



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS ARAGUATINS**

CURSO DE LICENCIATURA EM COMPUTAÇÃO

JOÃO VICTOR ARRUDA MACIEL

STUDYMATH: Gamificação como estratégia pedagógica no ensino de matemática

ARAGUATINS - TO

2026

JOÃO VICTOR ARRUDA MACIEL

STUDYMATH: Gamificação como estratégia pedagógica no ensino de matemática

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins - Campus Araguatins, para obtenção do título de Licenciado em Computação.

Orientador(a): Prof. Dr. Ennio Willian Lima Silva

Aprovado em: 18/06/2026

ARAGUATINS - TO

2026

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins

M152s Maciel, João Victor Arruda
 StudyMath: Gamificação como Estratégia Pedagógica no Ensino
 de Matemática / João Victor Arruda Maciel. – Araguatins, TO, 2026.
 43 p. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Computação)
– Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins,
Campus Araguatins, Araguatins, TO, 2026.

Orientador: Dr. Ennio William Lima Silva

1. Engenharia de Software Educacional. 2. Telemetria
Educacional. 3. Delineamento Quase-Experimental. I. Silva, Ennio
William Lima. II. Título.

CDD 004

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins
de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a).**



Ministério da Educação
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins
Campus Araguatins

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO DO TRABALHO: STUDYMATH: GAMIFICAÇÃO COMO ESTRATÉGIA PEDAGÓGICA NO ENSINO DE MATEMÁTICA

AUTOR: João Victor Arruda Maciel

ORIENTADOR: Prof. Dr. Ennio Willian Lima Silva

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, *Campus Araguatins*, como parte das exigências para a conclusão do Curso de Licenciatura em Computação.

Aprovado em 18 de junho de 2026.

Prof. Dr. Ennio Willian Lima Silva
Presidente da Banca

Prof. Dr. Ramásio Ferreira de Melo
Primeiro avaliador

Prof. Me. Adeilson Marques da Silva Cardoso
Segundo avaliador



Documento assinado eletronicamente por **Ennio William Lima Silva, Servidor**, em 18/06/2026, às 17:31, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ramasio Ferreira de Melo, Servidor**, em 18/06/2026, às 17:32, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Adeilson Marques da Silva Cardoso, Servidor**, em 18/06/2026, às 17:34, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.iftoc.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **3224842** e o código CRC **5AF139EC**.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus pela força, saúde e resiliência demonstradas ao longo de toda esta jornada acadêmica. À minha família, pelo apoio incondicional, pelo amor, pela paciência e por acreditarem nos meus sonhos mesmo nos momentos de maior cansaço. Sem a base que vocês me deram, nada disso seria possível. À meu orientador, Prof. Dr. Ennio William, pela paciência, dedicação e generosidade em compartilhar seu conhecimento. Seus apontamentos e direcionamentos foram fundamentais para a construção deste trabalho. Aos professores do curso de Licenciatura em computação, que contribuíram para a minha formação acadêmica e profissional, despertando em mim o senso crítico e a paixão pelo conhecimento. Aos amigos que me apoiaram durante todo esse tempo em que eu estive focado na construção do meu futuro profissional. Por fim, a todos que, direta ou indiretamente, colaboraram para a realização deste trabalho, manifesto a minha mais sincera gratidão.

RESUMO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento e a avaliação pedagógica do StudyMath, um software educativo gamificado. O objetivo geral da investigação foi mensurar o impacto do uso dessa plataforma no desempenho de estudantes do 5º ano do ensino fundamental na disciplina de Matemática utilizando o descritor de divisão da matriz de referência do Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB) como eixo de intervenção. Diante das limitações crônicas de conectividade à internet banda larga nas escolas públicas da região de Araguatins (TO), a arquitetura offline-first com referência e persistência assíncrona orientada a dados (data-driven) mostrou-se uma solução de engenharia de software estrategicamente alinhada à realidade local. A fundamentação teórica articulou a Epistemologia Genética de Piaget, a Teoria do Fluxo de Csikszentmihalyi e a Zona de Desenvolvimento Proximal de Vygotsky para sustentar o uso do erro como vetor de autorregulação cognitiva e justificar a dinâmica de resolução em duplas. Para a coleta de dados, adotou-se um delineamento quase-experimental estruturado em três etapas consecutivas: um diagnóstico inicial em papel (Pré-teste - T1), sessões de intervenção mediadas pelo software no laboratório de informática focadas na operação de divisão, e um diagnóstico abrangente final impresso (Pós-teste - T2) alinhado à matriz de múltiplos descritores do SAEB e SAETO. Os resultados das 3 turmas do 5º ano do ensino fundamental que tinham 80 alunos e 37 duplas demonstram um ganho cognitivo real de até 11 pontos percentuais em relação à linha de base, evidenciando que a desconstrução do erro por meio de feedbacks explicativos imediatos promoveu a autorregulação cognitiva e uma transposição didática global, capacitando os estudantes a mobilizarem competências de leitura crítica e raciocínio lógico em variados temas da avaliação em larga escala.

Palavras-chave: Estudo da Divisão. Engenharia de Software Educacional. Telemetria Educacional. Epistemologia Genética. Delineamento Quase-Experimental.

ABSTRACT

This study presents the development and pedagogical evaluation of StudyMath, a gamified educational software. The main objective of this research was to measure the impact of this platform on the academic performance of 5th-grade elementary school students in Mathematics, focusing on the division descriptor from the Basic Education Assessment System (SAEB) reference matrix as the intervention axis. Given the chronic broadband connectivity limitations in public schools within the region of Araguatins (TO), an offline-first architecture with asynchronous reference and data-driven persistence proved to be a software engineering solution strategically aligned with the local reality. The theoretical framework articulated Piaget's Genetic Epistemology, Csikszentmihalyi's Flow Theory, and Vygotsky's Zone of Proximal Development (ZPD) to support the use of errors as a vector for cognitive self-regulation and to justify peer-learning dynamics. Data collection followed a quasi-experimental design structured in three consecutive phases: an initial paper-based diagnosis (Pre-test - T1), software-mediated intervention sessions in the computer laboratory focusing on the division operation, and a comprehensive final printed diagnosis (Post-test - T2) aligned with the SAEB and SAETO multi-descriptor matrix. The results from 3 classes of the 5th grade of elementary school, comprising 80 students and 37 pairs, demonstrate a real cognitive gain of up to 11 percentage points relative to the baseline. This evidences that error deconstruction through immediate explanatory feedback promoted cognitive self-regulation and a global didactic transposition, enabling students to mobilize critical reading skills and logical reasoning across various themes of the large-scale assessment.

Keywords: Study of Division. Educational Software Engineering. Educational Telemetry. Genetic Epistemology. Quasi-Experimental Design.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
1.1 Problema de Pesquisa	10
1.2 Justificativa	12
1.3 Objetivos	14
1.3.1 Objetivo Geral.....	14
1.3.2 Objetivos Específicos	14
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1 O Ensino da Matemática nos Anos Iniciais e a BNCC.....	15
2.2 Metodologias Ativas e Gamificação na Aprendizagem Matemática	16
2.3 O Papel da Licenciatura em Computação e o Desenvolvimento de Soluções Locais	17
2.4 A Matriz do SAEB e os Softwares Educacionais Orientados a Dados (Data-Driven).....	18
2.5 Os Eixos Estruturantes da Matemática e os Desafios Pedagógicos Locais	19
2.5.1 Unidade Temática Números: O Raciocínio Multiplicativo e Divisional	20
2.5.2 Unidade Temática Geometria: A Visualização Espacial e Formas	20
2.5.3 Unidade Temática Probabilidade e Estatística: O Letramento Estatístico	21
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	22
3.1 Natureza e Delineamento da Pesquisa	22
3.2 Sujeitos da Pesquisa e Delimitação dos Grupos	22

3.3 Arquitetura de Software Desktop e Infraestrutura Tecnológica	23
3.3.1 Interface Gráfica com Tkinter e Pillow	23
3.3.2 Modelagem de Dados e Telemetria em Nuvem (Cloud Firestore).....	23
3.4 Protocolo de Coleta de Dados e Procedimentos de Campo.....	24
3.5 Matriz de Especificação do Instrumento Diagnóstico (Pré-teste - T1)	25
3.6 Matriz de Especificação do Simulado Amplo (Pós-teste - T2)	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.1 Análise Diagnóstica Inicial (Pré-Teste).....	29
4.1.1 Análise Comportamental e o Impacto da Expectativa Tecnológica	30
4.1.2 Mapeamento Quantitativo e Homogeneidade das Turmas	30
4.2 Intervenção Tecnológica com o StudyMath	31
4.2.1 Análise Evolutiva da Segunda Intervenção: O Impacto dos Feedbacks Explicativos	35
4.3 Avaliação de Impacto Final: O Pós-Teste (T2) e a Transposição Pedagógica Multidisciplinar (SAEB/SAETO)	38
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
REFERÊNCIAS	42
APÊNDICE A – Instrumento de Avaliação Diagnóstica (Pré-Teste).....	44
APÊNDICE B – Registo Visual da Primeira Intervenção Pedagógica com o StudyMath	45
APÊNDICE C – Registo Visual da Segunda Intervenção Pedagógica com o StudyMath	46
APÊNDICE D – Instrumento de Avaliação Somativa (Pós-Teste)	

1. INTRODUÇÃO

A inserção das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) no cenário educacional contemporâneo tem deixado de ser uma mera opção metodológica para se tornar uma necessidade estrutural e pedagógica (MORAN, 2013). No âmbito do ensino da Matemática, essa integração adquire relevância ainda mais premente, dado que a disciplina historicamente enfrenta barreiras associadas à abstração de seus conceitos e a altos índices de rejeição e defasagem entre os estudantes da educação básica (BORBA; PENTEADO, 2012; BRASIL, 2018). Ferramentas digitais devidamente fundamentadas possuem o potencial de transformar a passividade da recepção de conteúdos em processos ativos de descoberta, permitindo que os discentes visualizem propriedades abstratas, manipulem variáveis e construam conjecturas de forma autônoma (VALENTE, 2014).

Contudo, a simples introdução de computadores ou tablets nas instituições de ensino não se traduz, de forma automática, em ganhos de aprendizagem. A eficácia pedagógica dos recursos tecnológicos está intrinsecamente vinculada ao desenho de sua arquitetura de software e à robustez do referencial teórico-pedagógico que orienta o seu desenvolvimento. Muitas das plataformas educativas disponíveis no mercado foram concebidas sob uma lógica puramente somativa ou behaviorista, limitando-se a classificar os desempenhos em acertos e erros sem oferecer subsídios cognitivos para que o estudante compreenda a raiz de suas dificuldades. Sob a ótica da Informática na Educação, faz-se necessário conceber artefatos que atuem na Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) do aluno, convertendo o erro em um agente desestabilizador capaz de impulsionar processos de autorregulação e equilíbrio majorante.

Nesse contexto, este trabalho apresenta o desenvolvimento e a avaliação de impacto do StudyMath, um aplicativo gamificado que tem como objetivo o aprimoramento das competências aritméticas associadas à operação de divisão matemática em turmas do 5º ano do ensino fundamental, alinhando os itens de treino do software aos descritores oficiais da matriz de referência do Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB).

