



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba
Campus Campina Grande
Bacharelado em Engenharia de Computação

**Uso de Grandes Modelos de Linguagem na Geração
Automática de Questões de Matemática: Uma
Abordagem Baseada em *Design Science Research***

Mateus Braga de Melo

Orientador: Prof. Danyllo Wagner Albuquerque, DSc.

Coorientador: Prof. Jonathas Jerônimo Barbosa, DSc.

Campina Grande-PB
2025



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba
Campus Campina Grande
Coordenação do curso de Bacharelado em Engenharia de Computação

**Uso de Grandes Modelos de Linguagem na Geração
Automática de Questões de Matemática: Uma
Abordagem Baseada em *Design Science Research***

Mateus Braga de Melo

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Bacharelado em Engenharia de
Computação do Instituto Federal de Educa-
ção, Ciência e Tecnologia da Paraíba, como
requisito parcial para a obtenção do título de
Bacharel em Engenharia da Computação.

Orientador: Prof. Danyllo Wagner Albuquerque, DSc.

Coorientador: Prof. Jonathas Jerônimo Barbosa, DSc.

Campina Grande-PB
2025

Catlogação na fonte:
Ficha catalográfica elaborada por Gustavo César Nogueira da Costa – CRB 15/479

S237m Melo, Mateus Braga de
Uso de grandes modelos de linguagem na geração automática de questões de matemática: uma abordagem baseada em Design Science Research / Mateus Braga de Melo. - Campina Grande, 2025.
82 f.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Bacharelado em Engenharia de Computação) - Instituto Federal da Paraíba, 2025.
Orientador: Prof. DSc. Danyllo Wagner Albuquerque.

1. Telemática. 2. Educação matemática. 3. Inteligência artificial. 4. Modelos de linguagem. I. Albuquerque, Danylo Wagner. II Título.

CDU 004.8:51

Uso de Grandes Modelos de Linguagem na Geração
Automática de Questões de Matemática: Uma
Abordagem Baseada em *Design Science Research*

Mateus Braga de Melo

Prof. Danyllo Wagner Albuquerque, DSc.
Orientador

Prof. Igor Barbosa da Costa, DSc.
Membro da Banca

Prof. Elmano Ramalho Cavalcanti, DSc.
Membro da Banca

Campina Grande-PB
2025

Agradecimentos

A realização deste trabalho não seria possível sem o apoio e a contribuição de várias pessoas, às quais expresso minha sincera gratidão.

À minha família, especialmente a minha mãe, pelo apoio incondicional e pela compreensão ao longo desta jornada.

Aos meus orientadores, Prof. Danyllo Wagner Albuquerque e Jonathas Barbosa, pela orientação dedicada, pelo compartilhamento de seu conhecimento e pela disposição para auxiliar durante as fases deste projeto.

Agradeço também a todos os professores do curso de Engenharia de Computação, cujos ensinamentos foram fundamentais para que eu pudesse concluir esta etapa.

Quero destacar especialmente os professores Petrônio, Daniel Marques e Igor Costa, que foram verdadeiros mentores e, mesmo sem perceberem, tornaram-se fontes valiosas de encorajamento em momentos desafiadores.

Aos meus amigos, pelo apoio, incentivo e companheirismo ao longo dessa longa jornada, que, graças a eles, se tornou muito mais leve.

A todos, o meu mais sincero obrigado.

