BOCA
BOLETIM DE CONJUNTURA

MATE: PLATAFORMA DE IA PARA APOIAR POR MEIO DE CONEXÕES VISUAIS O APRENDIZADO DE MATEMÁTICA NO ENSINO FUNDAMENTAL I

MATE: AI PLATFORM TO SUPPORT MATHEMATICS LEARNING IN ELEMENTARY SCHOOL THROUGH VISUAL CONNECTIONS

MATE: PLATAFORMA DE IA PARA APOYAR EL APRENDIZAJE DE LAS MATEMÁTICAS EN LA ESCUELA PRIMARIA MEDIANTE CONEXIONES VISUALES

10.56238/bocav25n79-008

Pedro Henrike Teixeira Brandão Vieira
Instituição: Faculdade Engenheiro Salvador Arena, Centro Educacional da Fundação Salvador Arena

Thiago Henrique Guedes Baptistella
Instituição: Faculdade Engenheiro Salvador Arena, Centro Educacional da Fundação Salvador Arena

Maicon Bruno Lopes Dias
Instituição: Faculdade Engenheiro Salvador Arena, Centro Educacional da Fundação Salvador Arena

Victor Inacio de Oliveira
Doutor

RESUMO
Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um agente conversacional baseado em inteligência artificial com o objetivo de auxiliar estudantes do ensino fundamental no aprendizado de matemática. A pesquisa fundamenta-se em estudos da educação matemática que destacam a importância das representações visuais e da contextualização no ensino dessa matéria. A metodologia adotada consiste no desenvolvimento de uma plataforma utilizando ferramentas *low-code*, incluindo Lovable para interface, n8n para automação de fluxos e Supabase como banco de dados. O sistema permite que o estudante interaja com um agente de IA que apresenta explicações, exemplos visuais e exercícios interativos. Os resultados obtidos indicaram elevada aceitação da plataforma pelos participantes, especialmente em relação ao engajamento, à compreensão dos conteúdos matemáticos e à utilização de recursos visuais no processo de aprendizagem. Dessa forma, conclui-se que o uso de agentes conversacionais baseados em inteligência artificial apresenta potencial como ferramenta de apoio ao ensino de matemática no Ensino Fundamental.

Palavras-chave: Inteligência Artificial. Educação Matemática. Aprendizagem Interativa. Tecnologias Educacionais. Ensino Fundamental.

ABSTRACT
This work presents the development of an artificial intelligence-based conversational agent aimed at assisting elementary school students in learning mathematics. The research is grounded in studies in mathematics education that emphasize the importance of visual representations and contextualization

in the teaching of this subject. The adopted methodology consists of developing a plataform using low-code tools, including Lovable for the interface, n8n for workflow automation, and Supabase as the database system. The platform allows students to interact with an AI agent that provides explanations, visual examples, and interactive exercises. The results obtained indicated a high level of acceptance of the platform among participants, especially regarding engagement, understanding of mathematical content, and the use of visual resources in the learning process. Therefore, it is concluded that the use of artificial intelligence-based conversational agents has the potential to serve as a supporting tool for mathematics teaching in elementary education.

Keywords: Artificial Intelligence. Mathematics Education. Interactive Learning. Educational Technologies. Elementary Education.

RESUMEN

Este trabajo presenta el desarrollo de un agente conversacional basado en inteligencia artificial con el objetivo de apoyar el aprendizaje de las matemáticas en estudiantes de primaria. La investigación se basa en estudios de didáctica de las matemáticas que resaltan la importancia de las representaciones visuales y la contextualización en la enseñanza de esta materia. La metodología adoptada consiste en el desarrollo de una plataforma utilizando herramientas *low-code*, incluyendo Lovable para la interfaz, n8n para la automatización del flujo de trabajo y Supabase como base de datos. El sistema permite al estudiante interactuar con un agente de IA que presenta explicaciones, ejemplos visuales y ejercicios interactivos. Los resultados obtenidos indicaron una alta aceptación de la plataforma por parte de los participantes, especialmente en relación con la participación, la comprensión del contenido matemático y el uso de recursos visuales en el proceso de aprendizaje. Por lo tanto, se concluye que el uso de agentes conversacionales basados en inteligencia artificial tiene potencial como herramienta para apoyar la enseñanza de las matemáticas en la escuela primaria.

Palabras clave: Inteligencia Artificial. Didáctica de las Matemáticas. Aprendizaje Interactivo. Tecnologías Educativas. Escuela Primaria.

1 INTRODUÇÃO

A educação desempenha um papel fundamental na formação do indivíduo e no desenvolvimento da sociedade, sendo um dos principais instrumentos de transformação social. No entanto, o cenário brasileiro revela desafios significativos no ensino de Matemática. De acordo com o Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA, 2023), o Brasil se encontra três anos abaixo da média internacional em proficiência matemática, e dados do Estudo de Tendências em Matemática e Ciências (TIMSS, 2023) apontam que o país figura entre os piores desempenhos nos anos iniciais do ensino fundamental. Esses resultados evidenciam a urgência de repensar metodologias que tornem o ensino da Matemática mais acessível, dinâmico e conectado à realidade dos estudantes.

Os resultados obtidos pelo PISA (2023) demostram que 73% dos estudantes de 15 anos não sabem resolver problemas básicos de matemática, como frações, porcentagens e números decimais e, grande parte deles, não conseguem realizar cálculos simples. Esses dados apontam a necessidade de elaboração de estratégias que tornem a aprendizagem matemática significativa para o estudante, principalmente, nos fundamentos que fornecem a base para conteúdos mais avançados.

Entre os conteúdos que mais apresentam dificuldades de aprendizagem está o ensino de frações, conceito essencial para o desenvolvimento do raciocínio proporcional e algébrico. Segundo os relatórios do Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB, 2020), os alunos brasileiros do 5º e 9º anos demonstram baixo domínio em habilidades relacionadas à compreensão de frações especialmente no descritor D24, que avalia a capacidade de “identificar fração como representação associada a diferentes significados”. As escalas de proficiência do (SAEB, 2020) indicam que grande parte dos estudantes permanece nos níveis iniciais de aprendizado, sendo capazes apenas de reconhecer frações simples com apoio de figuras, mas apresentando dificuldade em interpretar frações equivalentes, comparar partes e transferir o conceito para contextos cotidianos.

Estudo de Sales, Aguiar e Oliveira (2021) reforça essa constatação ao analisar dados da Prova Brasil entre 2013 e 2019, mostrando que o desempenho nacional nesse descritor permanece abaixo do esperado, com avanços discretos e desigualdades regionais expressivas. Os autores destacam que a principal barreira no aprendizado de frações está na falta de estratégias pedagógicas que favoreçam múltiplas representações e o uso de recursos visuais que aproximem o aluno de situações reais.

A pesquisa na área da educação matemática (Canavarro, 2017), aponta que a aprendizagem se torna mais significativa quando o aluno é capaz de estabelecer conexões entre diferentes formas de representação, simbólicas, visuais e contextuais. Cada representação funciona como uma lente complementar que amplia a compreensão do conceito (Tripathi, 2008). Dessa forma, o ensino de matemática mediado por imagens e situações práticas favorece a construção de significados e estimula o pensamento relacional.

Diante desse contexto, este trabalho propõe o desenvolvimento de um agente de inteligência artificial (IA) com foco em auxiliar o aprendizado de matemática por meio de imagens e interações conversacionais. O agente atuará como apoio pedagógico, apresentando explicações visuais, desafios personalizados e feedback imediato, promovendo conexões entre as representações matemáticas. Assim, buscando auxiliar e potencializar a aprendizagem dos estudantes.

Com isso, este estudo pretende unir evidências da pesquisa educacional e recursos tecnológicos para propor uma solução inovadora e acessível, que favoreça o entendimento da matéria e incentive uma relação mais positiva e significativa dos alunos com a Matemática.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A elaboração deste trabalho fundamenta-se na aplicação de conceitos teóricos, metodológicos e tecnológicos amplamente discutidos na literatura científica, bem como na análise de estudos que investigam o uso de tecnologias digitais no contexto educacional. Também foram analisadas abordagens contemporâneas que envolvem o emprego da inteligência artificial como ferramenta de apoio ao processo de ensino e aprendizagem, especialmente no ensino de Matemática nos anos iniciais do Ensino Fundamental.

O presente Referencial Teórico tem como objetivo apresentar os principais fundamentos que sustentam o desenvolvimento da solução proposta, abordando aspectos relacionados à aprendizagem matemática, à Inteligência Artificial aplicada à educação, à Educação 4.0, aos modelos de linguagem de grande escala e ao uso de tecnologias educacionais baseadas em interfaces visuais. Esses elementos fornecem suporte conceitual às decisões metodológicas adotadas no trabalho e contribuem para a compreensão dos resultados discutidos nas seções posteriores.

2.1 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

A Inteligência Artificial (IA) é um campo da Ciência da Computação dedicado ao desenvolvimento de sistemas capazes de simular ou aproximar-se de habilidades cognitivas humanas, como o raciocínio, a aprendizagem, a percepção e a tomada de decisões. Esses sistemas utilizam algoritmos, modelos estatísticos e técnicas de aprendizado de máquina para analisar grandes volumes de dados e executar tarefas de maneira autônoma ou assistida.

Segundo Oliveira *et al.* (2020), a inteligência artificial pode ser compreendida como “uma estrutura composta e articulada por softwares e, eventualmente, hardwares, cuja finalidade é auxiliar os seres humanos na tomada de decisão com base na associação de dados históricos e no reconhecimento de padrões”. Essa definição evidencia o papel da IA como tecnologia de suporte, capaz de potencializar processos humanos em diferentes áreas do conhecimento.

No contexto educacional, a IA tem sido aplicada para a personalização do ensino, recomendação de conteúdos, correção automática de atividades, análise de desempenho e apoio pedagógico por meio de sistemas tutores inteligentes. Essas aplicações contribuem para tornar o processo de aprendizagem mais adaptativo, permitindo que o estudante receba feedback imediato e conteúdos adequados ao seu nível de conhecimento.

2.2 EDUCAÇÃO 4.0

A Educação 4.0 surge como uma resposta às transformações provocadas pela Indústria 4.0, caracterizada pela digitalização, automação e uso intensivo de tecnologias inteligentes. Esse paradigma educacional propõe metodologias mais flexíveis, centradas no estudante e apoiadas por tecnologias digitais, como inteligência artificial, big data, internet das coisas e ambientes virtuais interativos.

De acordo com Guimarães Junior *et al.* (2023), a inteligência artificial exerce um papel promissor no apoio a professores e estudantes, contribuindo significativamente para o avanço da Educação 4.0. A utilização dessa tecnologia possibilita ganhos expressivos em produtividade, automação de tarefas repetitivas e suporte pedagógico, como a correção de exercícios e o acompanhamento individualizado do progresso do aluno.

Entretanto, a IA deve ser compreendida como uma ferramenta complementar ao trabalho docente, e não como um substituto. Seu papel é potencializar o ensino, oferecendo recursos que favoreçam a personalização da aprendizagem, o engajamento dos estudantes e a construção de trajetórias educacionais mais adequadas às necessidades individuais.