A escolha por uma aplicação nativa de ambiente desktop) configurou uma decisão de engenharia de software socialmente referenciada. As escolas públicas da região de Araguatins (TO) enfrentam gargalos históricos de infraestrutura tecnológica, caracterizados pela instabilidade severa ou ausência completa de conectividade à internet

de banda larga nos laboratórios de informática. Ao abdicar de uma arquitetura Web tradicional e adotar um sistema local capaz de persistir os dados de desempenho de forma assíncrona, o StudyMath contornou as barreiras físicas da exclusão digital, garantindo a execução fluida das atividades pedagógicas sem interrupções operacionais.

Com isso, esta pesquisa buscou responder se a inserção de um software educativo orientado a dados, dotado de mecanismos de feedback explicativo assíncrono e focado em um descritor crítico (divisão), seria capaz de gerar um ganho cognitivo generalizado no desempenho de alunos da rede pública municipal. Para avaliar essa premissa, adotou-se um delineamento quase-experimental composto por três fases: a aplicação de um pré-teste diagnóstico em papel, sessões consecutivas de intervenção tecnológica com o StudyMath no laboratório de informática e a aplicação de um pós-teste final impresso abrangendo múltiplos descritores das matrizes de referência do SAEB e do SAETO, com o intuito de verificar a capacidade de transposição e aplicação autônoma das estratégias de pensamento desenvolvidas.

Por fim, este trabalho contribui não apenas com o fornecimento de um artefato tecnológico funcional e replicável para o ensino de aritmética, mas também com discussões teóricas e metodológicas sobre a viabilidade de abordagens orientadas a dados no cenário da escola pública regional, demonstrando como a computação aplicada pode atuar como um vetor de transformação social e melhoria dos indicadores de letramento matemático na Educação Básica de Araguaína.

1.1 Problema de Pesquisa

A inserção de tecnologias digitais no ecossistema escolar tem sido amplamente defendida como uma estratégia promissora para mitigar as defasagens históricas no ensino da Matemática. Contudo, a efetivação dessa abordagem no cenário das escolas públicas da região Norte do Brasil depara-se com um duplo desafio: de um lado, as limitações de infraestrutura de hardware locais e a instabilidade de conexões que exijam alta largura de banda em tempo real; de outro, a predominância de softwares educativos fundamentados em lógicas puramente somativas que não oferecem suporte cognitivo para a desconstrução e superação do erro pelo estudante.

Essa realidade pedagógica é especialmente crítica no final do ciclo dos anos iniciais do Ensino Fundamental (5º ano), no qual o ensino das estruturas aditivas, multiplicativas e, especificamente, da operação de divisão matemática consolida-se como

um dos principais nós metodológicos da educação básica brasileira. Os resultados históricos divulgados pelo Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB) apontam que uma parcela significativa dos estudantes conclui essa etapa apresentando dificuldades acentuadas tanto na execução dos algoritmos numéricos convencionais quanto na interpretação textual de problemas matemáticos contextualizados que demandam a partição ou a medição de quantidades.

Essa defasagem pedagógica é frequentemente agravada pelo uso de abordagens de ensino tradicionais e puramente memorísticas, que priorizam a repetição mecânica de regras algorítmicas em detrimento da construção do pensamento lógico e do entendimento conceitual do resto e do quociente. Quando confrontados com o erro, os discentes tendem a manifestar bloqueios de aprendizagem e desmotivação, uma vez que as avaliações de larga escala e as práticas pedagógicas usuais tratam a resposta incorreta sob uma perspectiva punitiva e somativa, esvaziando o seu potencial diagnóstico e regulador (LUCKESI, 2022; ALMEIDA; LIMA, 2022).

O laboratório de informática das escolas públicas surge teoricamente como o espaço ideal para mitigar essas lacunas por meio do uso de softwares educativos. Todavia, a materialização dessa alternativa esbarra nas limitações físicas de infraestrutura na região de Araguatins (TO). A maioria das plataformas e jogos educacionais matemáticos modernos disponíveis gratuitamente na internet opera sob arquitetura Web baseada inteiramente no navegador, exigindo conexões síncronas, contínuas e de alta velocidade para carregar elementos gráficos e processar dados em tempo real.

Na realidade prática das escolas públicas locais, a tentativa de conectar simultaneamente trinta ou quarenta computadores de um laboratório a portais baseados na Web satura a largura de banda disponível. Esse cenário de instabilidade gera travamentos de interface, perda de progresso, frustração nos alunos e dispersão pedagógica, sobrecarregando a gestão da sala pelo professor regente. Adicionalmente, as máquinas disponíveis frequentemente apresentam defasagem de hardware e sistemas operacionais obsoletos, impedindo a execução estável de navegadores modernos de internet.

Configura-se, portanto, uma lacuna tecnológica e pedagógica: a necessidade de softwares educativos leves, que funcionem de forma local (offline-first) para contornar a exigência de conexões contínuas e robustas de rede, mas que, ao mesmo tempo, não

abdicarem de recursos inteligentes. Esses recursos incluem a telemetria de aprendizagem assíncrona que armazena os dados localmente e os envia em pacotes leves para a nuvem quando a conexão se estabiliza e motores de feedback explicativo estruturados a partir dos distratores específicos selecionados pelas duplas de estudantes.

Diante desse cenário que demanda a otimização dos recursos tecnológicos locais e a urgência em promover o letramento matemático de forma robusta, emerge a seguinte questão norteadora para esta investigação:

Em que medida o desenvolvimento e a aplicação de um software de arquitetura desktop, estruturado com telemetria assíncrona em nuvem e feedbacks explicativos orientados a dados, pode contribuir para a superação das dificuldades em conteúdos críticos e para a elevação do desempenho global de alunos do 5º ano do Ensino Fundamental em exames abrangentes baseados nas matrizes do SAEB e SAETO, minimizando a dependência de conectividade contínua de alta velocidade no ambiente escolar?

1.2 Justificativa

A relevância deste trabalho alicerça-se na necessidade urgente de romper com o ciclo de exclusão digital e defasagem pedagógica que afeta o ensino da Matemática nas escolas públicas em Araguatins (TO). A operação de divisão e a interpretação de problemas complexos representam um dos maiores gargalos nos anos iniciais do Ensino Fundamental. Quando os estudantes não consolidam essas competências básicas, a sua trajetória escolar subsequente é severamente comprometida, gerando reflexos negativos diretos nos índices de proficiência medidos por exames oficiais em larga escala, como o Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB) e o Sistema de Avaliação da Educação do Tocantins (SAETO).

Sob a ótica da Engenharia de Software aplicada à Educação, a concepção do StudyMath justifica-se como uma resposta tecnológica socialmente referenciada às limitações de infraestrutura locais. A maioria das soluções educacionais contemporâneas ignora a disparidade de conectividade entre as grandes capitais e os municípios do interior do país, exigindo redes de alta velocidade que simplesmente não correspondem à realidade fática dos laboratórios de informática escolares da rede municipal. Desenvolver uma aplicação nativa para ambiente desktop com arquitetura offline-first e persistência assíncrona prova que a computação pode, e deve, adaptar-se aos contextos de

vulnerabilidade infraestrutural, garantindo que o direito à inovação metodológica chegue aos alunos da escola pública de forma fluida e sem interrupções técnicas.

Paralelamente, a introdução de uma abordagem orientada a dados (data-driven) na rotina escolar justifica-se pela possibilidade de transformar o erro numa ferramenta diagnóstica em tempo real. O armazenamento e processamento dos logs de telemetria no Cloud Firestore (Google Firebase) suprem a escassez de ferramentas analíticas automatizadas à disposição dos docentes. Ao mapear os distratores específicos e o tempo de resolução de cada dupla, o sistema desmistifica a avaliação punitiva e fornece subsídios para intervenções pedagógicas cirúrgicas, permitindo compreender a raiz da ruptura cognitiva do aluno no exato momento em que ela ocorre.

Por fim, a realização desta investigação justifica-se pelos seus desdobramentos práticos na preparação global dos discentes. A escolha metodológica de estruturar a última etapa (Pós-teste - T2) como um simulado de base ampla, contemplando temas diversos e variados que compõem as matrizes do SAEB e do SAETO, eleva o valor científico do projeto. Ao demonstrar que o treino mediado por feedbacks explicativos num conteúdo crítico (divisão) através dos dados da pesquisa, acredita-se que houve um ganho cognitivo transversal, capacitando os estudantes a obterem médias superiores em exames multidisciplinares complexos, este trabalho valida a eficácia da transposição didática computacional. Assim, a pesquisa oferece um modelo replicável de informática educativa que promove o letramento matemático, fomenta a autonomia intelectual por meio do trabalho colaborativo e contribui ativamente para a elevação dos indicadores educacionais e para a democratização do ensino tecnológico na região.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Desenvolver e avaliar o impacto pedagógico de um software educativo desktop gamificado, no desempenho matemático e na capacidade de transposição cognitiva de estudantes do 5º ano do Ensino Fundamental em escolas públicas da rede municipal de Araguatins (TO) com restrições severas de conectividade à internet.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Projetar e programar a arquitetura nativa do software StudyMath utilizando a linguagem Python e as bibliotecas Tkinter e Pillow, garantindo uma execução leve e independente de conexão contínua à internet (offline-first);
- Modelar e integrar um sistema de telemetria educacional assíncrona utilizando o banco de dados em nuvem Cloud Firestore (Google Firebase), visando a captura, armazenamento e posterior análise dos logs de resolução e dos distratores mais recorrentes marcados pelos estudantes;
- Implementar um motor de feedbacks pedagógicos imediatos baseados na Epistemologia Genética de Piaget, convertendo a ocorrência do erro em feedbacks explicativos que promovam o conflito cognitivo e a autorregulação;
- Mapear e estruturar as atividades práticas do software com foco no descritor de divisão aritmética, alinhando os desafios e comandos à matriz de referência oficial do SAEB;
- Aplicar um delineamento quase-experimental estruturado em pré-teste diagnóstico em papel, sessões de intervenção em duplas mediadas pelo software no laboratório de informática e pós-teste final impresso;
- Avaliar a eficácia da transposição didática e do ganho cognitivo geral dos discentes por meio de um pós-teste de base ampla, composto por múltiplos descritores e variados temas das matrizes do SAEB e SAETO, verificando o impacto da plataforma digital no desenvolvimento do raciocínio lógico-matemático transversal.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O Ensino da Matemática nos Anos Iniciais e a BNCC

O processo de transição vivenciado pelo estudante nos anos iniciais do Ensino Fundamental é marcado por uma importante passagem cognitiva: a evolução do pensamento puramente concreto para a capacidade de abstração formal. No domínio da matemática, essa fase é crítica, pois serve de alicerce para a construção do letramento matemático. Conforme preconiza a Base Nacional Comum Curricular (BNCC, 2017), a alfabetização matemática envolve a habilidade de formular, empregar e interpretar a matemática em uma variedade de contextos, assegurando aos alunos o desenvolvimento do raciocínio lógico, da representação e da modelagem de problemas. O letramento matemático, sob essa perspectiva, transcende a mera memorização de tabelas numéricas, posicionando-se como uma ferramenta de leitura de mundo indispensável para a cidadania contemporânea.