Resumo

O avanço da Inteligência Artificial tem ampliado significativamente as possibilidades de apoio ao ensino, especialmente no contexto da Matemática no Ensino Médio, área que exige prática contínua e diversidade de exercícios. Contudo, a elaboração manual de questões alinhadas à BNCC permanece uma atividade intensiva em termos de tempo e esforço docente, enquanto estudantes ainda relatam dificuldades relacionadas à clareza dos enunciados, ao nível de dificuldade e à motivação durante a prática. Diante desse cenário, este trabalho tem como objetivo desenvolver e validar uma plataforma digital baseada em modelos de linguagem para a geração automática de questões de Matemática, voltada ao apoio simultâneo de professores e alunos. A pesquisa foi conduzida segundo a metodologia de Design Science Research (DSR), contemplando a construção do artefato, sua demonstração e avaliação empírica com estudantes e docentes do Instituto Federal da Paraíba. Os resultados quantitativos com estudantes indicaram elevada aceitação da plataforma, com mais de 87% de concordância quanto à facilidade de uso, 93,9% quanto à utilidade das questões para o estudo e 83,7% de intenção de reutilização. A análise qualitativa revelou uma percepção positiva quanto à simplicidade da interface e ao potencial da ferramenta para o estudo autônomo, ao mesmo tempo em que apontou limitações técnicas, especialmente relacionadas à renderização matemática. Na avaliação docente, 75% das questões foram consideradas conceitualmente corretas e pedagogicamente relevantes, embora tenham sido identificadas fragilidades na clareza textual e na calibração do nível de dificuldade. Conclui-se que a plataforma apresenta viabilidade técnica, boa aceitação pedagógica inicial e potencial relevante como ferramenta de apoio ao ensino-aprendizagem de Matemática, desde que acompanhada de revisão docente e de aprimoramentos nos mecanismos de controle e validação automática das questões.

Palavras-chave: Inteligência Artificial; Educação; Geração de Questões; Matemática; Design Science Research.

Abstract

The advancement of Artificial Intelligence has significantly expanded the possibilities for supporting education, especially in high school Mathematics, a subject that demands continuous practice and a wide variety of exercises. However, the manual creation of questions aligned with the BNCC remains a time-consuming and cognitively demanding task for teachers, while students frequently report difficulties related to clarity, comprehension, and motivation during practice. In this context, this study aims to develop and validate a digital platform based on large language models to automatically generate high school Mathematics questions, supporting both teachers and students. The research was conducted following the Design Science Research approach, encompassing the construction of the artifact, its demonstration, and its empirical evaluation with students and teachers from the Instituto Federal da Paraíba. Quantitative results with students indicated high acceptance of the platform, with more than 87% agreement regarding ease of use, 93.9% regarding the usefulness of the questions for study, and 83.7% expressing intention to reuse the system. Qualitative analysis revealed a positive perception of the interface's simplicity and the platform's potential for autonomous study, while also highlighting technical limitations, particularly in mathematical rendering. From the teachers' perspective, 75% of the questions were considered conceptually correct and pedagogically relevant, although weaknesses were identified in textual clarity and difficulty calibration. The results indicate that the platform presents technical feasibility, strong initial pedagogical acceptance, and significant potential as a support tool for Mathematics teaching and learning, provided that it is accompanied by teacher review and further improvements in automatic validation and control mechanisms.

Keywords: Artificial Intelligence; Education; Automatic Question Generation; Mathematics; Design Science Research; Automatic Multiple Choice Question Generation.

Lista de Siglas e Abreviaturas

Framework	Estrutura de software que oferece um conjunto de padrões reutilizáveis.
JavaScript	Linguagem de programação para aplicações web
React	Biblioteca JavaScript para construção de interfaces
UI	<i>User Interface</i> (Interface de usuário)
UX	<i>User Experience</i> (Experiência de usuário)
Next.js	<i>Framework React</i> para desenvolvimento de interfaces de usuário
CSS	<i>Cascading Style Sheets</i> (Folhas de estilo em cascata)
DaisyUI	<i>Framework CSS</i> para interfaces e componentes responsivos e pré-configurados
Express	<i>Framework</i> em Javascript para criação de aplicações e APIs
HTTP	<i>Hypertext Transfer Protocol</i> (Protocolo de Transferência de Hipertexto)
Axios	Biblioteca JavaScript para requisições HTTP assíncronas
Node.js	Ambiente de execução JavaScript no lado do servidor
npm	<i>Node Package Manager</i> (Gerenciador de pacotes do Node.js)
API	<i>Application Programming Interface</i>
SSR	<i>Server Side Rendering</i> (Renderização no lado do servidor)
SSG	<i>Static Site Generation</i> (Geração de Site Estático)
IFPB	Instituto Federal da Paraíba
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
LR	Logística Reversa
CSV	<i>Comma Separated Values</i> (Valores separados por vírgulas)