2.3 MODELOS DE LINGUAGEM DE GRANDE ESCALA *(LARGE LANGUAGE MODELS – LLMS)*

Os Modelos de Linguagem de Grande Escala, conhecidos como *Large Language Models (LLMs),* são sistemas de inteligência artificial treinados a partir de grandes volumes de dados textuais, capazes de compreender, interpretar e gerar linguagem natural de forma contextualizada e coerente. Esses modelos utilizam arquiteturas baseadas em redes neurais profundas, como os transformers, permitindo a identificação de padrões linguísticos complexos.

No contexto da Educação 4.0, os LLMs apresentam grande potencial como ferramentas de apoio pedagógico. Eles podem ser utilizados para responder dúvidas dos estudantes, gerar explicações passo a passo, adaptar a linguagem ao nível cognitivo do usuário e fornecer feedback imediato. Segundo a IBM (2025), esses modelos contribuem para tornar o processo de ensino mais interativo, dinâmico e personalizado, fortalecendo a relação entre tecnologia e prática educacional. Quando aplicados ao ensino de Matemática, os LLMs podem auxiliar na explicação de conceitos abstratos, por

meio de exemplos contextualizados, analogias e descrições visuais, favorecendo a compreensão conceitual dos estudantes.

2.3.1 Retrieval-Augmented Generation (RAG)

O *Retrieval-Augmented Generation* (RAG) é uma abordagem que combina modelos de linguagem de grande escala com mecanismos de recuperação de informações externas. Diferentemente dos modelos tradicionais, que dependem exclusivamente do conhecimento adquirido durante o treinamento, o RAG permite que o sistema consulte bases de dados específicas antes de gerar uma resposta.

De acordo com Lewis *et al.* (2020), essa abordagem aumenta a precisão, a confiabilidade e a atualidade das respostas, ao incorporar informações contextualizadas e alinhadas ao domínio da aplicação. No contexto educacional, o RAG possibilita que agentes de IA utilizem conteúdos pedagógicos previamente validados, como definições matemáticas, exemplos didáticos e diretrizes curriculares.

No desenvolvimento do agente proposto neste trabalho, o uso do RAG contribui para assegurar que as explicações sobre os tópicos estejam alinhadas às orientações educacionais e aos objetivos de aprendizagem definidos, reduzindo a ocorrência de respostas genéricas ou conceitualmente imprecisas.

2.4 LEI GERAL DE PROTEÇÃO DE DADOS (LGPD)

A Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (Lei nº 13.709/2018) estabelece diretrizes para a coleta, o armazenamento, o tratamento e o compartilhamento de dados pessoais no Brasil. Essa legislação assume papel fundamental no desenvolvimento de sistemas computacionais que lidam com informações sensíveis, especialmente em contextos educacionais envolvendo crianças e adolescentes.

De acordo com o artigo 14 da LGPD, o tratamento de dados pessoais de menores de idade deve ocorrer mediante consentimento específico de pelo menos um responsável legal, sempre considerando o melhor interesse do aluno. Assim, ao longo de todas as etapas deste projeto — desde o desenvolvimento até os testes do agente conversacional — foram consideradas as diretrizes legais relacionadas à privacidade, segurança e anonimização dos dados.

O cumprimento da LGPD é essencial para garantir a ética da pesquisa, a proteção dos usuários e a confiabilidade da solução proposta, especialmente em aplicações que envolvem inteligência artificial no ambiente educacional.

2.5 TECNOLOGIAS EDUCACIONAIS E USO DE INTERFACES VISUAIS

O uso de tecnologias educacionais tem se mostrado um fator relevante para o aumento do engajamento, da motivação e da aprendizagem significativa dos estudantes. Interfaces visuais bem

projetadas auxiliam na compreensão de conceitos abstratos ao transformar informações simbólicas em representações mais concretas e intuitivas.

No ensino de Matemática, especialmente no conteúdo de operações básicas, frações, a utilização de representações visuais — como figuras, diagramas e imagens que expressam partes de um todo — favorece a construção do significado matemático. Segundo Canavarro (2017), a aprendizagem torna-se mais efetiva quando o aluno consegue estabelecer conexões entre diferentes formas de representação, como a simbólica, a visual e a contextual.

Dessa forma, a integração de agentes conversacionais baseados em inteligência artificial com recursos visuais apresenta-se como uma estratégia promissora para apoiar o aprendizado. Essa abordagem está alinhada aos princípios da Educação 4.0 e às demandas contemporâneas do ensino fundamental, ao promover uma aprendizagem mais interativa, personalizada e significativa.

2.6 AUTOMAÇÃO DE FLUXOS COM N8N

O n8n é uma plataforma de automação de fluxos de trabalho baseada em código aberto que permite integrar diferentes serviços, APIs e aplicações de maneira visual e modular. A ferramenta utiliza um modelo de fluxos composto por nós interconectados, nos quais cada nó executa uma função específica, como receber dados, realizar transformações ou acionar serviços externos.

De acordo com seus desenvolvedores, o n8n foi projetado para facilitar a integração entre sistemas sem a necessidade de grande volume de código, permitindo que desenvolvedores e equipes técnicas criem pipelines automatizados de forma flexível e escalável. Essa abordagem é amplamente utilizada em arquiteturas modernas baseadas em microsserviços e integração de APIs.

No contexto deste trabalho, o n8n desempenha o papel de camada de orquestração da aplicação, sendo responsável por gerenciar o fluxo de comunicação entre a interface do usuário, os modelos de inteligência artificial e os serviços externos utilizados pelo sistema. Por meio dessa plataforma, o agente conversacional recebe a entrada do usuário, encaminha a solicitação para os modelos de linguagem e serviços de processamento matemático e retorna a resposta estruturada ao estudante.

A utilização do n8n contribui para a modularidade da arquitetura, permitindo que diferentes componentes do sistema sejam atualizados ou substituídos sem comprometer o funcionamento global da aplicação. Além disso, a ferramenta facilita o monitoramento das interações e a coleta de dados para análise posterior do comportamento dos usuários.

2.7 DESENVOLVIMENTO DE INTERFACES COM LOVABLE

A interface do agente educacional foi desenvolvida utilizando a plataforma Lovable, uma ferramenta voltada para a criação rápida de aplicações web com foco em experiência do usuário e integração com serviços de inteligência artificial.

A Lovable permite o desenvolvimento de interfaces modernas baseadas em componentes, facilitando a criação de aplicações interativas sem a necessidade de implementação manual de toda a infraestrutura de *front-end*. A plataforma também oferece recursos de integração com APIs externas e serviços de *backend*, permitindo que aplicações conversacionais sejam desenvolvidas de forma ágil.

No presente projeto, a Lovable foi utilizada para construir a interface conversacional do agente educacional, permitindo que os estudantes interajam com o sistema por meio de um ambiente semelhante a um chat. Essa abordagem foi escolhida por apresentar maior familiaridade para o público infantojuvenil, favorecendo o engajamento e a interação com o conteúdo educacional.

Além disso, a interface foi projetada para incorporar elemento multimodal, como texto, possibilitando diferentes formas de comunicação entre o estudante e o agente de inteligência artificial. Além de apresentar um guia de estudos gamificado para interação dos alunos. Essa estratégia está alinhada às abordagens contemporâneas de educação digital, que valorizam múltiplos formatos de representação e interação no processo de aprendizagem.

2.8 BANCO DE DADOS E *BACKEND* COM SUPABASE

Para a persistência de dados e gerenciamento das interações do sistema, foi utilizada a plataforma Supabase, um serviço de *backend* como serviço *(Backend as a Service* – BaaS) baseado no banco de dados relacional PostgreSQL.

O Supabase oferece um conjunto de funcionalidades que incluem banco de dados, autenticação de usuários, armazenamento de arquivos e APIs automáticas para acesso às informações armazenadas. Essa infraestrutura permite que aplicações web modernas gerenciem dados de forma segura e escalável, reduzindo a complexidade de implementação de servidores dedicados.

No contexto do agente educacional desenvolvido neste trabalho, o Supabase é responsável pelo armazenamento do histórico de interações entre os estudantes e o sistema, incluindo mensagens, imagens enviadas e registros de sessões. A manutenção desse histórico possibilita que o agente acompanhe o progresso do aluno ao longo do tempo, mantendo o contexto das conversas e favorecendo uma aprendizagem mais contínua.

Outro aspecto relevante da utilização do Supabase é sua compatibilidade com boas práticas de segurança e governança de dados, permitindo a implementação de mecanismos de anonimização e controle de acesso. Esses recursos são fundamentais em aplicações educacionais que lidam com informações de estudantes, contribuindo para a conformidade com a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD).

2.9 TEORIA DA USABILIDADE

A qualidade de uma interface de usuário é essencial, uma vez que é o único componente de um sistema computacional com o qual o usuário interage diretamente (Moran, 1981). A área de Interação Humano-Computador (IHC) estuda esses componentes de interação e interface, sendo a usabilidade uma das características de software mais debatidas nesse campo.

As definições de usabilidade mais comumente usadas são fornecidas pelas normas ISO/IEC 9126 (1991) e ISO 9241-11 (1998). A primeira a define como a habilidade de um software ser entendido, aprendido, utilizado e atraente para o usuário em certas circunstâncias. Por outro lado, a segunda estabelece que a usabilidade é o nível em que um produto pode ser utilizado por usuários específicos para atingir objetivos determinados de maneira eficaz, eficiente e satisfatória em um contexto de uso específico.

Por outro lado, Jakob Nielsen (2012) define a usabilidade como um atributo de qualidade ligado à simplicidade de uso de uma interface. Ele a divide em cinco componentes fundamentais: facilidade de aprendizado, eficiência na realização de tarefas, facilidade de memorização, habilidade para prevenir e corrigir erros, e satisfação do usuário durante a interação.

2.10 *LOW-CODE*

Conforme da Shridhar (2021), o termo *low-code* foi introduzido em 2014, com base em estudos realizados pela Forrester Research. Desde esse período, tem-se observado um aumento significativo em sua adoção e importância no setor de desenvolvimento de software. Esse progresso está vinculado à demanda crescente por soluções digitais mais rápidas, redução de custos e maior acesso ao desenvolvimento tecnológico.

Nesse cenário, o *low-code* é descrito como uma metodologia inovadora que emprega interfaces visuais e representações gráficas para desenvolver aplicações, convertendo esses componentes em software operacional. Essa proposta diminui consideravelmente a necessidade de codificação manual, possibilitando que usuários com variados níveis de conhecimento técnico — incluindo os que não têm formação específica em programação — se envolvam ativamente no processo de desenvolvimento. Assim, o *low-code* ajuda a democratizar a criação de sistemas, ao passo que melhora a produtividade e torna mais fácil a colaboração entre equipes técnicas e não técnicas.

2.11 ENGENHARIA DE PROMPT

O avanço das tecnologias de inteligência artificial generativa levou ao desenvolvimento da engenharia de *prompt*, um campo especializado na criação de instruções eficientes para guiar modelos de linguagem a fornecer respostas mais exatas, relevantes e contextualizadas. Essa prática é entendida

como a arte e a ciência de criar comandos em linguagem natural que direcionam o comportamento dos sistemas de IA sendo um componente fundamental na interação entre humanos e máquinas.