No entanto, a prática pedagógica tradicional frequentemente esbarra em metodologias engessadas, focadas na memorização algorítmica e na repetição cumulativa de exercícios de fixação. Jean Piaget, em seus estudos sobre a psicologia genética, elucida que a criança constrói o conhecimento matemático a partir de suas próprias ações sobre os objetos. Forçar o estudante a operar símbolos abstratos como as regras estruturais da adição, subtração, multiplicação e divisão, sem o devido suporte de mediação lúdica ou contextualizada pode gerar o que a literatura pedagógica define como "bloqueio afetivo" ou aversão à disciplina. No cenário educacional de Araguatins (TO), esse distanciamento entre o conteúdo programático e a realidade cotidiana dos educandos potencializa os índices de defasagem escolar nas séries iniciais, sublinhando a necessidade de artefatos digitais que sirvam de pontes conceituais.

A transição cognitiva vivenciada pelos alunos na faixa etária correspondente ao 5º ano do Ensino Fundamental (aproximadamente entre 10 e 11 anos) localiza-se, sob a óptica da Epistemologia Genética de Jean Piaget (2012), na fronteira entre o subestágio das operações concretas e o delineamento inicial das operações formais. No estágio operatório concreto, o raciocínio lógico-matemático da criança permanece intrinsecamente vinculado à manipulação de objetos reais ou a representações visuais diretas de fenômenos tangíveis. A internalização de conceitos aritméticos complexos, como frações, proporcionalidades e abstrações geométricas bidimensionais, exige que o aparato pedagógico sirva como um andaime cognitivo.

O erro, sob esta perspectiva piagetiana, não deve ser interpretado como uma ausência de conhecimento ou uma falha punível, mas sim como uma evidência do nível atual de estruturação dos esquemas mentais do sujeito. Diante de um conflito cognitivo gerado por uma resposta incorreta, a mente do discente busca uma autorregulação por meio dos mecanismos de assimilação e acomodação. O papel do aplicativo gamificado voltado ao ambiente desktop consiste em intervir precisamente nesse ciclo: ao expor detalhadamente o erro por meio de mensagens explicativas imediatas (como o módulo que detalha a alternativa assinalada pelo aluno frente à alternativa logicamente correta), a interface gráfica atua como o elemento desestabilizador positivo. Ela força o discente a confrontar sua hipótese errônea, estimulando a reestruturação dos esquemas mentais e catalisando a evolução para o pensamento lógico-formal abstrato.

2.2 Metodologias Ativas e Gamificação na Aprendizagem Matemática

A inserção de tecnologias digitais no cenário educacional não deve ser vista apenas como uma modernização dos instrumentos de ensino, mas como uma oportunidade de reestruturar a dinâmica da sala de aula. Neste contexto, as metodologias ativas de aprendizagem ganham destaque ao posicionar o estudante como o agente central do seu próprio processo de construção do conhecimento (BACICH; MORAN, 2021). Quando aplicadas ao ensino da matemática, no qual a disciplina historicamente está marcada por altos índices de rejeição e ansiedade, é quando tais metodologias buscam transformar a passividade da escuta na atividade da descoberta e da resolução de problemas.

Uma das estratégias mais promissoras decorrentes dessa abordagem é a gamificação, definida por Busarello (2021) como a utilização de mecânicas, estética e pensamento baseados em jogos em contextos alheios aos jogos, com o objetivo de engajar pessoas, motivar a ação, promover a aprendizagem e resolver problemas. No âmbito escolar, Alves (2022) esclarece que a gamificação não consiste em transformar a aula em um jogo de entretenimento puro, mas em extrair elementos estruturais dos jogos, tais como sistemas de pontuação, desafios crescentes, feedback imediato e avatares, além de alinhá-los aos objetivos pedagógicos e às matrizes de competências curriculares.

Para que um software educacional gamificado seja efetivo, ele deve equilibrar o nível de desafio proposto com a habilidade atual do aluno. Essa dinâmica encontra sustentação teórica na clássica Teoria do Fluxo (Flow), cujas aplicações contemporâneas voltadas para ecossistemas digitais de aprendizagem (SILVA; SANTAELLA, 2022) apontam

que o estado de fluxo é uma condição de imersão total e foco profundo em que o indivíduo realiza uma atividade por puro engajamento intrínseco.

Se a tarefa matemática exigida pelo aplicativo for excessivamente complexa para o nível cognitivo do estudante, o resultado imediato será a ansiedade e a frustração; por outro lado, se o desafio for trivial ou fácil demais, o estudante entrará em um estado de tédio e desinteresse. O aplicativo desenvolvido neste trabalho busca, portanto, criar uma trilha adaptativa de problemas aritméticos que mantenha o aluno no canal de fluxo (flow channel), promovendo uma experiência de aprendizagem que é, simultaneamente, desafiadora e recompensadora.

A gamificação aplicada à aritmética do 5º ano atua diretamente na motivação intrínseca. O feedback imediato fornecido pelo sistema — um elemento clássico de design instrucional destacado por Sailer e Homner (2021) — permite que o erro não seja visto como uma punição ou fracasso definitivo, mas como um dado de telemetria essencial para a autorregulação da aprendizagem. Assim, ao pontuar e visualizar seu progresso em tempo real, o estudante desenvolve uma relação de persistência com os descritores da matriz do SAEB, ressignificando o erro como parte natural do desenvolvimento do raciocínio lógico-matemático.

2.3 O Papel da Licenciatura em Computação e o Desenvolvimento de Soluções Locais

A atuação do profissional de Licenciatura em Computação ultrapassa a mera instrução técnica sobre o uso de computadores ou o ensino isolado de linguagens de programação. Ela situa-se na interseção entre a ciência da computação e as ciências da educação. A formação do Licenciado em Computação vai além do domínio técnico de linguagens de programação; ela exige a articulação entre os saberes computacionais e as demandas pedagógicas e estruturais da escola básica (BRASIL, 2022). De acordo com Santos e Oliveira (2022), o profissional dessa área atua como um mediador capaz de identificar gargalos no processo de ensino-aprendizagem e propor soluções tecnológicas personalizadas que respeitem a realidade da comunidade escolar na qual está inserido. Portanto, o desenvolvimento de um software educacional por um licenciado deve ser precedido por uma análise contextual profunda sobre a viabilidade técnica e a acessibilidade da ferramenta.

No cenário da educação pública brasileira, especialmente em regiões periféricas ou distantes dos grandes centros urbanos, a infraestrutura tecnológica das escolas surge como um desafio crônico. Conforme apontam os dados do Comitê Gestor da Internet no Brasil (CETIC.BR, 2023) sobre as políticas de informática educativa, a simples presença de laboratórios de informática ou de computadores não garante a sua utilização, visto que a instabilidade ou a ausência completa de conexão de banda larga à internet inviabiliza o uso de plataformas baseadas exclusivamente na nuvem (Web-based).

Diante dessa barreira infraestrutural, a escolha pelo desenvolvimento de uma aplicação desktop local, utilizando a linguagem Python e a biblioteca gráfica Tkinter, configura-se como uma decisão estratégica de inclusão digital e equidade pedagógica. Como defendem Medeiros, Rocha e Silva (2021), o design de softwares educativos deve ser estruturado de forma resiliente às limitações técnicas do ambiente. Um aplicativo executável (.exe) de instalação direta e funcionamento offline garante que as atividades de avaliação aritmética ocorram de maneira fluida, sem interrupções causadas por oscilações de rede, assegurando que o tempo pedagógico da aula seja integralmente aproveitado.

Além disso, a opção por uma solução local desenvolvida em Python alinha-se aos princípios da sustentabilidade tecnológica em ambientes educacionais de poucos recursos. De acordo com Silveira e Almeida (2022), a escola pública deve ser um espaço de fomento a soluções baseadas em tecnologias acessíveis e modificáveis, mitigando a dependência de licenças proprietárias caras ou de hardware de última geração. O ecossistema Python, por sua leveza e portabilidade, permite que o artefato computacional proposto rode eficientemente em computadores obsoletos ou com configurações limitadas de memória e processamento — cenários comuns nos laboratórios de informática da rede municipal —, transformando máquinas potencialmente inutilizadas em estações dinâmicas de aprendizagem matemática.

2.4 A Matriz do SAEB e os Softwares Educacionais Orientados a Dados (Data-Driven)

A avaliação da qualidade da educação básica no Brasil fundamenta-se em exames de larga escala, dentre os quais destaca-se o Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB). Para o 5º ano do Ensino Fundamental, a matriz de referência de Matemática do SAEB estrutura-se em descritores que especificam as competências e habilidades

esperadas dos estudantes, concentrando grande parte do seu escopo na resolução de problemas que envolvem as operações fundamentais da aritmética (BRASIL, 2021). No entanto, de acordo com Bauer (2021), as avaliações em larga escala oficiais possuem um caráter predominantemente somativo, entregando resultados retroativos que, embora úteis para a gestão pública, oferecem pouca agilidade para a intervenção pedagógica imediata em sala de aula.

Nesse intervalo entre a avaliação e a ação docente, emergem os Softwares Educacionais Orientados a Dados (Data-Driven Educational Software). Segundo Siqueira et al. (2023), essas aplicações caracterizam-se pela capacidade de coletar, armazenar e processar continuamente os dados gerados pelas interações dos estudantes com a interface computacional. No aplicativo proposto neste trabalho, cada resposta dada pelo aluno não se limita a computar um acerto ou erro pontual, mas gera registros digitais (telemetria de aprendizagem) vinculados diretamente a descritores específicos do SAEB.

Essa abordagem permite transpor o modelo tradicional de correção de testes. Conforme explicam Mello e Dias (2022), a mineração de dados educacionais transforma as interações dos alunos em indicadores visuais e relatórios didáticos detalhados. No contexto desta pesquisa, o armazenamento em nuvem das escolhas e caminhos cognitivos dos discentes permite ao educador identificar, em tempo real, quais alternativas incorretas (distratores) estão atraindo mais a atenção dos estudantes.

A análise fina dos distratores, como a identificação de que um aluno marcou uma alternativa decorrente de um erro de inversão de sinal ou de falha no algoritmo da divisão, fornece um diagnóstico preditivo sobre a natureza do erro. Assim, o artefato tecnológico atua como um sistema de suporte à decisão pedagógica, validando o conceito de que dados empíricos e contínuos, quando estruturados de forma clara, potencializam a personalização do ensino e preparam os estudantes de forma mais assertiva para as avaliações de larga escala (SIQUEIRA et al., 2023).

2.5 Os Eixos Estruturantes da Matemática e os Desafios Pedagógicos Locais

A formulação de um ecossistema computacional voltado ao reforço escolar exige a compreensão das especificidades cognitivas de cada eixo que compõe o currículo básico da matemática elementar. No 5º ano do Ensino Fundamental, esses eixos demandam níveis diferenciados de abstração que precisam ser mapeados pelo software para prover feedbacks cirúrgicos aos estudantes.