Sumário

Lista de Siglas e Abreviaturas	8
Lista de Figuras	11
Lista de Tabelas	13
1 Introdução	1
1.1 Problemática	2
1.2 Objetivos do estudo	2
1.3 Metodologia	3
1.4 Justificativa e relevância	5
1.5 Estrutura do Trabalho	6
2 Fundamentação teórica	7
2.1 Educação e Tecnologia	7
2.2 Ensino de Matemática no Ensino Médio	8
2.3 Geração Automática de Questões	8
2.4 Validação de Ferramentas Educacionais	9
2.5 Considerações do Capítulo	10
3 Metodologia	11
3.1 Abordagem Geral	11
3.2 Processo da DSR	11
3.2.1 Identificação do problema e motivação	12
3.2.2 Definição dos objetivos da solução	13
3.2.3 Design e desenvolvimento	14
3.2.4 Demonstração	14
3.2.5 Avaliação	15
3.2.6 Comunicação	16
3.3 Considerações do Capítulo	16
4 Desenvolvimento e Demonstração do Sistema	18
4.1 Arquitetura do Sistema	18
4.1.1 Custos e Latência do Sistema	19
4.2 Testes	20
4.3 Principais Funcionalidades	20
4.4 Interface e Demonstração do Sistema	21
4.5 Lições e Ajustes de Desenvolvimento	21
4.6 Considerações do Capítulo	22

5	Avaliação	24
5.1	Avaliação com Alunos	24
5.1.1	Configuração do Estudo	24
5.1.2	Resultados da avaliação	25
5.2	Avaliação com Professores	27
5.2.1	Configuração do Estudo	27
5.2.2	Resultados da avaliação com professores	28
5.3	Ameaças à Validade	29
5.4	Considerações do Capítulo	31
6	Conclusões e Trabalhos Futuros	32
6.1	Síntese das Contribuições do Trabalho	32
6.2	Implicações do Estudo	33
6.3	Trabalhos Futuros	34
6.4	Disponibilidade do artefato	35
A	Protocolo de avaliação e apresentação da plataforma	39
B	Instrumento de Pesquisa — Alunos: Percepções e Desafios	43
C	Instrumento de Pesquisa — Professores: Percepções e Desafios	45
D	Instrumento de Avaliação da Plataforma — Alunos	47
E	Instrumento de Avaliação das Questões — Professores	49
F	Tabelas e Resultados Detalhados de alunos	50
G	Tabelas e Resultados Detalhados de professores	60
H	Prompt	64
I	Capturas de Tela da Plataforma	65

Lista de Figuras

1.1	Etapas e iterações do processo de Design Science Research (DSR).	4
3.1	Etapas da DSR e principais saídas/entregáveis de cada etapa.	12
4.1	Arquitetura geral do sistema de geração de questões. Fonte: Adaptado de https://engsoftmoderna.info/cap7.html	19
F.1	Concordância na participação	50
F.2	Ano do ensino médio que está inserido	50
F.3	Dispositivo utilizado	51
F.4	Facilidade de Uso percebida	51
F.5	Utilidade Percebida	51
F.6	Atitude em Relação ao Uso	52
F.7	Intenção de Uso Futuro: Resultados	52
F.8	Percepção positiva da plataforma	52
F.9	Sugestão de melhorias e mudança	53
F.10	Aplicação em sala de aula	53
F.11	Sugestões para aprimorar a plataforma	54
F.12	TCLE	54
F.13	Série dos alunos	55
F.14	Participação de atividades e projetos extracurriculares relacionados à matemática	55
F.15	Uso de eletrônicos como apoio no estudo	55
F.16	Frequência de realização de atividades de matemática	56
F.17	Percepções sobre atividades e avaliações	56
F.18	Uso de ferramentas digitais como apoio no estudo	56
F.19	Uso de inteligência artificial como apoio no estudo	57
F.20	Percepção de uma plataforma de geração automática de questões de matemática no estudo	57
F.21	Utilidade de ferramentas	57
F.22	Dificuldades em questões de matemática	58
F.23	Sugestões de autonomia	58
F.24	Como uma ferramenta ajudou nos estudos	59
G.1	TCLE	60
G.2	Titulação	60
G.3	Tempo de atuação	61
G.4	Nível de ensino	61
G.5	Tipo de instituição	61
G.6	Crítérios de qualidade	62