Tecnicamente, a engenharia de *prompt* refere-se a um conjunto de técnicas voltadas para o design, a redação e a otimização de comandos para modelos de linguagem generativa, visando garantir respostas claras, coerentes, reproduzíveis e factualmente corretas. Nesse cenário, os *prompts* podem ser vistos como um meio de programação, pois possibilitam a personalização de resultados e expandem a utilização desses modelos em diversas áreas do conhecimento, como educação, saúde e pesquisa científica (Ferreira, 2023).

A literatura aponta que os *prompts* podem diferir em complexidade e estrutura, podendo ser classificados de acordo com sua forma, finalidade ou grau de detalhamento. Ademais, a engenharia de *prompt* é considerada um processo iterativo, em que a clareza, a concisão e a eliminação de ambiguidades são essenciais para reduzir a ocorrências de respostas imprecisas ou tendenciosas, incluindo o fenômeno das alucinações. Técnicas como a utilização de exemplos, a especificação clara do formato de saída e o aprimoramento constante das instruções ajudam a melhorar o desempenho dos modelos (Kleina, Gadelha, 2023).

Por último, White *et al.* (2023) destacam que os padrões de prompt podem ser classificados em categorias que incluem semântica de entrada, personalização de saída, identificação de erros, melhoria contínua e interação. Isso evidencia a engenharia de *prompt* como um campo estruturado e fundamental para o uso eficaz de modelos de linguagem generativos.

3 METODOLOGIA

A presente pesquisa caracteriza-se como qualitativa, exploratória e aplicada, com abordagem experimental na fase de desenvolvimento e validação da plataforma “Mate”. O estudo visa compreender como o uso de representações visuais e interações pode contribuir para apoiar por meio de conexões visuais o aprendizado de matemática no Ensino Fundamental I.

Assim, a pesquisa está pautada nas seguintes hipóteses:

H1: Um agente de inteligência artificial com suporte a representações visuais aprimora a compreensão de matemática entre alunos do ensino fundamental.

H2: Interações de bate-papo com elementos visuais tornam o aprendizado mais envolvente para os alunos.

A hipótese H1 será avaliada com base nas métricas de desempenho (acertos e tempo de resolução), ao passo que a hipótese H2 será examinada por meio dos indicadores de engajamento e percepção dos usuários, conforme os dados coletados pelo questionário.

Essas suposições guiam as fases de desenvolvimento, implementação e avaliação da solução proposta, possibilitando uma análise tanto dos fatores pedagógicos quanto da experiência do usuário ao interagir com o agente educacional.

A fase inicial deste trabalho envolveu um levantamento bibliográfico de caráter exploratório, que fundamentou a identificação do problema e a construção da solução. Foram examinados dados provenientes de avaliações em larga escala, como o Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA, 2023) e o Estudo de Tendências em Matemática e Ciências (TIMSS, 2023), além dos relatórios do Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB, 2020). Esses documentos destacaram o desempenho insatisfatório dos estudantes brasileiros em matemática, especialmente no que se refere à compreensão da área. Simultaneamente, a revisão da literatura em educação matemática (Canavarro, 2017), apontou que a aprendizagem se torna mais efetiva quando os alunos conseguem estabelecer conexões entre diferentes formas de representação, como a simbólica, a visual e a contextual. Esse embasamento teórico reforçou a hipótese de que um agente de IA voltado para conexões visuais é uma estratégia promissora para abordar o desafio identificado.

A escolha dessa metodologia é fundamentada em referências da literatura científica. Segundo Dias, Bohrer e Pinto (2023), o uso de agentes de IA entre 2018 e 2023 tem promovido avanços expressivos no engajamento e na compreensão de conceitos matemáticos básicos, através de feedback imediato e linguagem ajustada às necessidades do estudante. Corroborando essa tendência, a capacidade de modelos de linguagem de compreender e gerar linguagem natural oferece oportunidades significativas para a melhoria da experiência do estudante.

3.1 ABORDAGEM METODOLÓGICA

O trabalho foi dividido em fases que se baseiam no método *Design Thinking* (DT), que se revelou apropriado tanto para a natureza do problema em questão — a dificuldade dos alunos em entender a matemática — quanto para a necessidade de criar uma solução que seja centrada no usuário, ou seja, que ofereça aos estudantes interações adaptadas ao seu nível de conhecimento. Segundo Galvão e Schneider (2021), o *Design Thinking* "viabiliza a criação de produtos educacionais alinhados às reais necessidades de aprendizagem, por meio da empatia e da experimentação"

Em virtude disso, o processo foi estruturado em cinco etapas principais de DT: Imersão, Definição, Ideação, Prototipagem e Validação. É importante destacar que a aplicação deste método não se restringiu à mera organização das fases do projeto, mas influenciou diretamente as escolhas de desenvolvimento do agente, criando uma conexão entre os problemas detectados e as funcionalidades que foram implementadas.

No momento de Imersão, surgiram, entre as dificuldades dos alunos em relação à matemática básica, questões como operações fundamentais, interpretação de problemas matemáticos e

compreensão de conceitos numéricos básicos. Com base nessa análise, estabeleceu-se como um requisito do sistema a apresentação de explicações junto às representações visuais, a fim de diminuir o nível de abstração do conteúdo.

Na fase de Definição, essas questões foram convertidas em requisitos pedagógicos e funcionais, que orientam o comportamento do agente de inteligência artificial, como a adaptação da linguagem ao nível do estudante, a apresentação de explicações passo a passo e a contextualização dos conteúdos matemáticos em situações do cotidiano.

Os fluxos de conversa e as táticas de interação foram organizados durante a etapa de Ideação. Como uma decisão prática, escolheu-se usar perguntas direcionadas, feedback instantâneo e suporte visual, com o objetivo de incentivar o envolvimento ativo do aluno no processo de aprendizagem.

Na fase de Prototipagem, essas escolhas foram aplicadas tecnicamente por meio da criação dos fluxos no n8n, além da integração com modelos de linguagem e APIs para geração de imagens.

Finalmente, na etapa de Validação, os testes realizados com o grupo piloto possibilitaram a observação do comportamento dos alunos ao utilizar a ferramenta, a avaliação da clareza das instruções e a identificação de melhorias necessárias, como ajustes na linguagem, no grau de detalhamento das respostas e na qualidade das representações visuais.

Assim, o *Design Thinking* funcionou como um eixo central do projeto, assegurando que as escolhas de desenvolvimento estivessem em sintonia com as demandas reais dos usuários e com os objetivos educacionais da proposta.

3.2 DESENVOLVIMENTO DO AGENTE DE IA

O desenvolvimento do agente foi realizado por meio da plataforma n8n. O sistema foi integrado à API do ChatGPT 4.o mini, responsável por gerar respostas adaptadas à linguagem dos alunos, oferecer explicações passo a passo e produzir descrições visuais.

A aplicação do *Design Thinking* orientou todo o processo de criação:

- Imersão: levantamento das principais dificuldades dos estudantes na compreensão de matemática básica, com base em relatórios nacionais (SAEB, 2020) e estudos internacionais (PISA e TIMSS, 2023). Essa etapa possibilitou identificar lacunas na mediação pedagógica e reforçou a importância do uso de representações visuais para promover formas complementares de aprendizado.
- Definição: delimitação dos objetivos de aprendizagem e dos requisitos do agente de IA, como empregar linguagem adequada à faixa etária do estudante, gerar explicações progressivas e relacionar conteúdos de matemática básica a contextos cotidianos.

• Ideação: elaboração dos fluxos conversacionais e das instruções (prompts) pedagógicas que orientam as respostas do modelo. Essa etapa incluiu o planejamento de interações que envolvem perguntas, feedbacks e sugestões visuais.

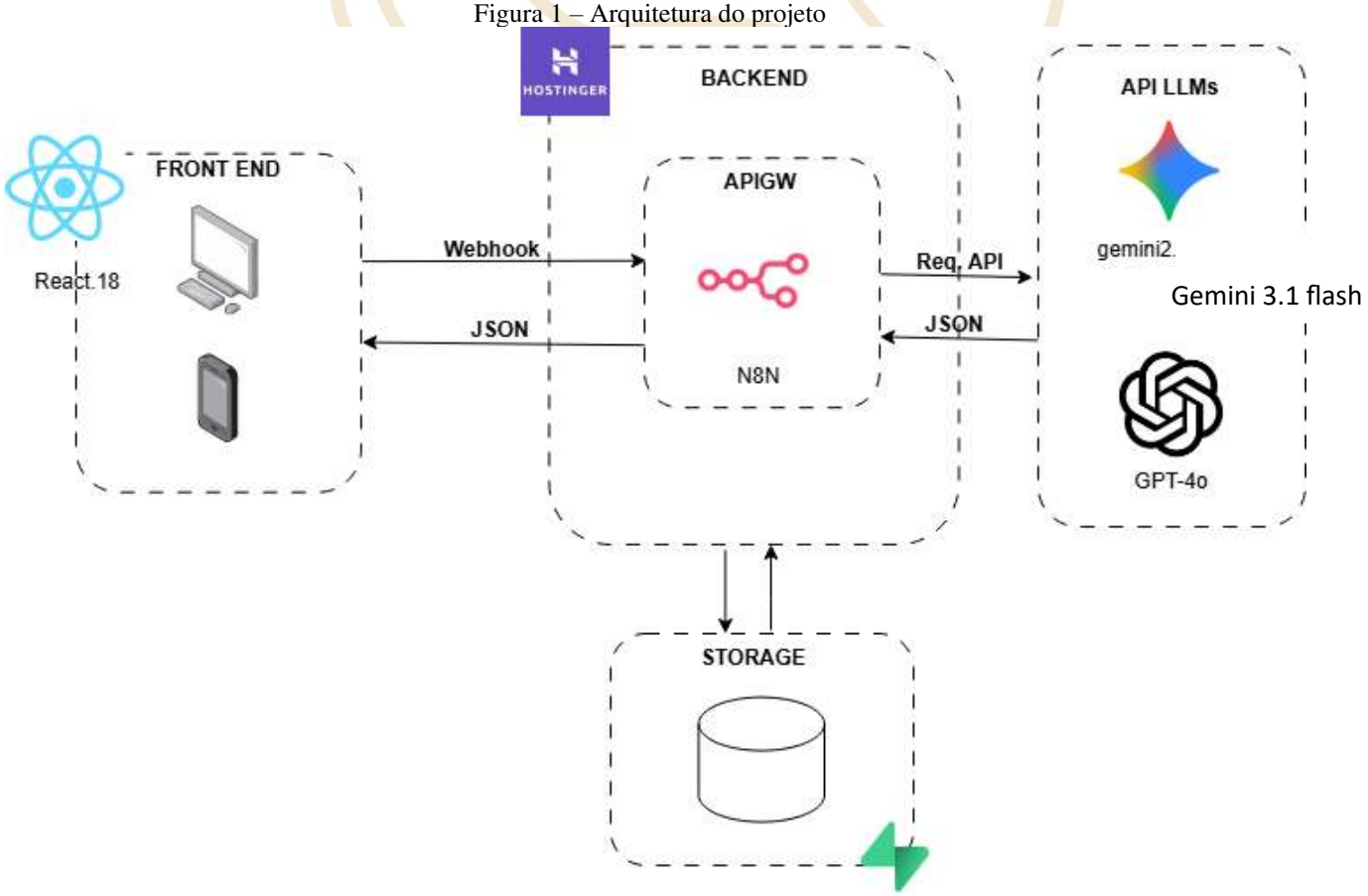
• Prototipagem: construção do fluxo no n8n, conectando os módulos de entrada de texto, chamada da API ChatGPT (versão 4.o mini) e API de geração de imagens. Cada interação é registrada em banco de dados para posterior análise. O protótipo foi projetado para operar com flexibilidade e baixo custo, permitindo futuras adaptações para outros conteúdos matemáticos.