2.5.1 Unidade Temática Números: O Raciocínio Multiplicativo e Divisional

O campo conceitual das estruturas aditivas e multiplicativas constitui a base do pensamento numérico na transição para os anos finais do Ensino Fundamental. Pesquisas recentes fundamentadas na Teoria dos Campos Conceituais (SILVA; SANTOS, 2022) corroboram que a aprendizagem das operações fundamentais (adição, subtração, multiplicação e divisão) não ocorre de forma isolada, mas sim através de um conjunto complexo de situações que exigem diferentes operações mentais. No 5º ano, espera-se que o discente supere o estágio da contagem linear e domine o raciocínio multiplicativo e proporcional, o que inclui a resolução de problemas de partição, arranjos combinatórios e correspondência.

A grande barreira pedagógica identificada pela literatura contemporânea reside na transposição da sintaxe matemática para a semântica do enunciado. Em ambientes tradicionais de ensino, os estudantes frequentemente demonstram habilidade em executar contas armadas de forma mecânica, mas falham criticamente quando esses mesmos cálculos estão diluídos em situações-problema textuais. O erro, nesse cenário, decorre predominantemente da incapacidade de decodificar as pistas linguísticas do texto, o que impede a montagem do modelo matemático mental correto. Assim, o uso de feedbacks lógicos explicativos exibidos na tela do computador pelo StudyMath atua diretamente nessa lacuna, ajudando o estudante a correlacionar a ação aritmética executada com o significado prático da operação procurada.

2.5.2 Unidade Temática Geometria: A Visualização Espacial e Formas

A Geometria Escolar cumpre um papel indispensável no desenvolvimento do pensamento espacial e na capacidade de representação do mundo físico. No currículo do 5º ano, este eixo é catalogado como Espaço e Forma, e demanda que o aluno avance para além do simples reconhecimento visual e icônico das figuras planas e passe a classificar e diferenciar polígonos com base em suas propriedades constitutivas abstratas, tais como o número de lados, a presença de ângulos retos, paralelismo e simetria.

Estudos contemporâneos sobre o desenvolvimento geométrico baseados no modelo de Van Hiele (ALVES; SOUZA, 2023) apontam que a progressão do pensamento geométrico ocorre em níveis estritos de abstração, partindo da visualização puramente sensorial até a dedução formal. O desafio nas escolas públicas de regiões do interior do país muitas vezes esbarra na escassez de materiais didáticos manipuláveis ou de

softwares de geometria dinâmica que sirvam de suporte para essa transição cognitiva. A introdução de uma interface desktop interativa, dotada de recursos visuais nítidos tratados via algoritmos de renderização gráfica, provê aos alunos o suporte geométrico visual necessário para que eles consigam estruturar mentalmente propriedades de simetria e classificação poligonal sem depender estritamente da memorização de definições textuais rígidas.

2.5.3 Unidade Temática Probabilidade e Estatística: O Letramento Estatístico

Inserido na sociedade contemporânea sob o viés da cultura digital e da análise orientada a dados, o eixo do Tratamento da Informação tornou-se uma competência transversal mandatória. Para o estudante do 5º ano, essa habilidade traduz-se na capacidade de ler e interpretar dados expressos em tabelas de dupla entrada e gráficos de barras simples ou compostas, além de calcular probabilidades elementares em eventos aleatórios cotidianos.

O letramento estatístico exige uma operação cognitiva de alta ordem, denominada "leitura além dos dados", onde o discente não deve apenas identificar o número mais alto ou mais baixo em um gráfico, mas sim extrair inferências lógicas e compreender relações de causa e efeito expressas visualmente. A literatura aponta que esta é uma das áreas onde os alunos apresentam maior índice de erro em avaliações de larga escala (como o SAEB), dado que sua resolução demanda a fusão de habilidades de leitura textual, raciocínio lógico-matemático e percepção espacial de proporções. Estruturar perguntas neste subtema dentro do Modo Treino do aplicativo permite que a telemetria do sistema monitore em tempo real o tempo que a dupla de estudantes despende para interpretar estímulos visuais complexos, gerando relatórios de desempenho cruciais para que o docente redesenhe suas estratégias de ensino em sala de aula.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 Natureza e Delineamento da Pesquisa

Esta investigação configura-se como um estudo de caso descritivo-exploratório pautado por uma abordagem de natureza mista (quanti-qualitativa), articulando a precisão da modelagem estatística à profundidade da análise comportamental dos sujeitos (CRESWELL; CRESWELL, 2021; GIL, 2021). O delineamento metodológico fundamenta-se em um arranjo quase-experimental estruturado por meio de testes pareados (pré-teste e pós-teste) aplicado a um grupo único de turmas expostas ao mesmo tratamento pedagógico mediado por tecnologia.

A opção pelo desenho quase-experimental com grupo único justifica-se por imperativos éticos e operacionais no ambiente escolar. Sob a ótica ética, garantiu-se que a totalidade dos discentes integrados na amostra tivesse acesso equitativo ao artefato tecnológico desenvolvido, mitigando a exclusão de alunos por meio de grupos de controle passivos. Operacionalmente, o arranjo permitiu utilizar o histórico inicial de acertos das próprias turmas como linha de base quantitativa, viabilizando a medição direta do ganho cognitivo incremental dentro das salas de aula já constituídas na rede pública municipal de Araguatins (TO).

3.2 Sujeitos da Pesquisa e Delimitação dos Grupos

A amostra desta investigação é composta por estudantes regularmente matriculados em 3 (três) turmas homólogas do 5º ano do Ensino Fundamental I pertencentes à rede municipal de ensino de Araguatins (TO), totalizando um universo amostral de aproximadamente 80 (oitenta) discentes participativos. Para a execução do protocolo experimental, a totalidade dos estudantes participou de forma uniforme e concomitante das sessões de intervenção tecnológica. Para fins de tabulação estatística e análise comparativa de dados, os sujeitos foram segmentados administrativamente de acordo com suas divisões de sala de aula de origem.

A delimitação do 5º ano do Ensino Fundamental como público-alvo balizou-se em critérios curriculares estratégicos. Esta série demarca o encerramento do ciclo dos Anos Iniciais, período no qual as competências, habilidades operatórias e o raciocínio lógico subjacentes às quatro operações aritméticas fundamentais devem estar consolidando-se de forma robusta, em estrita conformidade com as diretrizes da Base Nacional Comum Curricular (BNCC, 2017).

3.3 Arquitetura de Software Desktop e Infraestrutura Tecnológica

3.3.1 Interface Gráfica com Tkinter e Pillow

O desenvolvimento do ecossistema computacional StudyMath foi norteado pelos preceitos do paradigma de Orientação a Objetos (POO), aplicado à construção de Interfaces Gráficas de Usuário (GUI) nativas para sistemas desktop. A seleção da biblioteca padrão Tkinter deu-se em virtude de sua robustez estrutural, alta velocidade de renderização e baixa pegada de memória RAM. Estas características técnicas mostraram-se essenciais para assegurar a execução estável do software em computadores equipados com hardwares legados, obsoletos ou com severas restrições de processamento — cenário frequentemente observado nos laboratórios de informática de escolas públicas da região norte do Brasil. A arquitetura da interface foi projetada de maneira modular, efetuando a transição fluida de telas por meio do encapsulamento de contêineres dinâmicos baseados nas classes `tk.Frame` e `ttk.Frame`.

Com o intuito de superar as limitações estéticas nativas do Tkinter e prover uma experiência imersiva e gamificada que serve de fator neuropsicológico crítico para o engajamento de discentes na faixa etária do 5º ano, e o projeto foi acoplado à biblioteca Pillow (Python Imaging Library). O processamento de elementos visuais assíncronos e o redimensionamento dinâmico de matrizes de pixels para planos de fundo, insígnias de recompensa e ícones matemáticos foram executados através do algoritmo de reamostragem espacial `Image.LANCZOS`. Este método evitou a degradação e garantiu a nitidez dos elementos gráficos em alta definição, independentemente da resolução nativa ou do fator de escala do monitor do computador terminal. Adicionalmente, a exibição de relatórios didáticos e listas extensas de conteúdos demandou o desenvolvimento de barras de rolagem integradas a componentes `tk.Canvas`, viabilizando uma navegação fluida por meio da vinculação de eventos à roda do mouse (`mouse wheel binding`).

3.3.2 Modelagem de Dados e Telemetria em Nuvem (Cloud Firestore)

Para prover sustentação a um ecossistema analítico resiliente e escalável, a aplicação foi integrada ao banco de dados Cloud Firestore, um serviço serverless em nuvem baseado no paradigma NoSQL (Não-Relacional) integrado à plataforma Google Firebase. A preferência por uma arquitetura orientada a coleções e documentos flexíveis, em detrimento dos sistemas relacionais tradicionais (SQL), pautou-se na maleabilidade estrutural dos esquemas de dados e na alta eficiência no processamento de requisições

assíncronas de escrita em tempo real.

A modelagem lógica dos dados estruturou-se a partir de três coleções principais persistidas na nuvem:

- **Coleção usuários:** Centraliza as credenciais de autenticação e os perfis didáticos dos sujeitos. Cada documento é indexado por um nome de usuário exclusivo (com limitação estrita de até 8 caracteres) e encapsula campos como o nome completo, a senha criptografada em nível de aplicação e o nível de privilégio (aluno ou professor).
- **Coleção atividades:** Catalogará a árvore lógica dos testes, mapeando as strings das questões, matrizes de alternativas de múltipla escolha, chaves booleanas de correção e os respectivos blocos de feedback explicativo associados a cada descritor do SAEB.
- **Coleção logs_desempenho:** Responsável pela camada de telemetria educacional do aplicativo. A cada clique de submissão de resposta executado pelas duplas, o software dispara um documento NoSQL assíncrono contendo o identificador do aluno, o código alfanumérico da questão, a alternativa assinalada, o marcador binário de acerto/erro e o tempo cronometrado (em segundos) despendido para a resolução.

Esta infraestrutura orientada a dados (data-driven) eleva o artefato computacional além de um repositório estático de testes. A persistência imediata dos erros e dos distratores específicos marcados pelas duplas municia o motor pedagógico do software, permitindo que a interface recupere instantaneamente as explicações textuais adequadas no momento exato em que a ruptura cognitiva ocorre, além de fornecer ao pesquisador um relatório estatístico fidedigno do comportamento das turmas.

3.4 Protocolo de Coleta de Dados e Procedimentos de Campo

O desenho experimental delineado para a coleta de dados estruturou-se de forma cronológica ao longo do primeiro semestre de 2026, dividindo-se em três etapas sucessivas e interdependentes para monitorar a evolução do desempenho aritmético das três turmas do 5º ano:

- Etapa 1: Diagnóstico Inicial (Pré-teste - T1): Administrado diretamente no espaço físico das salas de aula regulares dos alunos. Utilizou-se um instrumento impresso composto por 10 questões calibradas em diferentes níveis de complexidade cognitiva (fáceis, medianas e difíceis), baseadas no descritor de divisão da matriz de referência do SAEB. Os estudantes solucionaram os itens organizados em duplas pedagógicas e o espaço físico foi reordenado em três grandes fileiras para otimizar o monitoramento visual do pesquisador. O propósito desta etapa centrou-se no estabelecimento da linha de base (baseline) quantitativa e comportamental do grupo.
- Etapa 2: Intervenção Tecnológica Mediada (Sessões de Laboratório): Conduzida no laboratório de informática da instituição. Na primeira sessão computacional, os estudantes passaram por um processo de ambientação instrumental, criação de perfis de acesso e resolução de uma atividade piloto composta por 8 questões digitais focadas na operação de divisão (conteúdo programático regente). As sessões subsequentes foram dedicadas à resolução de blocos de problemas gamificados, nos quais as duplas interagiram ativamente com os mecanismos de feedback explicativo assíncrono do StudyMath diante de cada erro cometido.
- Etapa 3: Avaliação de Impacto Final (Pós-teste - T2): Executada em sala de aula, em formato impresso após o encerramento do ciclo de intervenções computacionais. Para assegurar a simetria metodológica e salvaguardar a validade interna do experimento, o pós-teste foi aplicado mantendo a configuração estrutural (resolução em duplas e níveis equiparáveis de complexidade).