G.7	Sugestão de mudança	62
G.8	Linguagem utilizada nas questões	62
G.9	Aplicação das questões em sala de aula	63
G.10	Abordagem do conteúdo	63
G.11	Comparação com itens elaborados por humanos	63
H.1	Versão usada do prompt	64
I.1	Autenticação do usuário	65
I.2	Cadastro do usuário	66
I.3	Filtros	66
I.4	Questões geradas em modo estudo aprofundado	67
I.5	Questões geradas em modo simulado	67
I.6	Feedback da resposta errada	68
I.7	Explicação correta da questão	68
I.8	Mensagem motivacional ao finalizar	69
I.9	Filtros em telas pequenas	70
I.10	Feedback em telas pequenas	71

Lista de Tabelas

1.1	Alinhamento entre objetivos específicos e etapas da DSR	5
4.1	Principais funcionalidades do sistema.	21
5.1	Facilidade de Uso Percebida	26
5.2	Utilidade Percebida	26
5.3	Atitude em Relação ao Uso	26
5.4	Intenção de Uso Futuro	27
A.1	Plano de aula para aplicação da pesquisa	40

Capítulo 1

Introdução

Nas últimas décadas, o avanço das tecnologias digitais tem transformado significativamente o modo como o conhecimento é produzido, acessado e compartilhado (Diogo et al., 2019). O campo educacional, em especial, tem sido impactado por essa revolução tecnológica, dando origem às chamadas tecnologias educacionais (EdTechs) — soluções digitais voltadas ao aprimoramento de processos de ensino e aprendizagem (Brasil and Perez, 2023). Nesse cenário, a Inteligência Artificial (IA) surge como uma das ferramentas mais promissoras, capaz de automatizar tarefas, personalizar as experiências de estudo e oferecer recursos inovadores a alunos e professores (Júnior et al., 2023b).

Atualmente, observa-se um movimento crescente de incorporação da IA em ambientes educacionais (Damas, 2024). Plataformas como o Khanmigo, da Khan Academy, e o ChatGPT, da OpenAI, são exemplos de sistemas capazes de gerar explicações, resolver exercícios e propor atividades com base no nível de proficiência do usuário (Atlas et al., 2023). Essas tecnologias ampliam as possibilidades de ensino individualizado, favorecendo a autonomia dos estudantes e reduzindo parte da sobrecarga dos docentes Marques et al. (2024). Apesar dos avanços, ainda há uma lacuna significativa na geração automática de questões de avaliação, especialmente em disciplinas que exigem raciocínio lógico e formal, como a Matemática (Souza, 2020).

Estudos recentes têm investigado o uso de modelos de linguagem de grande porte (LLMs) na geração automática de questões de múltipla escolha, indicando que essas abordagens têm potencial significativo para apoiar processos educacionais, especialmente na diversificação de itens avaliativos e na redução do esforço docente. No entanto, tais estudos também apontam limitações importantes, como a necessidade de revisão humana, dificuldades na calibração do nível de dificuldade e eventuais inconsistências conceituais nas questões geradas (Mucciaccia et al., 2025).

No contexto do Ensino Médio, a Matemática desempenha papel central na formação dos estudantes, sendo uma das áreas de maior dificuldade para boa parte dos alunos. A elaboração de questões que avaliem efetivamente as competências e habilidades previstas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) é um desafio constante para os professores, que precisam equilibrar clareza, nível de dificuldade e adequação pedagógica. Esse processo consome tempo e exige esforço criativo e técnico considerável, o que muitas vezes inviabiliza a produção de materiais avaliativos diversificados e de qualidade (Gonçalves et al., 2020).

O desempenho dos estudantes brasileiros em Matemática tem sido historicamente insatisfatório em avaliações de larga escala, tanto em âmbito nacional quanto internacional. Resultados do Programme for International Student Assessment (PISA) indicam

que o Brasil permanece consistentemente abaixo da média dos países participantes em Matemática, evidenciando dificuldades persistentes em competências como a resolução de problemas, a interpretação de situações matemáticas e o raciocínio lógico. De forma semelhante, os dados do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) revelam baixos níveis de proficiência na área, com uma grande parcela dos estudantes concentrada nos níveis iniciais de desempenho. Esse cenário aponta para fragilidades estruturais no processo de ensino e aprendizagem da Matemática, incluindo desafios relacionados à abordagem pedagógica, à contextualização dos conteúdos e à eficácia dos instrumentos avaliativos empregados, reforçando a necessidade de investigar e desenvolver soluções educacionais inovadoras que apoiem professores e estudantes (Sasaki et al., 2018).