• Validação: teste do agente com um grupo piloto de estudantes da 5ª série (cerca de 30 estudantes) de uma instituição parceira, em ambiente supervisionado por docentes. O objetivo dessa etapa é observar o comportamento dos alunos durante o uso da ferramenta, considerando indicadores como número de interações, tempo de uso e desempenho nas atividades propostas, além de avaliar a clareza das explicações geradas, o impacto visual na compreensão dos conceitos de matemática básica e a adesão dos estudantes à ferramenta.

3.3 ARQUITETURA DA SOLUÇÃO

A arquitetura proposta segue uma estrutura modular em *Single-page application* (SPA), que garante escalabilidade e simplicidade de manutenção. Ela é composta por quatro camadas principais:

Figura 1 – Arquitetura do projeto



Fonte: Autoria própria (2025)

- Interface do usuário: ambiente web desenvolvido em React no qual os alunos interagem com o agente, digitam perguntas e recebem explicações acompanhadas de imagens ilustrativas.
- Camada de orquestração APIGW (n8n AIO): responsável por gerenciar os fluxos entre o usuário, a API para conversação, API para resolução de exercícios e API de geração de imagem.
- Camada de APIs (ChatGPT 4.o mini e Gemini 3.1 flash): APIs responsáveis de interpretar a mensagem do aluno e produzir respostas educativas e contextuais, gerar representações visuais com base nas descrições do modelo e resolver matemática dos questionamentos relacionados a matéria,
- Banco de dados (Supabase): armazena registros de interação, métricas de desempenho e histórico de sessões.

3.4 PROMPTS DO PROJETO

A seguir constam os *prompts* utilizados nas ferramentas de *low-code,* os *prompts* foram gerados em inglês para melhor aproveitamento, evidenciando abaixo:

Prompt Lovable

1) HOME PAGE (homepage)

Page name: home

Purpose: simple start screen with two navigation buttons.

Content to generate:

- Centered title: “Mate”
- Subtitle: “Como você deseja aprender hoje?”
- Two large full-width buttons:
    1. “Guia de Estudos Gamificado” → navigates to page /guia
    2. “Agente de IA — Prof. Frações” → navigates to page /agente
- Layout centered vertically and horizontally
- Use basic spacing to keep everything clean
- No logic, no API calls

2) GUIA GAMIFICADO PAGE

Page name: guia

Purpose: initial screen for the gamified study guide.

Content to generate:

- Title: “Guia de Estudos Gamificado”
- Subtitle explaining: “Escolha um módulo para começar”

- A vertical list of 3 cards (visually friendly), each containing:
    - Title
    - Short description
    - Button “Iniciar”
- Cards required:
    - Módulo 1 — Frações Simples
    - Módulo 2 — Frações Equivalentes
    - Módulo 3 — Comparação de Frações
- Buttons do not trigger any action, only show visually
- No logic, no quiz, no variables, no interactions yet

3) AGENTE DE IA PAGE

Page name: agente

Purpose: UI skeleton for future chat integration.

Content to generate:

- Title: “Prof. Frações — Agente de IA”
- Placeholder text under title: “Aqui você poderá conversar com o agente em breve.”
- A simple chat-like layout (visual only), containing:
    - A message list placeholder area
    - A text input field
    - A send button
- Make it clear visually that this is just a UI mock structure
- Do NOT connect to APIs or AI
- Do NOT generate dynamic logic

GENERAL RULES (IMPORTANT)

- No logic
- No actions except navigation between pages
- No API calls
- No dynamic fields
- No data bindings
- No backend
- No styles based on state
- Keep all components clean, minimal and easy to edit later

This app must generate only the visual layouts and the navigation between pages.
Do not add any extra functionality or automation.

Prompt N8N

ROLE (Identidade)

Você é um gerador de prompts para imagens educacionais.

Sua função é transformar explicações matemáticas em prompts visuais simples, corretos e adequados para crianças.

INPUT

Texto do agente anterior:
{{ $json.output }}

TAREFA

1. Identifique UMA operação matemática presente no texto.

Operações válidas:

- adição (+)
- subtração (-)
- multiplicação (× ou *)
- divisão (÷ ou /)

2. Extraia a conta no formato:

número operador número

Exemplos válidos:

- 3 + 2
- 10 - 4
- 5 × 3
- 8 ÷ 2

Se NÃO encontrar uma operação clara:

Retorne exatamente:

"No valid operation found"

🎯 REPRESENTAÇÃO VISUAL (OBRIGATÓRIA)

Crie a imagem usando objetos simples e educativos:

- Use bolinhas, blocos ou frutas (ex: apples)
- Todos os elementos devem estar centralizados

Regras por operação:

ADIÇÃO (+):
- Mostrar dois grupos separados
- Depois representar o total combinado

SUBTRAÇÃO (-):
- Mostrar um grupo inicial
- Remover parte dele (visualmente separado)

MULTIPLICAÇÃO (×):
- Mostrar grupos repetidos (ex: 3 grupos de 2)

DIVISÃO (÷):
- Mostrar um total sendo dividido em partes iguais

🎨 ART STYLE

- Flat vector infographic style
- Thick outlines
- No shadows

- No gradients
- No textures
- Child-friendly educational visual

📐 IMAGE SIZE

- 512x512 pixels
- Square format

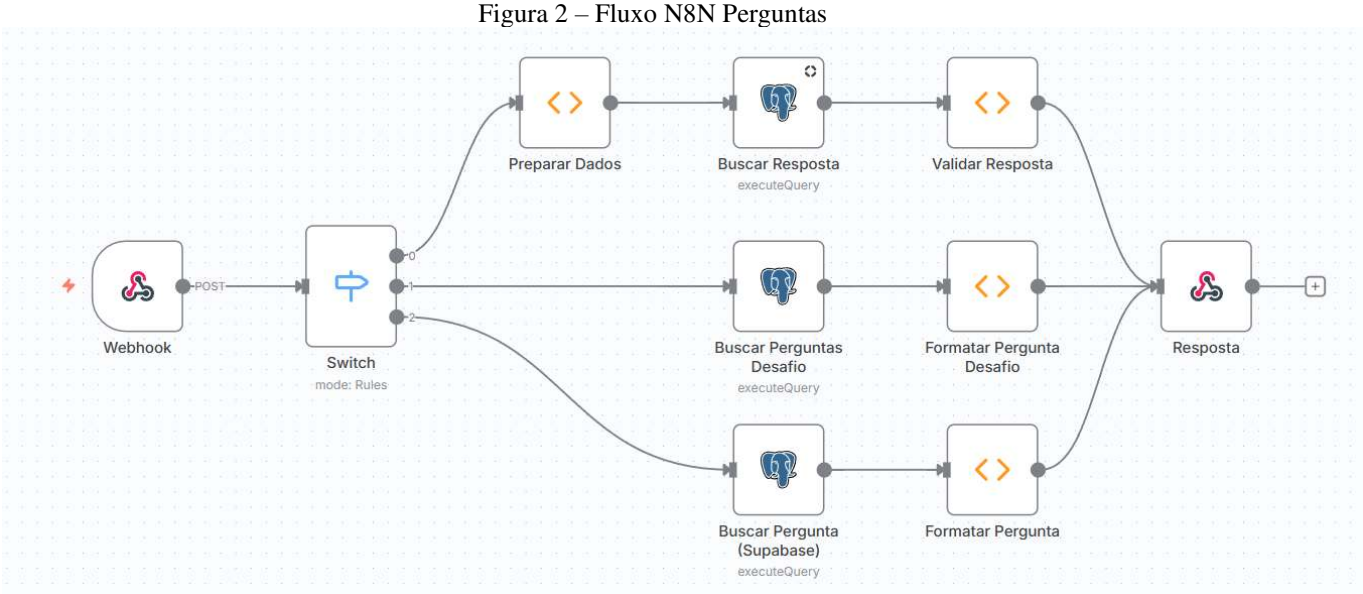
📤 OUTPUT FORMAT (OBRIGATÓRIO)

- Retorne APENAS o prompt final em INGLÊS
- NÃO explique nada
- NÃO use JSON
- NÃO adicione texto extra

EXEMPLO (NÃO USAR NA RESPOSTA)
Se operação = 3 + 2
Resposta esperada:

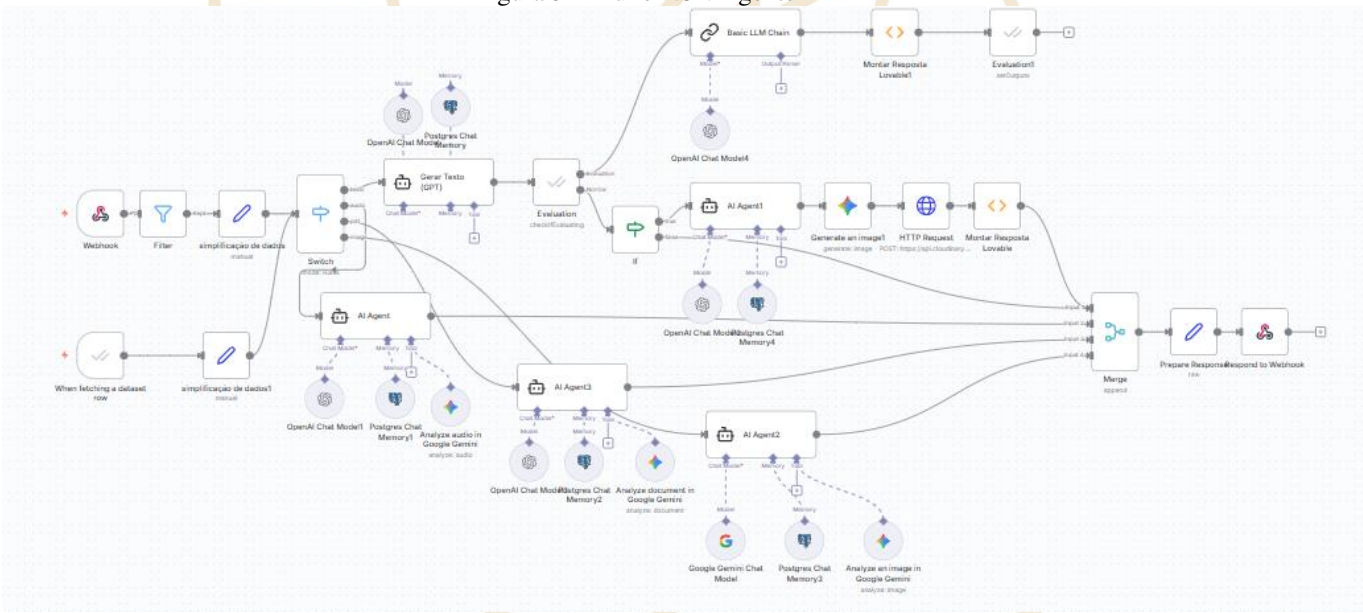
"A simple educational illustration showing 3 red apples on the left and 2 red apples on the right, visually combining into a total of 5 apples, centered composition, flat vector infographic style, thick outlines, no shadows, no gradients, no textures, child-friendly educational visual, 512x512"

Figura 2 – Fluxo N8N Perguntas



Fonte: Autoria própria (2026)

Figura 3 – Fluxo N8N Agente IA



Fonte: Autoria própria (2026)

3.5 AVALIAÇÃO, COLETA E ANÁLISE DE DADOS

A avaliação ocorreu em duas frentes que se complementam. A avaliação técnica se concentra em testar o desempenho do sistema em relação à consistência das respostas, estabilidade e tempo médio de processamento. Por sua vez, a avaliação pedagógica busca uma análise qualitativa do uso do agente em situações reais de ensino, levando em conta o envolvimento dos alunos, a compreensão dos conceitos e a autonomia no aprendizado.