A análise comparativa e longitudinal dos dados estatísticos coletados entre os marcos T1, os logs telemétricos e o marco T2 permitiu mensurar o ganho cognitivo real proporcionado pela mediação computacional, avaliando em que medida a exposição pedagógica aos feedbacks explicativos do software mitigou as barreiras de interpretação textual e impulsionou o raciocínio lógico-matemático dos estudantes.

3.5 Matriz de Especificação do Instrumento Diagnóstico (Pré-teste - T1)

Para que a avaliação diagnóstica inicial (T1) cumprisse rigorosamente o papel de balizador científico do nível de proficiência dos alunos avaliados, o instrumento não foi elaborado de forma arbitrária. A construção da prova fundamentou-se em uma matriz de especificações que alinha as questões impressas aos objetivos de aprendizagem preconizados pela BNCC para o 5º ano do Ensino Fundamental, correlacionando-os

diretamente com os descritores de Matemática estabelecidos pelo Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB).

A distribuição dos itens avaliativos foi calculada sob uma lógica de progressão cognitiva de dificuldades (fácil, médio e difícil). O objetivo dessa categorização multinível foi duplo: primeiro, assegurar que o instrumento fosse sensível o suficiente para identificar competências elementares já consolidadas; segundo, mapear as zonas de ruptura cognitiva, ou seja, os pontos exatos em que a complexidade do enunciado ou a abstração da operação matemática superam os esquemas conceituais atuais das duplas de estudantes.

A composição estrutural e os critérios de validação de conteúdo do pré-teste aplicado às três turmas estão discriminados detalhadamente na Tabela 1.

Conteúdo Curricular (BNCC)	Nível de Dificuldade	Habilidade Cognitiva Correlata (SAEB)	Foco Pedagógico do Mapeamento
Números e Operações	Fácil	D19: Resolver problemas naturais envolvendo diferentes significados da adição e subtração.	Avaliar a fixação dos algoritmos fundamentais de aritmética básica e a interpretação de cenários cotidianos simples.
Números e Operações	Médio	D21: Resolver problemas naturais envolvendo significados da multiplicação e divisão.	Analisar a capacidade de transposição do raciocínio puramente aditivo para estruturas multiplicativas combinatórias.
Grandezas e Medidas	Médio	D12: Resolver problemas	Verificar a capacidade de transposição

		envolvendo cálculo ou a estimativa de perímetro de figuras planas.	geométrica de conceitos de medida e a correlação entre contagem espacial e linear.
Espaço e Forma	Difícil	D2: Identificar propriedades comuns e diferenças entre polígonos, considerando o número de lados, e de ângulos.	Mensurar a competência de análise crítica, classificação geométrica abstrata e diferenciação de propriedades.
Tratamento da Informação	Difícil	D28: Ler e interpretar dados expressos em gráficos de colunas ou barras.	Avaliar a literatura estatística, capacidade de correlação de dados cruzados e extração de interferências lógicas.

Fonte: O autor (2026).

A validação dessa matriz garante a consistência interna do desenho quase-experimental da pesquisa. Ao categorizar as respostas das duplas com base nesta exata estrutura na fase de correção, torna-se possível alimentar o banco de dados do Cloud Firestore com um panorama real das lacunas de aprendizagem locais. Consequentemente, esses mesmos descritores (Tabela 1) servirão como as chaves de busca indexadas dentro do algoritmo de filtragem por subtemas do StudyMath, garantindo que a intervenção tecnológica no laboratório de informática seja direcionada cirurgicamente para as fragilidades apontadas no diagnóstico inicial.

3.6 Matriz de Especificação do Simulado Amplo (Pós-teste - T2)

Diferente do instrumento inicial focado estritamente na operação de divisão, o Pós-teste (T2) foi estruturado como um simulado abrangente e de base ampla, composto por 20 questões de múltipla escolha. A decisão metodológica de expandir o escopo do exame

final justificou-se pela necessidade científica de verificar o fenômeno da transposição didática global e a generalização do raciocínio matemático. Buscou-se avaliar se o treinamento mediado por um software focado na desconstrução analítica do erro capacitaria os estudantes a adotarem uma postura cognitiva mais reflexiva, autônoma e crítica diante de eixos multidisciplinares da Matemática em exames oficiais de larga escala.

A matriz de especificação do T2 foi alinhada de forma direta às matrizes de referência do SAEB e do Sistema de Avaliação da Educação do Tocantins (SAETO), distribuindo os 20 itens de maneira equitativa entre as três grandes unidades temáticas da BNCC que alicerçam o referencial teórico desta pesquisa:

- Unidade Temática Números (10 questões): Focada na consolidação das estruturas multiplicativas e divisionais, englobando problemas de partição, frações elementares, cálculo mental e operações com números naturais, servindo como validador direto da retenção do conteúdo trabalhado no ambiente computacional do StudyMath.
- Unidade Temática Geometria (5 questões): Itens alinhados ao descritor de Espaço e Forma, exigindo das duplas a mobilização de competências associadas à visualização espacial, identificação de propriedades de figuras geométricas bidimensionais e tridimensionais, além da localização e movimentação de objetos em malhas quadriculadas e coordenadas cartesianas rudimentares.
- Unidade Temática Probabilidade e Estatística (5 questões): Associada ao eixo de Tratamento da Informação, demandando o letramento estatístico dos estudantes para ler, interpretar, correlacionar e extrair inferências lógicas a partir de dados expressos em tabelas de dupla entrada, gráficos de barras simples e gráficos de colunas compostas.

A incorporação desta matriz de base ampla conferiu rigor ao desenho quase-experimental. Ao confrontar as duplas com o dobro da carga cognitiva anterior (20 itens) e sob temas variados, pôde-se mensurar com precisão se os hábitos de leitura crítica e autorregulação desenvolvidos digitalmente foram internalizados de forma duradoura e passível de transposição para o suporte impresso tradicional.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Análise Diagnóstica Inicial (Pré-Teste)

A fase empírica desta investigação foi iniciada com a aplicação do instrumento diagnóstico (pré-teste) diretamente no ambiente habitual das salas de aula das três turmas de 5º ano da rede municipal de Araguatins (TO). Para garantir a execução organizada do protocolo e o monitoramento ideal dos sujeitos, as salas foram reestruturadas espacialmente em três grandes fileiras de carteiras por turma.

A amostragem efetiva no dia da aplicação do diagnóstico inicial contabilizou a participação de 37 duplas de estudantes, distribuídas conforme a configuração interna de cada ambiente escolar:

- **Turma 5º ano 1 (5º 1):** Composta por 11 duplas (22 alunos);
- **Turma 5º ano 2 (5º 2):** Composta por 13 duplas (26 alunos);
- **Turma 5º ano 3 (5º 3):** Composta por 13 duplas (26 alunos).

O instrumento impresso aplicado a essas turmas foi estruturado com 10 questões de múltipla escolha baseadas nos descritores do SAEB, calibradas intencionalmente em três níveis de complexidade cognitiva: 2 questões classificadas como fáceis, 4 medianas e 4 difíceis. A estratégia de resolução em pares conforme o delineado nos procedimentos metodológicos, estimulou a cooperação ativa entre os discentes. Observou-se, durante a aplicação, que a necessidade de negociar as respostas e consensualizar a alternativa a ser marcada forçou os estudantes a externalizarem seus raciocínios aritméticos, validando a ativação da Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) proposta por Vygotsky (1991).

Essa radiografia inicial do desempenho das turmas constituiu um passo estratégico fundamental. Longe de se configurar apenas como um teste somativo de aferição de notas, o objetivo primordial do pré-teste foi gerar uma análise de linha de base (baseline) que mapeasse de forma cirúrgica as principais lacunas e dificuldades conceituais partilhadas pelas três turmas. A partir da identificação dos descritores do SAEB que apresentaram os maiores índices de erro e dos distratores que mais atraíram a atenção das duplas, tornou-se possível estruturar as diretrizes pedagógicas e os algoritmos de feedback do aplicativo StudyMath, direcionando a intervenção tecnológica no laboratório de informática para sanar as fragilidades reais constatadas na comunidade escolar.

4.1.1. Análise Comportamental e o Impacto da Expectativa Tecnológica

Durante a condução do diagnóstico inicial, ocorrido no dia 21 de maio de 2026, um fator motivacional externo exerceu influência direta sobre a postura dos estudantes: a ciência de que, após a conclusão das avaliações em papel, eles teriam acesso ao laboratório de informática para interagir com o aplicativo StudyMath. Essa expectativa gerou um visível estado de entusiasmo e engajamento prévio entre as turmas, que demonstraram forte interesse em cumprir a etapa protocolar impressa para avançar rumo à experiência digital.

Contudo, a análise detalhada dos cartões-resposta do pré-teste revelou um paradoxo pedagógico alarmante e recorrente. Embora os discentes estivessem altamente motivados pela promessa do software, os indicadores estatísticos de desempenho apontaram que a maior causa do expressivo índice de erros não residia necessariamente na incapacidade técnica de executar os algoritmos de cálculo (como armar e efetuar somas ou subtrações), mas sim em severas barreiras de interpretação textual dos enunciados das perguntas.

Evidenciou-se, pelo padrão de marcação dos distratores, que grande parte das duplas realizava uma leitura superficial e apressada dos problemas, deixando de ler os itens até o final. Esse comportamento impulsivo fez com que os estudantes ignorassem palavras-chave essenciais (comandos e restrições matemáticas contidas no desfecho da pergunta), induzindo-os a assinalar alternativas incorretas que correspondiam a apenas cálculos intermediários.

Esse diagnóstico empírico corrobora as discussões de Werle (2011) sobre as avaliações de larga escala, demonstrando que o desempenho em matemática no 5º ano do Ensino Fundamental está intimamente indexado à competência de leitura e ao letramento matemático. A constatação de que a pressa e a falta de atenção ao texto foram os principais fatores de ruptura cognitiva justificou a implementação do mecanismo de feedback explicativo assíncrono projetado no StudyMath. Sabendo que o aluno tende a não ler o enunciado completamente, a interface gráfica do software foi programada para agir exatamente no momento do erro, bloqueando a penalização pura e forçando o estudante a confrontar uma tela explicativa que reconstrói a lógica textual do problema não interpretado.

