anonimizada.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) pela concessão de bolsa iniciação científica.

Referências

- Bangor, A., Kortum, P. T., and Miller, J. T. (2008). An empirical evaluation of the system usability scale. *International Journal of Human–Computer Interaction*, 24(6):574–594.
- Barbosa, S. and Silva, B. (2010). *Interação Humano-Computador*. Elsevier Brasil.
- Brooke, J. (1996). Sus: a quick and dirty usability scale. In *Usability Evaluation in Industry*, pages 189–194.
- Correia, K., Fook, K., and Sá, E. (2018). Logeasy++: Uma ferramenta para ensino e aprendizagem personalizável utilizando gamificação. In *Anais do XXIX Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 575–584, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- D’Carlo, D., Barbosa, G. A., and Oliveira, E. (2016). Usabilidade em aplicativos móveis educacionais: Um conjunto de heurísticas para avaliação. In *Anais do XXVII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 777–786, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- de Oliveira Martins, D., Tiziotto, S. A., and Cazarini, E. W. (2016). Ambientes virtuais de aprendizagem (avas) como ferramentas de apoio em ambientes complexos de aprendizagem (acas). *Revista Brasileira de Aprendizagem Aberta e a Distância*, 15.
- Frezato, O., Coleti, T., and Valle, P. (2024). Avaliação heurística de um ambiente gamificado para ensino de programação. In *Anais do XXXII Workshop sobre Educação em Computação*, pages 806–817, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Galafassi, C., Galafassi, F., Reategui, E., and Vicari, R. (2020). Evologic: Sistema tutor inteligente para ensino de lógica. In *Anais do XLVII Seminário Integrado de Software e Hardware*, pages 222–233, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Leite, M., Marczal, D., and Pimentel, A. (2013). Objeto de aprendizagem pitágoras: uma aplicação do uso de múltiplas representações externas na remediação de erros matemáticos. In *Anais do II Workshop de Desafios da Computação aplicada à Educação*, pages 1434–1442, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Liberalino, C., Nunes, D., Silva, E., Laureano, R., Sousa, G., and Pinto, M. (2025). Bug quest: Um jogo para o ensino da programação. In *Anais do XXIV Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, pages 1411–1420, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology*, 22(140):1–55.
- Menezes, M., Netto, J., and Silva, R. (2025). Desenvolvimento e avaliação da plataforma quiz legends: Uma abordagem gamificada no processo educacional. In *Anais do XXXVI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 539–550, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Nascimento, I., Gaspar, W., Conte, T., Gadelha, B., and Oliveira, E. (2016). Melhor prevenir do que remediar: Avaliando usabilidade e ux de software antes de levá-lo para

- a sala de aula. In *Anais do XXVII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 806–815, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Omitido (2025a). Omitido para avaliação. In *Anais Estendidos do XIV Congresso Brasileiro de Informática na Educação*, page [Omitido para avaliação], Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Omitido (2025b). Omitido para avaliação. In *Anais do XXXVI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, page [Omitido para avaliação], Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Omitido (2025c). Omitido para avaliação. In *Anais do XXXVI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, page [Omitido para avaliação], Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Prodanov, C. C. and de Freitas, E. C. (2013). *Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico*. Feevale, Novo Hamburgo, 2 edition. [Recurso eletrônico].
- Santos, C., Irion, C., Vale, L., Pereira, J. H., and Araújo, R. (2024). A masmorra do dragão. In *Anais Estendidos do XIII Congresso Brasileiro de Informática na Educação*, pages 192–195, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Schreiner, M., Gil, F., Lisbôa, E., and Karling, D. (2019). Sti - lógica livre: uma ferramenta para auxiliar a aprendizagem de equivalência lógica no âmbito da educação superior. In *Anais do XXX Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 1661–1670, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Sena, A. and Torres, M. (2009). Easykarnaugh 3.0 – uma ferramenta computacional para o auxílio no ensino de mapas de karnaugh em lógica digital. In *Anais do XVII Workshop sobre Educação em Computação*, pages 455–464, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Shadish, W. R., Cook, T. D., and Campbell, D. T. (2002). *Experimental and Quasi-Experimental Designs for Generalized Causal Inference*. Houghton Mifflin Company, Boston.
- Souza, M. F., Oliveira, M., and Souza, M. A. (2024). Boolace: Jogo educacional para auxiliar o ensino e a aprendizagem de lógica proposicional. In *Anais Estendidos do XXIII Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, pages 235–240, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Valente, M. T. (2020). Engenharia de software moderna. *Princípios e Práticas para Desenvolvimento de Software com Produtividade*, 1(24).
- Wilcoxon, F. (1945). Individual comparisons by ranking methods. *Biometrics Bulletin*, 1(6):80–83.