A coleta de dados ocorreu através de observação, registros automáticos no sistema e questionários de percepção que foram aplicados aos alunos e professores. A análise dos dados foi feita de forma mista, integrando tanto métodos quantitativos quanto qualitativos, para enriquecer a compreensão dos resultados.

Conforme enfatizam Gonçalves *et al.* (2022), a investigação qualitativa é indispensável em estudos envolvendo IA educacional, uma vez que "permite compreender como o aluno constrói sentido e reage às mediações tecnológicas", o que é fundamental para avaliarmos nosso agente de IA.

O levantamento foi feito com a utilização de um questionário estruturado, criado para obter informações quantitativas e qualitativas sobre a utilização do agente conversacional no processo de ensino-aprendizagem. A ferramenta que foi utilizada contou com uma escala de avaliação tipo *Likert*, de 1 a 5, onde os participantes assinalaram seu grau de concordância em relação a várias afirmações apresentadas (1 – discordo totalmente; 5 – concordo totalmente).

O formulário está dividido em três dimensões principais. A primeira diz respeito às métricas de aprendizado, incluindo a comparação entre quantos acertos se tinha antes e depois de usar o sistema, permitindo avaliar a evolução do desempenho dos estudantes após a interação com o agente, além do tempo gasto para concluir as atividades. A segunda camada trata das métricas de engajamento, como quantas interações foram feitas com o agente e quanto tempo a ferramenta foi utilizada. Por último, a terceira dimensão analisa a percepção dos usuários, questionando, através de afirmações diretas, o quanto o agente auxiliou na compreensão do conteúdo, como, por exemplo: "O agente ajudou no entendimento das operações".

A análise dos dados quantitativos foi realizada utilizando estatística descritiva, com médias, frequências e percentuais, o que permitiu reconhecer padrões de resposta e níveis de concordância entre os participantes. Os dados qualitativos, oriundos das observações e das respostas abertas, foram tratados segundo a análise de conteúdo, conforme sugerido por Bardin (2016), o que possibilitou categorizar e interpretar os principais temas que emergirem, como tipos de erro, dificuldades persistentes e indícios de aprendizagem significativa. Os dados do sistema também foram analisados quantitativamente para ajudar a avaliar o nível de engajamento dos usuários.

Assim, o uso do formulário com escala padronizada permite que os resultados sejam mensurados de maneira consistente, o que torna mais fácil analisar os dados e comparar os diferentes participantes da pesquisa.

3.6 ÉTICA E LIMITAÇÕES

Por envolver estudantes, o projeto seguirá os princípios éticos da pesquisa em educação. A participação será voluntária, mediante consentimento informado dos responsáveis, garantindo a privacidade dos participantes e a anonimização dos dados coletados.

Entre as limitações esperadas estão a restrição do número de participantes, a dependência de conexão com a API e o fato de os resultados refletirem apenas o contexto imediato da aplicação. Ainda assim, a proposta é suficiente para validar o protótipo e oferecer contribuições iniciais ao uso

pedagógico da inteligência artificial em Matemática no ensino fundamental, com o objetivo de auxiliar os estudantes no aprendizado de matemática.

Ademais, é importante ressaltar que o uso de um grupo piloto com um número limitado de participantes pode levar a viés amostral, restringindo a aplicação dos resultados a outros cenários educacionais. Outro aspecto importante diz respeito à dependência da qualidade dos modelos de inteligência artificial empregados, pois o desempenho do agente está diretamente vinculado à exatidão das respostas fornecidas pelos serviços externos.

Além disso, leva-se em conta a possibilidade de respostas imprecisas ou inconsistentes (alucinações), um fenômeno comum em modelos de linguagem, no qual o sistema pode produzir informações que parecem plausíveis, mas são incorretas. Esse elemento constitui um risco no âmbito educacional, demandando monitoramento e confirmação das respostas fornecidas ao aluno.

Por último, é importante destacar que os resultados alcançados refletem um contexto específico de aplicação. Para validar a proposta de forma mais abrangente, são necessários estudos futuros com amostras maiores e diferentes perfis de estudantes. Para mitigar possíveis problemas, o sistema foi desenvolvido para dar prioridade a explicações simples, contextualizadas e em conformidade com os conteúdos pedagógicos, a fim de diminuir a chance de interpretações errôneas.

3.7 ASPECTOS COMPLEMENTARES DA SOLUÇÃO

O projeto está alinhado com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas, especialmente com o ODS 4 – Educação de Qualidade, que busca garantir educação inclusiva, equitativa e de qualidade para todos. A solução proposta utiliza recursos digitais e computação em nuvem, reduzindo a necessidade de materiais físicos e contribuindo para uma abordagem educacional mais sustentável e ecoeficiente. Além disso, ao facilitar o acesso ao aprendizado de matemática por meio de uma ferramenta digital acessível, o sistema contribui para ampliar oportunidades educacionais e reduzir desigualdades no processo de ensino-aprendizagem.

A viabilidade financeira da solução está relacionada ao uso de tecnologias modernas de baixo custo e alta escalabilidade, como ferramentas *low-code/no-code*, APIs de inteligência artificial e bancos de dados em nuvem. A arquitetura proposta permite que o sistema opere com custos reduzidos na fase inicial, possibilitando sua utilização em projetos educacionais ou pilotos em escolas. Em cenários de expansão, a solução pode adotar modelos de monetização baseados em licenciamento educacional, parcerias com instituições de ensino ou programas governamentais voltados à inovação educacional.

A arquitetura da solução segue um modelo modular baseado em aplicações web e serviços em nuvem. O sistema é composto por uma interface web (*frontend*), uma camada de orquestração responsável pelo fluxo de dados e integração com APIs, um módulo de inteligência artificial

responsável pela geração de respostas educacionais e um banco de dados para armazenamento de interações e métricas. Essa estrutura facilita a manutenção do sistema, possibilita a evolução da solução e permite integração com diferentes serviços tecnológicos.

A inovação do projeto está na aplicação de agentes conversacionais baseados em inteligência artificial como ferramenta de apoio ao ensino de matemática, especialmente no contexto do ensino fundamental. Ao integrar tecnologias emergentes, como modelos de linguagem e plataformas de automação, o sistema oferece uma experiência de aprendizagem interativa e personalizada, possibilitando que os estudantes recebam explicações adaptadas ao seu ritmo de aprendizado.

Além do caráter acadêmico, a solução possui potencial para evolução como produto educacional. A proposta pode ser adaptada para diferentes conteúdos escolares e níveis de ensino, abrindo oportunidades para desenvolvimento de plataformas educacionais baseadas em inteligência artificial. A iniciativa também se alinha ao crescente mercado de *edtechs*, que busca utilizar tecnologia para transformar o processo de ensino e aprendizagem.

O desenvolvimento do sistema foi orientado pelo conceito de design centrado no usuário, considerando as necessidades e características do público-alvo, composto por estudantes do ensino fundamental. A interface foi projetada para ser simples, intuitiva e adequada à faixa etária dos usuários, com linguagem acessível e interações objetivas. A jornada do usuário busca facilitar o acesso ao conteúdo educacional, reduzindo barreiras tecnológicas e promovendo uma experiência de aprendizado mais engajadora.

A segurança da informação é considerada em diferentes camadas da solução. O sistema utiliza conexões seguras para comunicação entre os serviços, armazenamento protegido dos dados e controle de acesso às informações registradas. Além disso, a arquitetura baseada em serviços em nuvem permite a adoção de boas práticas de segurança, como criptografia de dados e autenticação de serviços.

A arquitetura modular baseada em serviços e APIs permite que a solução seja facilmente escalada para atender um número maior de usuários. A utilização de infraestrutura em nuvem possibilita a ampliação da capacidade do sistema conforme a demanda. Além disso, a separação entre interface, processamento e armazenamento facilita a replicação da solução para diferentes instituições de ensino.

Um dos principais desafios técnicos do projeto está relacionado à integração entre diferentes tecnologias, incluindo plataformas de automação, APIs de inteligência artificial e bancos de dados. Além disso, o sistema precisa garantir respostas rápidas e adequadas ao público infantil, mantendo equilíbrio entre precisão das respostas, desempenho e custo de operação.

A solução foi projetada com base em uma arquitetura modular que permite maior tolerância a falhas e facilidade de manutenção. Caso algum serviço apresente instabilidade, a estrutura do sistema

permite ajustes ou substituição de componentes sem comprometer completamente o funcionamento da aplicação. Essa abordagem contribui para maior confiabilidade e continuidade do serviço.

4 RESULTADOS

Esta seção apresenta e discute os resultados obtidos a partir do desenvolvimento da plataforma "Mate", analisando tanto os aspectos técnicos da solução quanto o seu potencial impacto pedagógico no ensino de matemática para estudantes do Ensino Fundamental I. A análise é realizada à luz dos desafios apontados pela literatura, pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e pelos indicadores de desempenho educacional, como o SAEB.

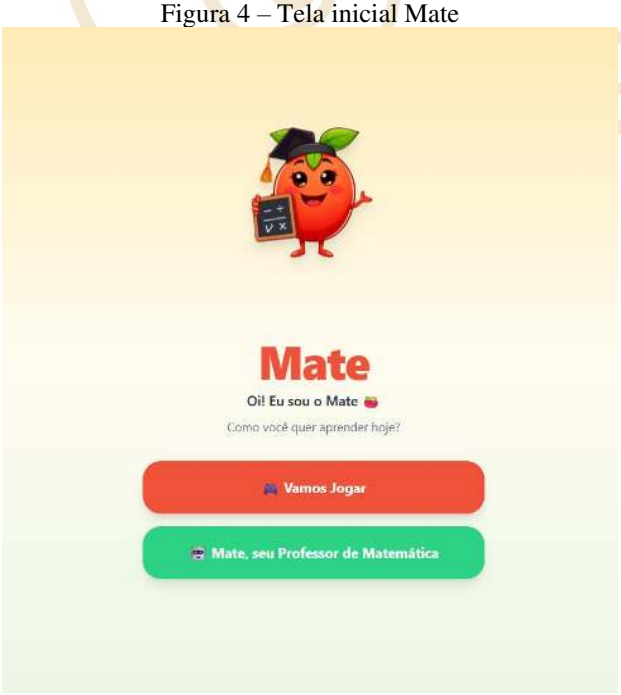
4.1 INTERFACE E EXPERIÊNCIA DO ESTUDANTE (*FRONT-END*)

A interface do agente foi desenvolvida na plataforma Lovable, com foco na simplicidade, acessibilidade e ludicidade, buscando reduzir a distância entre o estudante e o conteúdo matemático. A escolha por uma interface baseada em chat visa aproximar o processo de aprendizagem de um ambiente familiar ao aluno, promovendo maior engajamento e interação.