Diante desse cenário, torna-se relevante o desenvolvimento de soluções inteligentes que auxiliem docentes na criação automatizada de questões, oferecendo subsídios para uma prática pedagógica mais eficiente, dinâmica e alinhada às necessidades atuais da educação. A combinação entre a IA e a didática tradicional abre espaço para soluções inovadoras que integram automatização, personalização e validação pedagógica, promovendo benefícios tanto para professores quanto para alunos.

1.1 Problemática

A elaboração de instrumentos avaliativos em Matemática no Ensino Médio exige do professor tempo, domínio conceitual e sensibilidade pedagógica para equilibrar clareza, nível de dificuldade e alinhamento à BNCC. Na prática, a pressão por diversificação de itens — para diferentes turmas, ritmos e objetivos — conflita com a carga de trabalho docente e com a escassez de bancos de questões realmente contextualizados em língua portuguesa. Ao mesmo tempo, as soluções disponíveis tendem a ser estáticas (pouca parametrização) ou tecnicamente complexas para adoção em larga escala, o que limita a personalização e a atualização contínua dos materiais (Castro et al., 2020).

Nesse cenário, a IA generativa desponta como uma oportunidade para automatizar etapas intensivas de tempo —como a criação inicial de enunciados e variações parametrizadas— sem abrir mão da curadoria pedagógica. Contudo, permanecem desafios críticos: (i) garantir a qualidade conceitual e a adequação às competências da BNCC; (ii) assegurar a usabilidade para docentes e discentes com diferentes níveis de familiaridade tecnológica; e (iii) estabelecer práticas de uso éticas, transparentes e responsáveis em contexto escolar.

Diante dessas lacunas e motivações, este estudo busca enfrentar um problema central para a prática avaliativa em Matemática: *Como desenvolver e validar uma plataforma capaz de gerar automaticamente questões de Matemática do Ensino Médio, assegurando qualidade pedagógica, aderência à BNCC e boa usabilidade para professores e alunos?* A investigação visa não apenas entregar um artefato funcional, mas também evidências sobre sua eficácia e aceitação pelo público-alvo.

1.2 Objetivos do estudo

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver e validar uma plataforma digital para geração automática de questões de Matemática do Ensino Médio, fundamentada em Inteligência Artificial generativa. A proposta visa proporcionar um recurso inovador que auxilie docentes na elaboração de avaliações diversificadas e personalizadas, reduzindo o esforço manual e ampliando a eficiência e a qualidade do processo avaliativo.

Para atingir esse propósito, o estudo define os seguintes objetivos específicos:

- Analisar as principais dificuldades enfrentadas por professores na criação manual de questões de Matemática e mapear oportunidades de automação com uso de IA;
- Estabelecer requisitos funcionais e pedagógicos para o desenvolvimento de uma plataforma web capaz de gerar questões coerentes e contextualizadas;
- Projetar e implementar o artefato utilizando tecnologias web modernas (Next.js, TypeScript, Express e SQLite) e integração com o modelo GPT-4o da OpenAI para geração automática de enunciados e alternativas;
- Submeter o protótipo a testes exploratórios com professores, avaliando a qualidade conceitual, clareza e adequação pedagógica das questões geradas;
- Aplicar testes de usabilidade com alunos, observando a experiência de interação e o potencial da ferramenta como apoio ao aprendizado;
- Analisar, de forma qualitativa e quantitativa, os resultados obtidos, identificando evidências de eficácia, aceitação e oportunidades de aprimoramento do artefato.

1.3 Metodologia

Para conduzir o desenvolvimento deste trabalho, adotou-se a abordagem de *Design Science Research* (DSR), proposta por Peffers et al., amplamente utilizada em pesquisas que envolvem a concepção, a construção e a avaliação de artefatos tecnológicos aplicados a contextos reais. Essa metodologia é especialmente adequada ao presente estudo, pois busca responder a um problema prático — a dificuldade de criação de questões de Matemática no Ensino Médio — por meio do desenvolvimento de uma solução tecnológica inovadora que também contribua para o avanço científico no campo da Informática na Educação (Pimentel et al., 2020).