4.1.2. Mapeamento Quantitativo e Homogeneidade das Turmas

A correção detalhada e a tabulação estatística dos cartões-resposta do pré-teste revelaram um panorama quantitativo bastante homogêneo entre as três turmas avaliadas. Os índices de acerto global por sala de aula refletem uma linha de base (baseline) muito próxima, conforme discriminado a seguir:

- **Turma 5º ano 1 (5º 1):** Alcançou a marca de 54% de acertos nas questões propostas;
- **Turma 5º ano 2 (5º 2):** Registrou um índice de 57% de acertos globais;
- **Turma 5º ano 3 (5º 3):** Apresentou rendimento inicial de 61% de acertos.

A proximidade entre os percentuais de acertos (variando em um intervalo estrito de apenas 7% entre a turma de menor e a de maior rendimento) consiste em um indicador científico de suma relevância para o rigor metodológico da pesquisa. Esses dados demonstram que, apesar de estarem divididos administrativamente em salas diferentes, os cerca de 80 estudantes compartilhavam do mesmo nível de proficiência matemática geral antes da introdução da variável tecnológica.

No entanto, ao cruzar esses dados quantitativos com a análise qualitativa dos erros, constatou-se que o teto de acertos não passou de 61% devido, majoritariamente, aos obstáculos de interpretação textual discutidos anteriormente. As duplas demonstraram pleno domínio técnico na execução de algoritmos de cálculo isolados, mas falharam sistematicamente quando esses cálculos precisavam ser extraídos de enunciados contextualizados complexos. O comportamento impulsivo de não realizar a leitura integral das perguntas induziu a marcação direta de distratores que continham respostas de cálculos parciais.

Portanto, esses índices iniciais de 54%, 57% e 61% não refletem uma incapacidade lógica dos discentes frente às quatro operações, mas sim a necessidade urgente de uma intervenção pedagógica mediada por computador que desacelere o ato da resolução e estimule o letramento matemático. Esse cenário empírico forneceu os parâmetros ideais para o início da fase de intervenção com o StudyMath, estabelecendo a métrica de partida para a futura mensuração do ganho cognitivo pós-teste.

4.2. Intervenção Tecnológica com o StudyMath

Superada a fase diagnóstica em papel, deu-se início à etapa de intervenção tecnológica com a introdução dos estudantes ao laboratório de informática da instituição

de ensino para o primeiro contato com o StudyMath, no dia 25 de maio de 2026. Esta primeira sessão foi dividida em dois momentos distintos e interdependentes: o processo de ambientação/cadastro de usuários e a execução de uma atividade simulada em ambiente digital.

Inicialmente, os estudantes dedicaram um período relevante da sessão para realizar os seus respectivos cadastros e criar as credenciais de login diretamente na interface de usuário. Esse processo de inserção de dados exigiu o cumprimento estrito das regras de validação implementadas na arquitetura do software (como a restrição de nomes de usuário com no máximo 8 caracteres e a proibição de espaços vazios na senha). Essa etapa de autenticação, além de garantir a segurança dos dados, foi crucial para estabelecer a identidade digital de cada participante, permitindo que a telemetria do banco de dados Cloud Firestore do Google Firebase associasse de forma unívoca o progresso de cada dupla ao seu respectivo perfil didático.

Figura 1 – Interface de cadastro de novos usuários e perfil didático no StudyMath.

— VOLTAR PARA LOGIN

NOVO REGISTRO

NOME COMPLETO (DO ALUNO OU PROFESSOR)

Ex: João Silva Souza

NOME DE USUÁRIO

Ex: joao12

DEFINIR SENHA (MÍNIMO 6 CARACTERES)

TIPO DE CONTA

☐ Professor ☒ Aluno

FINALIZAR CADASTRO

[Voltar ao Login](#)

Fonte: O autor (2026).

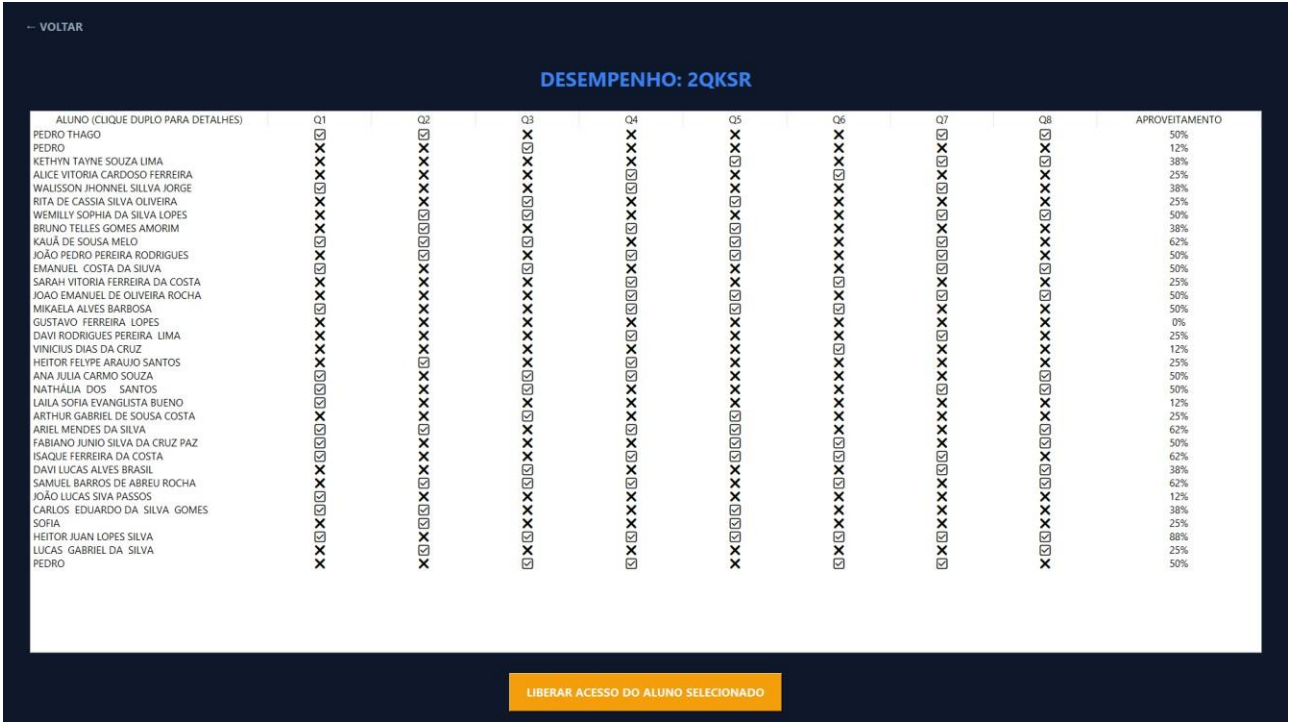
Após a conclusão dos cadastros, foi aplicada a primeira atividade síncrona dentro da plataforma, composta por 8 questões focadas especificamente na operação de divisão. A escolha por esse descritor curricular justificou-se pelo alinhamento direto com o plano pedagógico e o conteúdo programático que o professor regente estava ministrando em sala de aula no período.

Figura 2 – Simulado em execução no qual mostra como funciona dentro da sala de questões gerada pelo professor.



Fonte: O autor (2026).

Figura 3– Painel telemétrico de aproveitamento da atividade de divisão (Turma 5º ano 1).



Fonte: O autor (2026).

A tabulação estatística dos logs gerados automaticamente pelo sistema após essa primeira testagem no computador apresentou os seguintes índices de acerto:

- **Turma 5º ano 1 (5º 1):** Obteve um rendimento de 57% de acertos;
- **Turma 5º ano 2 (5º 2):** Registrou um índice de 58% de acertos;

- **Turma 5º ano 3 (5º 3):** Apresentou uma taxa de 60% de acertos.

Ao analisar esses resultados computacionais frente ao diagnóstico do pré-teste em papel (onde as turmas haviam obtido 54%, 57% e 61%, respectivamente), emergem considerações pedagógicas de grande relevância. Observou-se uma tendência de elevação e estabilização nos índices de acerto, com destaque para a turma do 5º 1, que saltou de 54% para 57% de aproveitamento.

Esse avanço inicial indica que a transposição dos problemas matemáticos para uma interface digital interativa atuou de forma positiva no engajamento dos discentes. Mesmo a divisão sendo um conteúdo tradicionalmente apontado como um gargalo no 5º ano, o dinamismo do software parece ter mitigado parte da resistência cultural associada à matemática tradicional. Contudo, as taxas de erro que ainda oscilaram entre 38% e 42% confirmam que os obstáculos conceituais e os problemas de interpretação textual persistiram na primeira exposição à tela. A partir desse panorama, o sistema de feedbacks explicativos do StudyMath começou a desempenhar seu papel mediador, oferecendo o suporte assíncrono necessário para que as duplas compreendessem a lógica das divisões erradas e se preparassem para as sessões subsequentes.

É imprescindível destacar, contudo, que os resultados quantitativos dessa primeira sessão sofreram influência direta de variáveis logísticas e temporais inerentes à introdução de novas tecnologias na rotina escolar. Como se tratava do primeiro contato dos estudantes com o ecossistema do StudyMath, uma parcela significativa do tempo total da aula foi despendida na ambientação instrumental e na execução do protocolo de cadastros das 37 duplas.

Em decorrência desse prolongado período inicial de autenticação e organização dos perfis no banco de dados, o tempo restante para a resolução da atividade de divisão tornou-se restrito. Essa limitação temporal gerou um cenário de pressão sobre os discentes, impedindo-os de realizarem a atividade computacional com o nível ideal de foco e reflexão em cada tela.

Apesar dessa limitação inicial de tempo, a primeira intervenção cumpriu seu papel de romper a barreira técnica da infraestrutura. Com todos os usuários devidamente cadastrados e familiarizados com as regras da interface, projetou-se que a próxima intervenção, programada para a subsequente quinta-feira, dia 28 de maio de 2026, apresentaria um fluxo de execução substancialmente mais fluido. Sem o gargalo

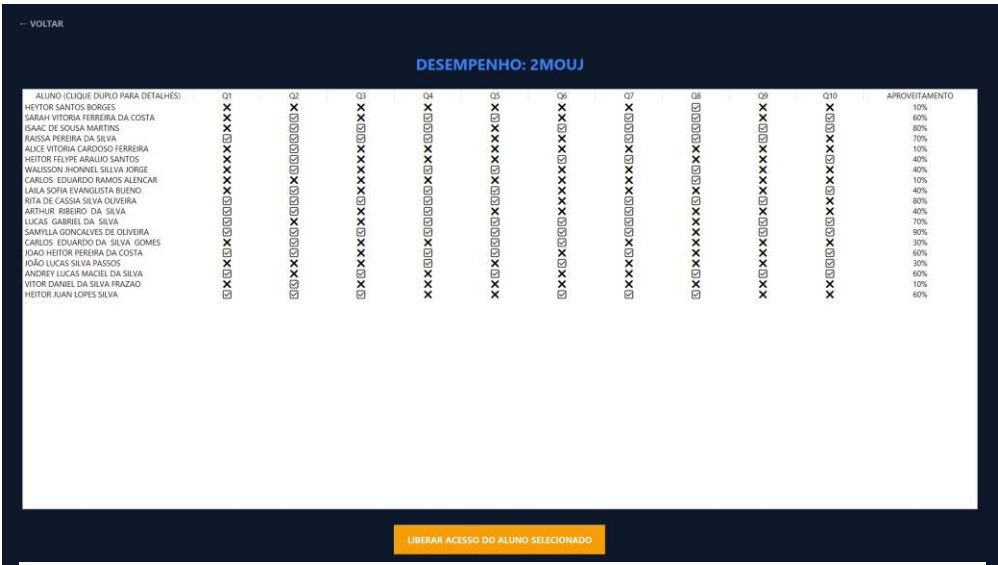
burocrático do registro de contas, os estudantes dispõem da totalidade do tempo pedagógico para interagir de forma concentrada com os feedbacks explicativos do software, permitindo uma coleta de dados ainda mais fidedigna sobre a evolução do aprendizado.