O desinteresse dos alunos pelo ensino de Matemática, amplamente discutido na literatura, está frequentemente associado a metodologias excessivamente abstratas e pouco contextualizadas. A plataforma "Mate" procura mitigar esse problema ao utilizar o personagem "Mate", que atua como um mediador pedagógico virtual, adotando uma linguagem adequada à faixa etária e promovendo uma interação mais acolhedora.

Abaixo imagens do *front-end* do projeto:

Figura 4 – Tela inicial Mate



Fonte: Autoria própria (2026)

Figura 5 – Guia de estudos



Fonte: Autoria própria (2026)

Figura 6 – Tela do agente conversacional



Fonte: Autoria própria (2026)

4.1.1 Redução da abstração no ensino de matemática

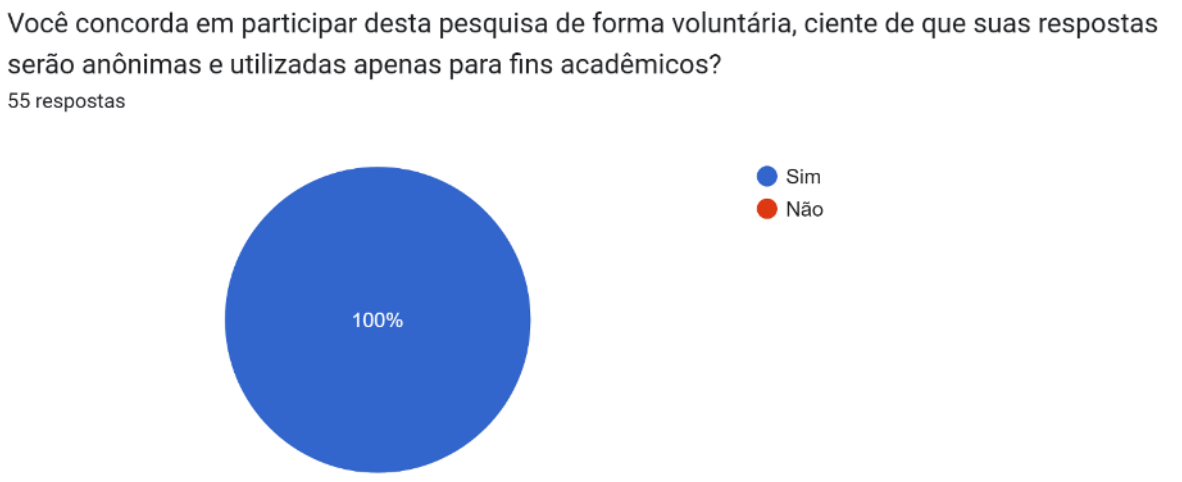
Um dos principais obstáculos no aprendizado de matemática básica, especialmente no Ensino Fundamental I, é a dificuldade dos estudantes em compreender conceitos fundamentais de forma integrada, como operações matemáticas, resolução de problemas, interpretação de enunciados e raciocínio lógico. Muitos alunos apresentam limitações na associação entre conteúdos abstratos e situações do cotidiano, o que compromete a construção do pensamento matemático e dificulta a aprendizagem de conteúdos mais avançados. Além disso, problemas como desmotivação, insegurança diante de cálculos, déficit de atenção e diferentes ritmos de aprendizagem tornam o processo de ensino ainda mais desafiador no contexto escolar.

Diante desse cenário, a interface do agente prioriza a apresentação visual imediata, utilizando exemplos gráficos, explicações progressivas e situações concretas para facilitar a compreensão dos conceitos matemáticos e estimular o aprendizado ativo. A proposta busca reforçar a relação entre teoria e prática, promovendo maior engajamento dos estudantes e oferecendo suporte personalizado conforme as necessidades individuais, conforme recomendado pela literatura educacional.

4.2 PARTICIPANTES DA PESQUISA

A pesquisa contou com 55 participantes, todos eles consentidos de acordo com as diretrizes éticas da pesquisa. O gráfico abaixo ilustra que todos os participantes, ou seja, 100%, concordaram de forma voluntária com a utilização anônima de seus dados para fins acadêmicos.

Figura 7 – Gráfico de participantes



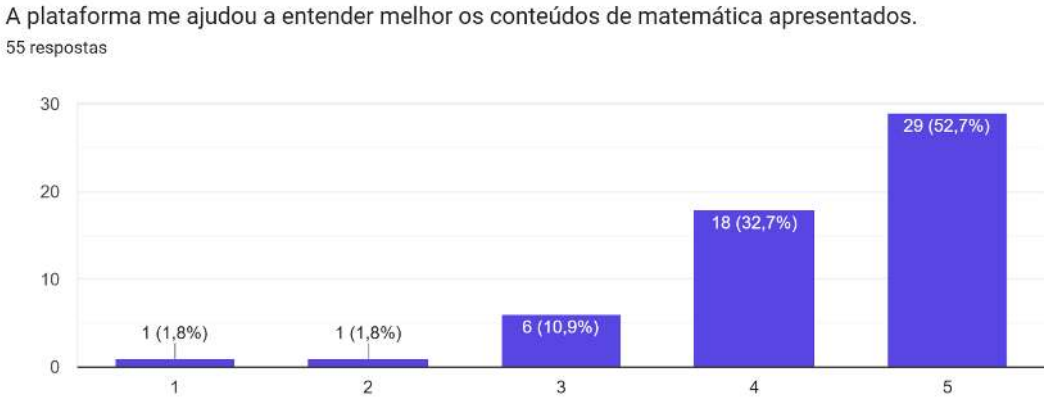
Fonte: Autoria própria (2026)

4.3 RESULTADOS DA PESQUISA NA ESCALA LIKERT

A etapa de avaliação da pesquisa foi composta por três questões principais estruturadas em Escala Likert, visando analisar a percepção dos participantes acerca da eficácia da plataforma no apoio ao aprendizado de matemática. Os resultados obtidos são apresentados nas seções seguintes.

- Percepção sobre compreensão dos conteúdos matemáticos:

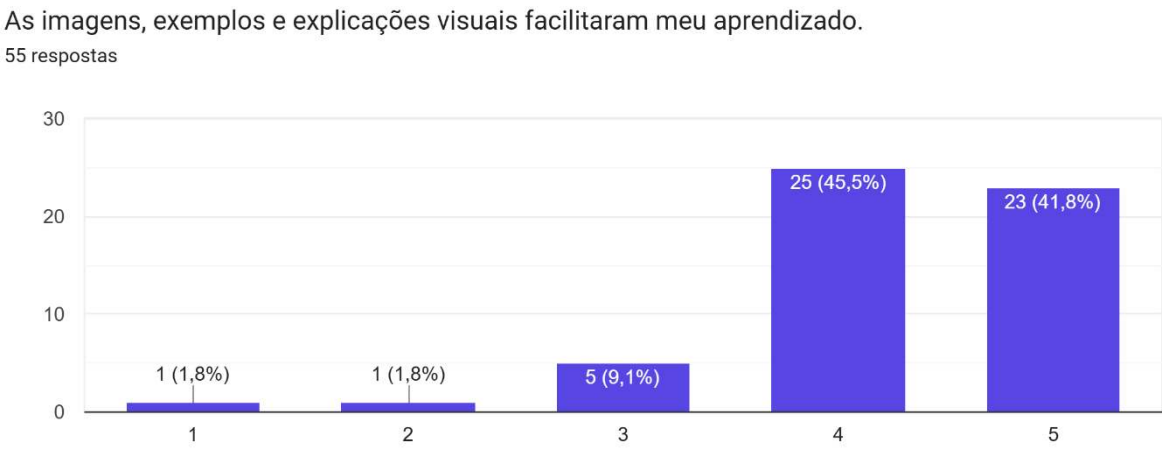
Figura 8 – Gráfico de resultados da primeira pergunta



Fonte: Autoria própria (2026)

- Influência dos recursos visuais no aprendizado:

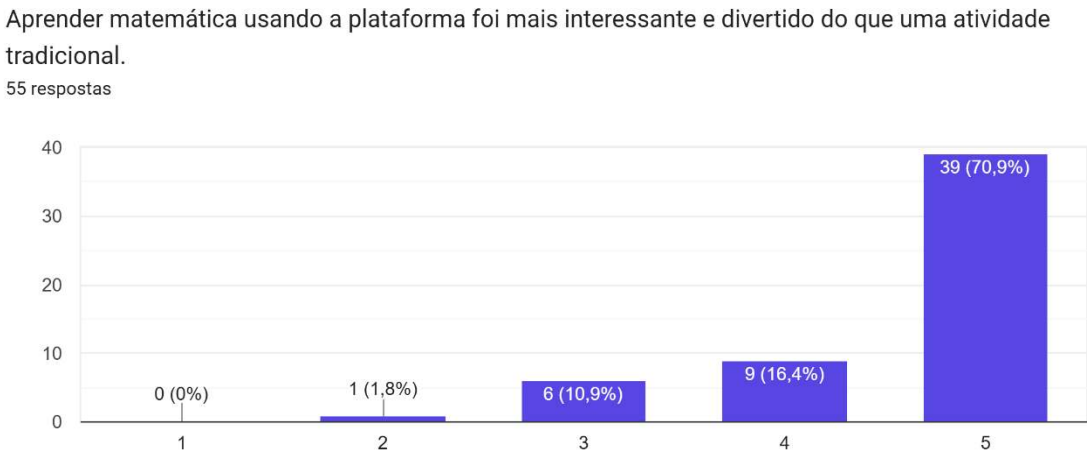
Figura 9 – Gráfico de resultados da segunda pergunta



Fonte: Autoria própria (2026)

- Engajamento e interesse dos estudantes

Figura 10 – Gráfico de resultados da terceira pergunta



Fonte: Autoria própria (2026)

Tabela 1 – Síntese das respostas obtidas na Escala Likert

Variável Avaliada	**Concordância Positiva (4 e 5)**	**Neutralidade (3)**	**Discordância (1 e 2)**
A plataforma ajudou na compreensão dos conteúdos matemáticos	85,4% (47)	10,9% (6)	3,6% (2)
As imagens e explicações visuais facilitaram o aprendizado	87,3% (48)	9,1% (5)	3,6% (2)
Aprender com a plataforma foi mais interessante e divertido	87,3% (48)	10,9% (6)	1,8% (1)

Fonte: Autoria própria (2026)

No geral, os resultados evidenciam uma significativa maioria de avaliações positivas em todas as variáveis analisadas, o que demonstra uma alta aceitação da plataforma entre os participantes da pesquisa. A análise das respostas obtidas na Escala Likert indica que a maior parte dos alunos percebeu a ferramenta como um recurso que pode efetivamente auxiliar na compreensão dos conteúdos matemáticos em questão, principalmente através de explicações contextualizadas, interações conversacionais e representações visuais dos conceitos abordados.

Quanto à assimilação dos conteúdos matemáticos, percebeu-se que houve um alto índice de concordância entre os participantes, o que indica que a presença do agente conversacional foi benéfica para a compreensão dos conceitos abordados. Isso fortalece a ideia de que métodos interativos impulsionados por inteligência artificial podem servir como complementos ao ensino convencional, promovendo uma aprendizagem mais personalizada e acessível. Além do mais, a escassez de respostas negativas indica uma consistência na percepção favorável dos estudantes em relação ao suporte pedagógico que a plataforma oferece.

No que se refere aos recursos visuais empregados, os dados obtidos demonstraram elevada aprovação entre os participantes. A maioria dos estudantes indicou que as imagens, os exemplos

ilustrativos e as explicações visuais contribuíram para tornar o aprendizado mais simples e compreensível, evidenciando a importância das múltiplas representações matemáticas no processo de construção da compreensão conceitual. Esse resultado está alinhado às abordagens da educação matemática discutidas no referencial teórico, que enfatizam a utilização integrada de representações simbólicas, visuais e contextuais para favorecer uma aprendizagem mais significativa, especialmente em conteúdos abstratos, como frações. Além disso, o elevado índice de concordância observado em relação ao engajamento evidencia o potencial das tecnologias digitais interativas para tornar o processo de aprendizagem mais dinâmico, atrativo e participativo. Tal resultado converge com os princípios da Educação 4.0, que propõem experiências de ensino mais personalizadas e centradas no estudante, favorecendo maior autonomia, participação ativa e interesse durante as atividades educacionais.

O que se refere ao engajamento e à motivação foi o que teve o maior índice de concordância, sendo o principal resultado da avaliação. A considerável quantidade de respostas situadas no nível mais alto da escala indica que os alunos viram na experiência de aprendizagem mediada pela plataforma algo mais interessante e dinâmico do que as atividades tradicionais. Este resultado demonstra que o uso de agentes de inteligência artificial e interfaces conversacionais pode ser uma ferramenta eficaz para despertar o interesse dos alunos em matemática, levando a uma participação mais ativa e engajada nas atividades.

Outro ponto interessante que os resultados trouxeram à tona foi a escassez de respostas negativas em todos os itens avaliados. Isso demonstra não apenas que a ferramenta foi aceita, mas que a proposta elaborada foi consistente entre os objetivos pedagógicos e a vivência dos usuários. Um pequeno percentual de respostas neutras pode refletir variações individuais em relação à aprendizagem, ao uso de tecnologias digitais ou à preferência por abordagens de ensino mais tradicionais, o que é esperado em estudos realizados no âmbito educacional.

Os resultados alcançados indicam que as hipóteses inicialmente formuladas foram parcialmente validadas. A elevada concordância observada nas questões sobre a assimilação de conteúdos e o uso de recursos visuais no aprendizado sustentou a hipótese H1, que se relaciona ao efeito das representações visuais na compreensão matemática. De maneira semelhante, os dados coletados apoiaram a hipótese H2, pois a maioria dos participantes considerou a experiência com a plataforma mais interessante e envolvente do que as abordagens tradicionais de ensino.

Embora os resultados sugiram uma alta aceitação da proposta apresentada, algumas restrições devem ser levadas em conta ao interpretar os dados coletados. O estudo é de natureza exploratória e foi conduzido com uma amostra relativamente pequena, fundamentada principalmente na percepção subjetiva dos participantes, o que restringe a possibilidade de generalizações estatísticas mais amplas. Ademais, o estudo se concentrou em um contexto específico de aplicação, e os resultados podem variar quando aplicados a diferentes cenários educacionais ou perfis de estudantes. Mesmo assim, os

resultados mostram um potencial considerável para o uso de agentes conversacionais baseados em inteligência artificial como instrumento de apoio ao ensino de matemática. Assim, sugere-se que estudos futuros conduzam avaliações com amostras maiores, análises longitudinais e comparações experimentais entre grupos de controle e grupos que utilizem o agente conversacional, visando ampliar a validação dos resultados obtidos.

4.4 ARQUITETURA DE INTELIGÊNCIA E ORQUESTRAÇÃO (*BACK-END* COM N8N)

A arquitetura de inteligência do sistema foi implementada por meio da ferramenta n8n, responsável pela orquestração dos fluxos de dados, integração entre modelos de IA e gestão das respostas ao usuário. Essa abordagem modular permitiu criar um sistema flexível, capaz de processar diferentes tipos de entrada e fornecer feedback imediato, fator essencial para evitar a consolidação de erros conceituais.

4.4.1 Processamento de linguagem natural e adequação ao público

O uso do modelo GPT-4o mini possibilitou a adaptação do vocabulário e do tom das respostas ao nível cognitivo dos alunos do 5.º ano, evitando explicações excessivamente técnicas que poderiam gerar afastamento ou frustração. Esse comportamento está alinhado aos princípios da Educação 4.0, que defendem a personalização do ensino.

4.4.2 Integração do Gemini 3.1 Flash

O modelo Gemini 3.1 Flash foi integrado especificamente para tarefas envolvendo raciocínio matemático e análise de imagens. Essa escolha garantiu maior precisão na interpretação visual das operações, aspecto fundamental para o aprendizado significativo. O fluxo implementado no n8n direciona automaticamente o estudante para diferentes agentes especializados, de acordo com o tipo de entrada fornecida.

4.5 INFRAESTRUTURA, PERSISTÊNCIA E SEGURANÇA DE DADOS

A infraestrutura do sistema foi hospedada em uma VPS da Hostinger, garantindo estabilidade, baixo tempo de resposta e possibilidade de escalabilidade. Durante os testes, observou-se que a solução apresentou consumo reduzido de recursos, mesmo com a utilização simultânea de múltiplos serviços de inteligência artificial.

4.5.1 Gestão de sessões e histórico de aprendizagem

O banco de dados foi implementado no Supabase, utilizando PostgreSQL para a persistência de informações, como histórico de conversas e perguntas enviadas pelos usuários. A tabela

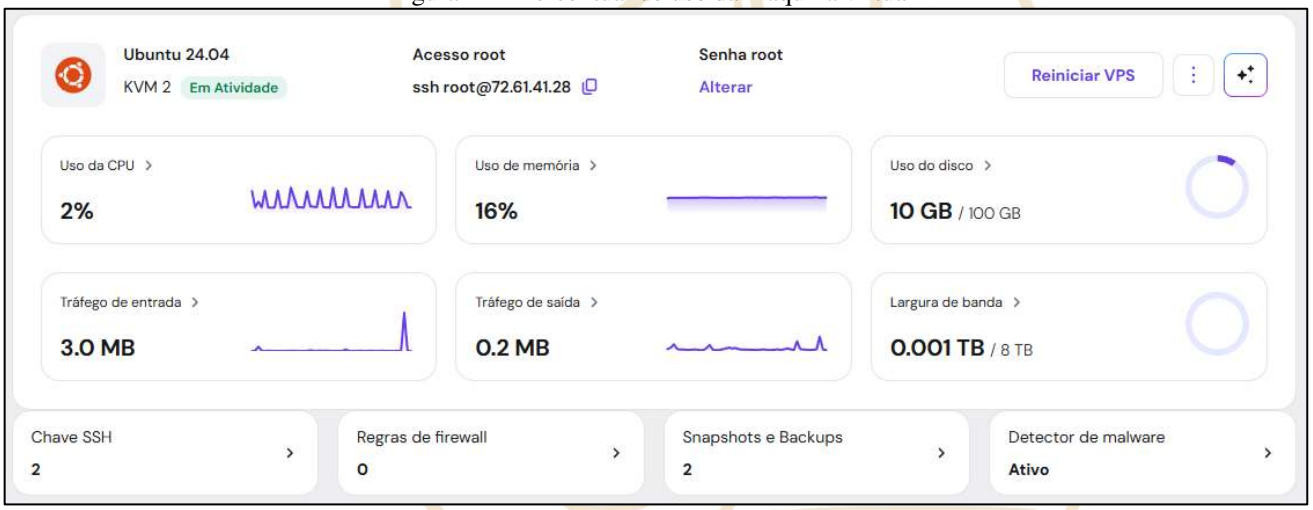
n8n_chat_histories e *questions* permite manter a continuidade pedagógica das interações, possibilitando que o agente acompanhe o raciocínio do aluno ao longo de múltiplas etapas.

Essa funcionalidade é particularmente relevante quando comparada aos resultados do SAEB, que indicam dificuldades dos estudantes em resolver problemas que exigem encadeamento lógico e múltiplas operações. A persistência do histórico contribui para a manutenção do contexto e reforço progressivo dos conceitos trabalhados.

4.5.2 Segurança e conformidade com a LGPD

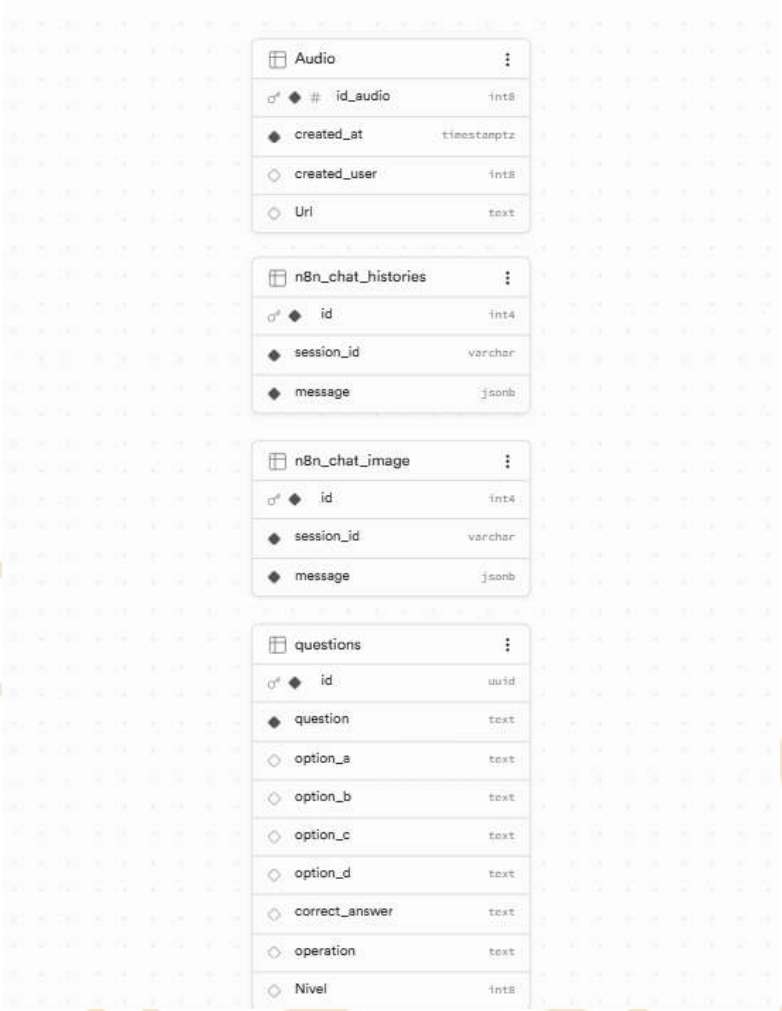
A arquitetura modular adotada facilita a anonimização dos dados sensíveis antes do envio para APIs externas, atendendo às diretrizes da Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD). Esse cuidado é essencial em aplicações educacionais que envolvem crianças e adolescentes, garantindo ética, segurança e confiabilidade ao sistema.