4.2.1. Análise Evolutiva da Segunda Intervenção: O Impacto dos Feedbacks explicativos

Na sessão subsequente de intervenção tecnológica, realizada na quinta-feira, 28 de maio de 2026, as turmas foram submetidas a um novo bloco de atividades na plataforma StudyMath, dando continuidade ao treinamento prático do descritor de divisão aritmética. Diferentemente da primeira experiência, este segundo encontro caracterizou-se pela ausência de entraves logísticos operacionais, uma vez que o ecossistema de autenticação e os perfis de acesso das 37 duplas já estavam previamente consolidados no banco de dados Cloud Firestore.

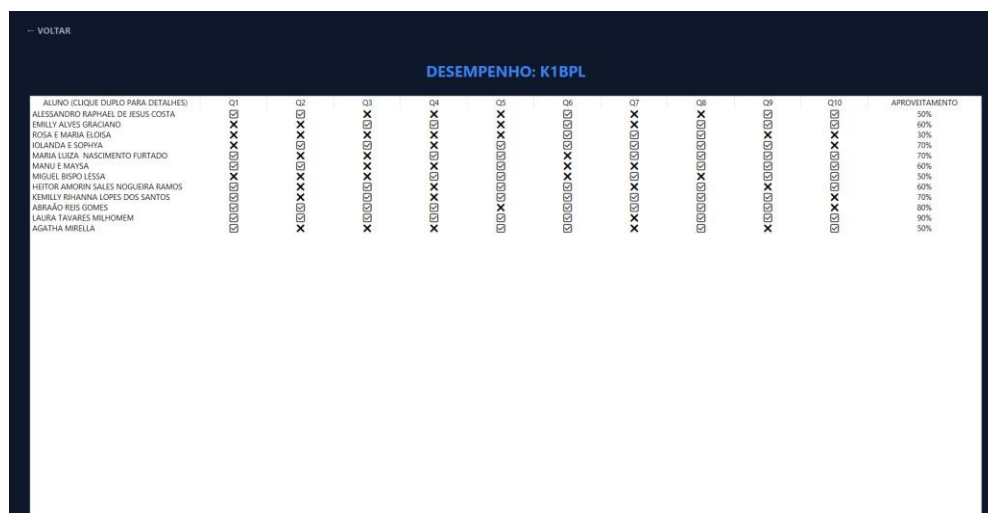
A otimização do tempo pedagógico exerceu um impacto direto no comportamento e no foco dos estudantes. Sem a necessidade de mediação para cadastros de senhas ou nomes de usuário, as duplas dispuseram da totalidade da carga horária para interagir de maneira concentrada com os problemas expostos em tela. A extração dos relatórios estatísticos de telemetria desta segunda sessão revelou uma clara tendência de evolução e emparelhamento nos índices de acerto global das turmas:

Figura 4 – Painel telemétrico de aproveitamento da segunda intervenção (Turma 5º ano 1).



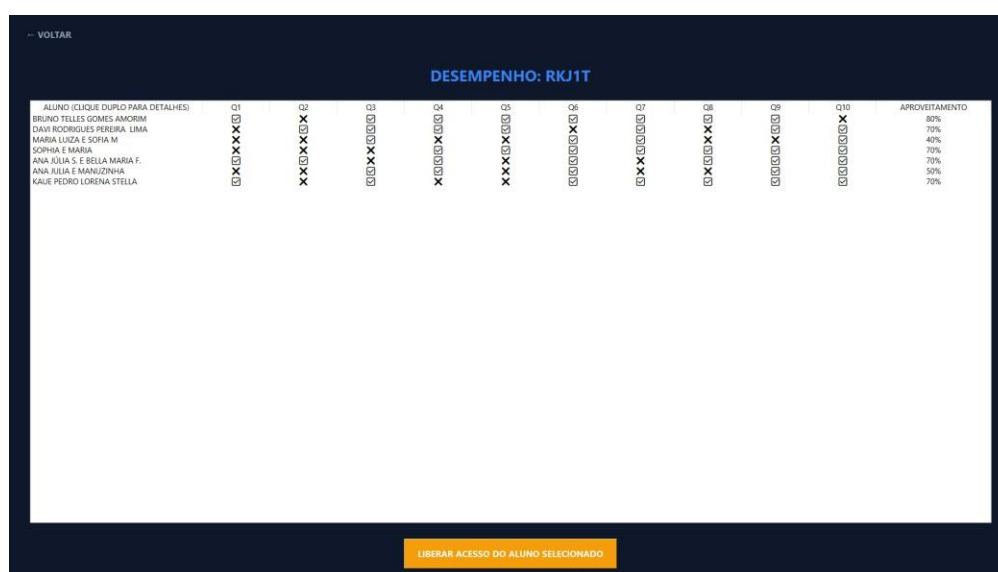
Fonte: O autor (2026).

Figura 5 – Painel telemétrico de aproveitamento da segunda intervenção (Turma 5º ano 2).



Fonte: Dados de pesquisa (2026).

Figura 6 – Painel telemétrico de aproveitamento da segunda intervenção (Turma 5º ano 3).



Fonte: Dados de pesquisa (2026).

- **Turma 5º ano 1 (5º 1):** Apresentou uma taxa de 59,5% de acertos, demonstrando estabilização no desempenho frente à complexidade dos itens;
- **Turma 5º ano 2 (5º 2):** Registrou um salto expressivo, alcançando 64,8% de acertos (um incremento de 6,8 pontos percentuais em relação à sessão anterior);
- **Turma 5º ano 3 (5º 3):** Apresentou evolução semelhante, consolidando 65,1% de acertos (crescimento de 5,1 pontos percentuais).

Esse avanço quantitativo, que posicionou o rendimento médio das turmas na faixa dos 60% a 65% de aproveitamento em um conteúdo historicamente complexo como a

divisão contextualizada, fornece evidências empíricas sobre a eficácia da arquitetura pedagógica do StudyMath. O ganho observado no 5º 2 e 5º 3 indica que, ao dispor de tempo hábil para refletir sobre os enunciados, os estudantes passaram a engajar de forma profunda com o mecanismo de feedback explicativo assíncrono gerado pelo sistema diante das incorreções da primeira rodada.

Conforme preconizado pela Epistemologia Genética de Piaget que é amplamente discutida na fundamentação teórica deste trabalho, o erro deixou de operar como uma mera punição somativa e passou a atuar como um agente desestabilizador e gerador de conflito cognitivo. Ao confrontarem as telas explicativas que reconstruíam textualmente a lógica das divisões mal interpretadas, as duplas passaram por um processo de autorregulação e equilibração majorante.

Observou-se em campo que o comportamento impulsivo de realizar leituras superficiais foi mitigado: cientes de que o software explicaria a lógica estrutural da questão no caso de uma escolha incorreta, as duplas passaram a cooperar de forma mais cadenciada, discutindo os comandos e interpretando os problemas com maior criticidade antes de efetuarem o clique de submissão na interface construída em Tkinter.

4.3. Avaliação de Impacto Final: O Pós-Teste (T2) e a Transposição Pedagógica Multidisciplinar (SAEB/SAETO)

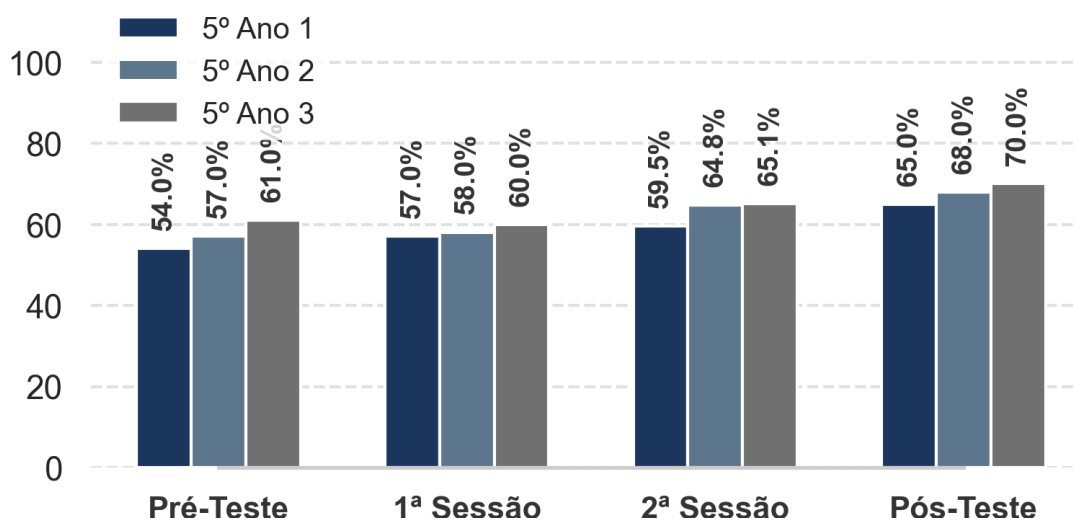
Após o encerramento do ciclo de intervenções mediadas por computador no laboratório de informática, procedeu-se à aplicação do pós-teste (T2) em formato impresso. O instrumento, composto por 20 questões contextualizadas alinhadas de forma abrangente às matrizes de referência do SAEB e do SAETO, distribuídas de maneira equitativa entre as unidades temáticas de Números, Geometria e Probabilidade e Estatística, foi respondido pelas mesmas duplas pedagógicas em ambiente de sala de aula regular, assegurando a simetria metodológica com o diagnóstico inicial (T1).

A tabulação final dos dados estatísticos do pós-teste demonstrou uma evolução consistente e generalizada no desempenho matemático de todas as turmas avaliadas:

- Turma 5º ano 1 (5º 1): Alcançou um índice de 65% de acertos (um crescimento de 11 pontos percentuais em relação ao pré-teste);
- Turma 5º ano 2 (5º 2): Registrou um rendimento de 68% de acertos (um salto de 11 pontos percentuais face à linha de base);

- Turma 5º ano 3 (5º 3): Consolidou uma taxa de 70% de acertos (um incremento de 9 pontos percentuais em relação ao T1).

Gráfico 1 – Evolução comparativa do percentual médio de acertos entre os marcos avaliativos.