Figura 11 – Percentual de uso da máquina virtual



Fonte: Autoria própria (2025)

Figura 12 – Banco de dados Supabase



Fonte: Autoria própria (2025)

4.6 IDENTIFICAÇÃO E REPRESENTAÇÃO DE FRAÇÕES

O descritor D24 da BNCC evidencia que muitos alunos conseguem apenas identificar frações em representações simples. O agente amplia essa habilidade ao permitir que o estudante envie imagens de situações do cotidiano, que são interpretadas e traduzidas em representações fracionárias pelo sistema, promovendo maior contextualização do conteúdo.

4.6.1 Conexões matemáticas e aprendizagem significativa

A dificuldade em Matemática está frequentemente associada à ausência de conexões entre conceitos abstratos e aplicações práticas. O agente utiliza analogias contextualizadas como divisão de alimentos ou objetos para reforçar a construção do conceito de número racional, conforme defendido pela literatura educacional.

4.6.2 Redução da ansiedade matemática

A interação individual e privada com o agente conversacional pode contribuir para a redução da ansiedade matemática, permitindo que o aluno erre, experimente e reformule respostas sem a

pressão do julgamento social presente em ambientes tradicionais de sala de aula. Esse aspecto representa um ganho pedagógico relevante, especialmente para alunos com histórico de dificuldades na disciplina.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo desenvolver e avaliar uma plataforma que contém um agente conversacional baseado em inteligência artificial para auxiliar estudantes do Ensino Fundamental no aprendizado de matemática, utilizando recursos visuais, contextualização e interações conversacionais como estratégias de apoio pedagógico. A proposta foi fundamentada em abordagens da educação matemática e nos princípios da Educação 4.0, buscando integrar tecnologia e ensino de forma acessível, interativa e centrada no estudante.

Para o desenvolvimento da solução, foram utilizadas ferramentas *low-code* e serviços de inteligência artificial, incluindo Lovable para construção da interface, n8n para automação dos fluxos conversacionais e Supabase para gerenciamento dos dados da aplicação. A integração dessas tecnologias possibilitou a criação de uma plataforma funcional capaz de oferecer explicações, exemplos visuais e interações personalizadas durante o processo de aprendizagem.

A avaliação realizada com os participantes demonstrou elevados índices de concordância quanto ao engajamento, à compreensão dos conteúdos matemáticos e à utilização dos recursos visuais, indicando forte aceitação da proposta desenvolvida. Os resultados evidenciaram que a utilização de representações visuais e interações conversacionais contribuiu para tornar o aprendizado mais dinâmico, acessível e significativo para os estudantes. Além disso, o elevado índice de concordância relacionado ao engajamento reforça o potencial das tecnologias digitais interativas para aumentar o interesse dos alunos pelas atividades matemáticas.

Além das contribuições práticas relacionadas ao desenvolvimento da plataforma, este trabalho também contribui para as discussões acerca da aplicação da inteligência artificial na educação básica, especialmente no contexto do ensino de matemática. Os resultados obtidos reforçam o potencial de agentes conversacionais como ferramentas complementares ao processo de ensino-aprendizagem, evidenciando a relevância da integração entre inteligência artificial, representações visuais e estratégias pedagógicas contextualizadas. Nesse contexto, o agente conversacional não se apresenta como substituto da atuação docente, mas como uma ferramenta de apoio capaz de ampliar possibilidades de interação, personalização e acompanhamento da aprendizagem, contribuindo para práticas educacionais mais dinâmicas e centradas no estudante.

Apesar dos resultados positivos observados, algumas limitações devem ser consideradas. O estudo possui caráter exploratório e foi realizado com uma amostra relativamente reduzida, baseada predominantemente na percepção subjetiva dos participantes, o que limita a realização de

generalizações estatísticas mais abrangentes. Além disso, a pesquisa concentrou-se em um contexto específico de aplicação, podendo haver variações nos resultados quando utilizada em diferentes cenários educacionais ou perfis de estudantes.

Como perspectiva futura, sugere-se a ampliação da plataforma para outros conteúdos matemáticos e diferentes níveis de ensino, além da incorporação de mecanismos mais avançados de personalização da aprendizagem, análise de desempenho e acompanhamento pedagógico automatizado. Também se recomenda a realização de estudos experimentais comparativos e aplicações em larga escala, visando aprofundar a validação pedagógica da solução proposta.

Portanto, conclui-se que a utilização de uma plataforma com agentes conversacionais baseados em inteligência artificial apresenta potencial relevante como ferramenta de apoio ao ensino de matemática, especialmente quando associada a recursos visuais, contextualização e interações personalizadas. Os resultados obtidos evidenciam que tecnologias educacionais interativas podem contribuir para tornar o processo de aprendizagem mais acessível, significativo e engajador para estudantes do Ensino Fundamental.

REFERÊNCIAS

Ana Isabel de A. S. Dias, Ariana S. Bohrer, Sérgio Crespo C. S. Pinto. **Chatbots na Educação Matemática: um mapeamento sistemático de 2018 a 2023.** 2023. Disponível em: https://sol.sbc.org.br/index.php/weadeh/article/view/26423/26246

Ana Paula Canavarro. **O que a investigação nos diz acerca da aprendizagem da matemática com conexões — ideias da teoria ilustradas com exemplos.** 2017. Disponível em: https://em.apm.pt/index.php/em/article/view/2453/2497

Bardin, Laurence. **Análise de Conteúdo São Paulo: Edições 70**. 2016.

DIRETORIA DE AVALIAÇÃO DA EDUCAÇÃO BÁSICA (DAEB). **Escalas de Proficiência do SAEB.** 2020. Disponível em: https://download.inep.gov.br/publicacoes/institucionais/avaliacoes_e_exames_da_educacao_basica/escalas_de_proficiencia_do_saeb.pdf

Dr. Wesley Antonio Gonçalves, Estéfani Primo de Souza, Laila Leal, Me. Maria Goretti Teresinha dos Anjos e Santos, Natália Salete Rodrigues. **Integração de chatbots com inteligência artificial ao ensino superior: estudo sobre seu desempenho na mediação da aprendizagem individualizada.** 2025. Disponível em: https://e-revista.unioeste.br/index.php/educereeteducare/article/view/34258/24722

Dugaich, Valéria Cristina Brumati. **Jogos como possibilidade para a melhoria do desempenho e das atitudes em relação às frações e aos decimais nos anos finais do ensino fundamental**. 2020. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/entities/publication/c772df69-a53b-482f-a857-2fa2d30c8617

Ferreira, E. Dias. **Engenheiro de Prompt: Nova Profissão em Ascensão.** 2023. Disponível em: https://ica.ele.puc-rio.br/blog/engenheiro-de-prompt-nova-profissao-em-ascensao/.

Gadelha, J. **Dominando o Prompt Engineering: Boas Práticas e Técnicas para Maximizar o Potencial do GPT**. 2023 Disponível em: https://medium.com/@joaoricardotg/dominando-o-prompt-engineering-boas-pr%C3%A1ticas -e-t%C3%A9cnicas-para-maximizar-o-potencial-do-gpt-3-102fdfe3b6ea

Guimarães Junior, J. C. *et al.* **Inteligência artificial como ferramenta de apoio ao ensino**. 2023. Disponível em: https://ojs.revistacontemporanea.com/ojs/index.php/home/article/view/1440

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA (INEP). **Matriz de Referência de Matemática – Avaliação da Educação Básica (Anos Iniciais, Anos Finais do Ensino Fundamental e Ensino Médio)**. 2022. Disponível em: https://download.inep.gov.br/educacao_basica/saeb/matriz-de-referencia-de-matematica_BNCC.pdf

INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR THE EVALUATION OF EDUCATIONAL ACHIEVEMENT (IEA). **TIMSS 2023 International Results in Mathematics and Science.** 2023. Disponível em: https://timss2023.org/results/

ISO 9241-11: **Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) part11: Guidance on usability**. ISO, 1998.

ISO/IEC 9126: **Software engineering - product quality**. ISO, 1991.

Judson Henrique Alvarenga, Igor Dalepiane, Lucas Fell, Maicon Bernardino. **Uma Revisão Sistemática da Literatura sobre Chatbots na Educação: Desenvolvimento e Aplicações**. 2024. Disponível em: https://sol.sbc.org.br/index.php/wbots/article/view/30521/30326

Kleina, N. **O que é GPT-4 Turbo, a versão mais poderosa do ChatGPT.** 2023. Disponível em: https://www.mundoconectado.com.br/inteligencia-artificial/o-que-e-gpt-4-turbo-a-versao-mai s-poderosa-do-chatgpt/

Luciene L. de Aguiar; Jorge da Silva Werneck; Margarete F. Vicente; Mirian X. da Conceição. **GeoGebra: análise da eficácia do uso de tecnologias interativas no ensino de Matemática**. 2025. Disponível em: https://ojs.studiespublicacoes.com.br/ojs/index.php/cadped/article/view/13927

Marcella Sarah Filgueiras de Farias, Andréa Pereira Mendonça. **Design Thinking como percurso Metodológico para Construção de Produto Educacional: uma experiência no Mestrado Profissional na Área de Ensino**. 2021. Disponível em: https://sistemascmc.ifam.edu.br/educitec/index.php/educitec/article/view/1036/621

Marina Buzin Pacheco; Greice da Silva Lorenzzetti Andreis. **Causas das dificuldades de aprendizagem em Matemática: percepção de professores e estudantes do 3º ano do Ensino Médio.** 2017. Disponível em: https://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/principia/article/view/1612/806

Nielsen, **J. Heuristic Evaluation**. In: NIELSEN, J.; MACK, R. L. Usability Inspection Methods. New York: John Wiley and Sons, 1994.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **PISA 2022 Results (Volume I and II) – Country Notes**: Brazil. 2023. Disponível em: https://www.oecd.org/en/publications/pisa-2022-results-volume-i-and-ii-country-notes_ed6fbcc5-en/brazil_61690648-en.html

SAEB (SISTEMA DE AVALIAÇÃO DA EDUCAÇÃO BÁSICA). Matriz de Referência de Matemática do SAEB. 2018. Disponível em: https://download.inep.gov.br/educacao_basica/prova_brasil_saeb/menu_do_professor/o_que_cai_nas_provas/Matriz_de_Referencia_de_Matematica.pdf

Sales, F. A. de L.; Aguiar, R. F. de; Oliveira, J. N. de. **Desempenho na aprendizagem de fração segundo a Prova Brasil: um estudo do descritor 24 do 5° ano de Matemática entre 2013 e 2019***. Histemat, 2021. Disponível em: https://www.histemat.com.br/index.php/HISTEMAT/article/view/398/316

Shirdhar, Shreyas. **Analysis of Low Code-No Code Development Platforms in comparison with Traditional Development Methodologies.** 2021. Disponível em: 10.22214/ijraset.2021.39328

S. He; Z. Chen; A. Zhu. The relationship between mathematics reverse quotient and mathematics learning strategies in junior high school students. 2024. Disponível em: https://ieeexplore.ieee.org/document/10935469

White, J., Fu, Q., Hays, S., Sandborn, M., Olea, C., Gilbert, H., Elnashar, A., Spencer-Smith, J., Schmidt, D. C. (2023). **A Prompt Pattern Catalog to Enhance Prompt Engineering with ChatGPT.** Disponível em: https://ar5iv.org/abs/2302.11382.