Fonte: Dados da telemetria e questionários impressos (2026)

Ao analisar cronologicamente os três marcos da pesquisa — o diagnóstico em papel (T1), o comportamento intermediário na plataforma digital e o exame final de base ampla (T2), emerge a comprovação empírica do impacto positivo do StudyMath. O avanço progressivo das médias indica que a imersão em um ambiente digital orientado a dados (data-driven) promoveu uma evolução cognitiva sustentável, refutando a hipótese de que o desempenho na plataforma seria fruto de mero acaso ou decorrente apenas do efeito novidade da tecnologia.

O elemento diferenciador para este resultado reside na arquitetura de feedbacks explicativos imediatos desenvolvida no ecossistema do software. Ao longo das sessões no computador, quando as duplas erravam e eram confrontadas com explicações que desconstruíam a lógica dos distratores, ocorria o fenômeno da autorregulação cognitiva proposto por Piaget. Os estudantes internalizaram estratégias de leitura crítica e interpretação textual que transcenderam a operação de divisão regular.

A prova cabal dessa aprendizagem e da transposição didática global reflete-se no fato de o pós-teste ter sido aplicado em papel, com o dobro do tamanho da atividade piloto (20 questões) e abrangendo novos eixos curriculares como Espaço e Forma e Tratamento da Informação. Mesmo diante de um suporte estático, sem o auxílio visual do computador e sob a carga cognitiva de múltiplos descritores, as duplas mantiveram o comportamento reflexivo cultivado no ambiente digital. Os resultados superiores a 65% de

aproveitamento validam o StudyMath como uma ferramenta de intervenção eficaz, capaz de potencializar o letramento matemático e o raciocínio lógico transversal na educação básica de Araguatins (TO).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente investigação cumpriu integralmente o seu objetivo geral ao desenvolver, homologar e avaliar o impacto pedagógico do StudyMath no desempenho aritmético de estudantes do 5º ano da rede municipal de ensino de Araguatins (TO). Por meio de um delineamento quase-experimental estruturado cronologicamente em pré-teste (T1), intervenção tecnológica mediada e pós-teste (T2), foi possível mensurar quantitativa e qualitativamente a evolução cognitiva dos discentes diante de um dos conteúdos mais desafiadores do currículo de matemática da educação básica: a operação de divisão.

Os resultados empíricos obtidos revelaram um ganho cognitivo real e estatisticamente relevante em todas as turmas integradas na pesquisa. A linha de base delimitada no pré-teste em papel (54%, 57% e 61% de acertos) foram substancialmente superadas nos indicadores finais do pós-teste, onde as turmas alcançaram marcas de 65%, 68% e 70% de aproveitamento, respectivamente. Este avanço de até 11 pontos percentuais ganha ainda maior relevância científica ao considerar-se que o pós-teste foi aplicado de forma impressa e com uma carga cognitiva ampliada (20 questões). Este cenário comprova a ocorrência de uma transposição didática bem-sucedida, demonstrando que as competências de leitura crítica e raciocínio lógico desenvolvidas na interface digital não ficaram retidas no computador, sendo internalizadas e mobilizadas com autonomia pelos estudantes no suporte tradicional.

Do ponto de vista da Engenharia de Software e da Informática na Educação, o StudyMath provou ser uma solução tecnológica socialmente referenciada. A decisão arquitetural de construir uma aplicação desktop robusta em Python e Tkinter mitigou com eficácia as barreiras infraestruturais crônicas da escola pública local, como a instabilidade ou ausência de conectividade à internet de banda larga. Paralelamente, a integração do sistema de telemetria assíncrona em nuvem via Cloud Firestore do Google Firebase validou a viabilidade de abordagens orientadas a dados (data-driven) no ambiente escolar, fornecendo ao pesquisador e ao corpo docente um mapeamento fidedigno e preditivo dos erros e distratores mais recorrentes cometidos pelas duplas pedagógicas.

A dinâmica das interações em campo corroborou as premissas teóricas que sustentaram o projeto. A organização das sessões em duplas ativou com sucesso a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) proposta por Vygotsky, promovendo a aprendizagem colaborativa e o debate entre os pares. Ademais, o motor de feedbacks explicativos imediatos atuou como o elemento fulcral para a desconstrução do erro sob a perspectiva

piagetiana. Ao invés de operar como um fator de punição ou desmotivação, o erro exibido na tela gerou os conflitos cognitivos necessários para desencadear processos de autorregulação e equilíbrio majorante, desacelerando o comportamento impulsivo dos alunos e estimulando a interpretação textual profunda dos enunciados.

Como em qualquer investigação de campo, foram identificadas limitações que servem de aprendizado para futuras implementações. O impacto das variáveis logísticas iniciais, tais como o tempo despendido para o cadastro de usuários e a necessidade de correções técnicas locais (como a sincronização de relógios de sistemas operacionais obsoletos para validação de certificados SSL), reduziu o tempo útil da primeira sessão. Contudo, a superação deste gargalo técnico na intervenção subsequente evidenciou a resiliência da infraestrutura e a rápida curva de aprendizagem e adaptabilidade dos estudantes diante de interfaces computacionais integradas.

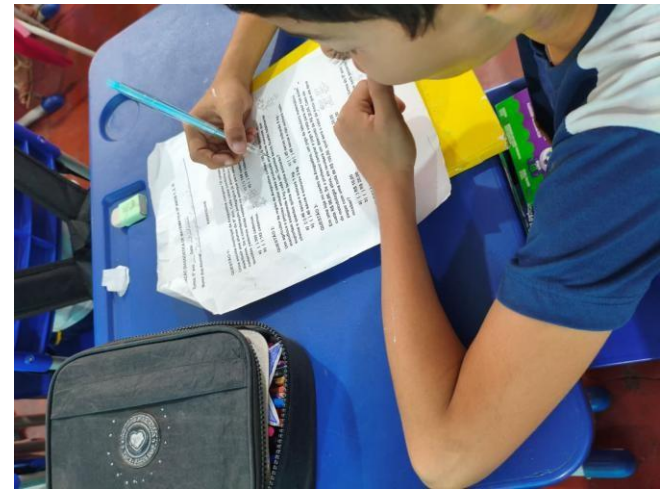
Por fim, este trabalho deixa uma contribuição prática e teórica para a comunidade acadêmica e para a rede pública de ensino da região do Bico do Papagaio. Como recomendações para trabalhos futuros, sugere-se a expansão do banco de itens do StudyMath para cobrir outros descritores complexos da matriz do SAEB, como frações e numeração decimal, além da implementação de um painel visual analítico (dashboard) voltado exclusivamente para o professor regente. Conclui-se que a inserção planejada de softwares educativos orientados a dados, quando alinhada a uma fundamentação pedagógica sólida, é perfeitamente capaz de transformar o laboratório de informática num espaço de mediação cognitiva ativa, elevando os índices de letramento matemático e democratizando o acesso a uma educação tecnológica de qualidade.

REFERÊNCIAS

1. ALMEIDA, R. S.; LIMA, M. F. A regulação das aprendizagens e o feedback formativo em ambientes virtuais: perspectivas contemporâneas. *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*, v. 103, n. 264, p. 315-334, 2022.
2. ALVES, L. Gamificação e engajamento na cultura digital: práticas pedagógicas disruptivas. 2. ed. Salvador: Editora UFBA, 2022.
3. ALVES, T. R.; SOUZA, F. M. O modelo de Van Hiele no ensino de geometria: perspectivas e abordagens contemporâneas na educação básica. *Revista de Educação Matemática*, v. 18, n. 2, p. 89-104, 2023.
4. BACICH, Lilian; MORAN, José. Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem prática. 2. ed. Porto Alegre: Penso, 2021.
5. BORBA, Marcelo de Carvalho; PENTEADO, Miriam Godoy. A informática em educação matemática: reflexões e experiências na era digital. 6. ed. rev. Belo Horizonte: Autêntica, 2022.
6. BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Brasília: MEC, 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 18 mai. 2026.
7. BUSARELLO, R. I. Gamificação em contextos de aprendizagem: design, engajamento e avaliação. São Paulo: Blucher, 2021.
8. CRESWELL, John W.; CRESWELL, J. David. Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto. 5. ed. Porto Alegre: Penso, 2021.
9. FERREIRA, A. C.; SOUZA, L. H. Gamificação instrucional e aprendizagem matemática: o design de interfaces educativas para os anos iniciais. *Jornal Internacional de Estudos em Educação Matemática*, v. 16, n. 1, p. 45-62, 2023.
10. FREITAS, M. C.; GOMES, T. S. Avaliação em larga escala e indicadores de proficiência pós-pandemia: análises sobre a matriz do SAEB. *Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação*, v. 30, n. 115, p. 201-222, 2022.
11. GIL, Antônio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2021.
12. GOOGLE FIREBASE. Cloud Firestore: Firebase Documentation. Google Developers, 2026. Disponível em: (<https://firebase.google.com/docs/firestore>). Acesso em: 18 mai. 2026.
13. LUCKESI, Cipriano Carlos. Avaliação da aprendizagem escolar: caminhos, práticas e ressignificações. 23. ed. São Paulo: Cortez, 2022.

14. MORAN, José. Mudando a educação com metodologias ativas e modelos flexíveis. *Revista de Educação Coletiva*, v. 25, n. 1, p. 12-29, 2021.
15. OLIVEIRA, F. G. et al. Mecânicas de jogos e telemetria educacional: abordagens analíticas baseadas em dados em sistemas locais. *Revista Brasileira de Informática na Educação (RBIE)*, v. 30, p. 148-167, 2022.
16. PEREIRA, J. S.; COSTA, R. A. A Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) em ambientes computacionais: interações e aprendizagem colaborativa em duplas. *Computação Aplicada à Educação*, v. 12, n. 2, p. 77-94, 2023.
17. SANTOS, E. M. et al. A teoria do fluxo (Flow) aplicada ao engajamento em softwares educativos e plataformas gamificadas: uma revisão sistemática. *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, v. 38, e38302, 2022.
18. SCHMIDT, A.; ROCHA, K. V. Epistemologia genética e autorregulação cognitiva: o papel do erro positivo no desenvolvimento do raciocínio lógico-matemático. *Educar em Revista*, v. 39, n. 1, p. 112-131, 2023.
19. SILVA, J. A.; SANTOS, M. E. A Teoria dos Campos Conceituais aplicada ao desenvolvimento do raciocínio aritmético nos anos iniciais. *Boletim de Educação Matemática (BOLEMA)*, v. 36, n. 72, p. 142-161, 2022.
20. SILVA, R. P.; OLIVEIRA, M. J. Exclusão digital e os desafios de infraestrutura e conectividade em escolas públicas da região Norte. *Revista Práxis Educativa*, v. 18, p. 1-19, 2023.
21. VALENTE, José Armando. Tecnologias digitais, design instrucional e metodologias ativas: a reconstrução do espaço pedagógico. *Linhas Críticas*, Brasília, v. 28, e41520, 2022.

APÊNDICE A – Instrumento de Avaliação Diagnóstica (Pré-Teste)



APÊNDICE B – Registo Visual da Primeira Intervenção Pedagógica com o StudyMath



APÊNDICE C – Registro Visual da Segunda Intervenção Pedagógica com o StudyMath



APÊNDICE D – Instrumento de Avaliação Somativa (Pós-Teste)