A DSR estrutura-se em etapas cíclicas e iterativas, o que permite aprimorar o artefato à medida que novas evidências são obtidas durante o processo de validação. As etapas consideradas neste trabalho são apresentadas a seguir:

1. **Identificação do problema e motivação:** consiste em compreender os desafios enfrentados por professores na elaboração manual de questões de Matemática, como o tempo elevado de preparo, a limitação de variedade e a necessidade de adequação à BNCC. Essa análise fundamenta a definição dos requisitos pedagógicos e tecnológicos da solução proposta.
2. **Definição dos objetivos da solução:** a partir do diagnóstico inicial, definem-se os objetivos gerais e específicos do estudo, contemplando a criação de uma plataforma digital capaz de gerar automaticamente questões de múltipla escolha em Matemática, de forma coerente, contextualizada e alinhada às competências da BNCC.
3. **Design e desenvolvimento:** envolve o projeto arquitetural e a implementação incremental do protótipo da plataforma, contemplando as seguintes etapas: (i) prototipagem das interfaces e fluxos de interação, (ii) desenvolvimento *front-end* com Next.js e TypeScript, (iii) implementação do *back-end* com Express e SQLite, e (iv) integração com o modelo de linguagem GPT-4o da OpenAI para geração automática dos itens e alternativas.

4. **Demonstração:** compreende a execução de cenários de uso representativos, em que professores e alunos interagem com a plataforma para gerar, visualizar e responder às questões. Essa etapa permite evidenciar o funcionamento técnico e pedagógico do artefato, além de coletar percepções iniciais sobre a clareza, a coerência e a aplicabilidade das questões.
5. **Avaliação:** consiste na análise qualitativa e quantitativa da solução, com base em questionários aplicados a professores e alunos. Os instrumentos de coleta incluem escalas Likert e campos abertos, permitindo avaliar a qualidade pedagógica das questões (clareza, relevância, nível de dificuldade) e a usabilidade da ferramenta (facilidade de uso, satisfação e eficiência).
6. **Comunicação:** envolve a sistematização e a divulgação dos resultados do estudo, incluindo as evidências de eficácia e de aceitação da plataforma, as limitações identificadas e as recomendações para evoluções futuras do artefato.

O caráter iterativo da DSR é essencial neste contexto: as evidências obtidas nas etapas de Demonstração e Avaliação servem como elementos necessários para o aperfeiçoamento do design, fortalecendo a robustez e a utilidade da plataforma proposta.

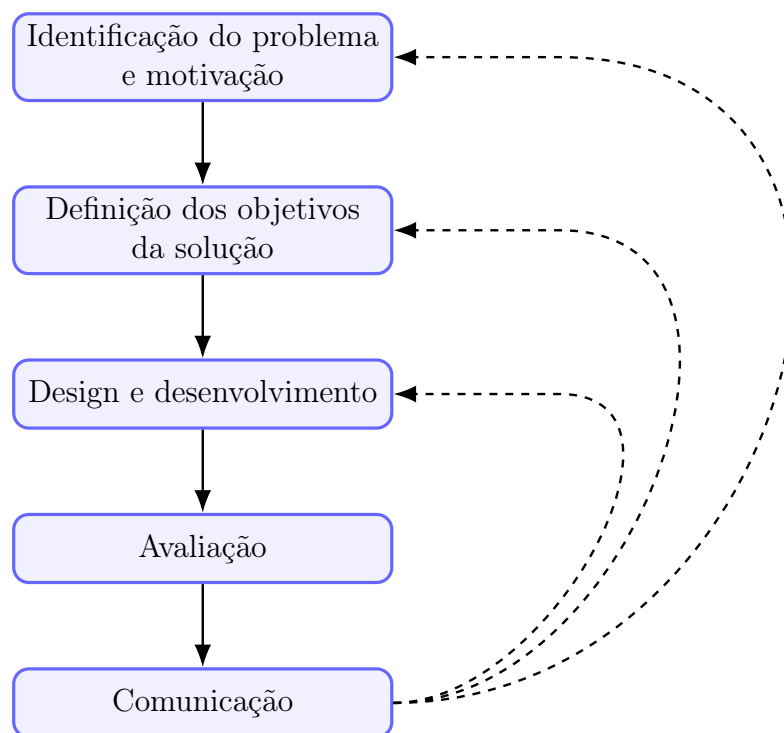


Figura 1.1: Etapas e iterações do processo de Design Science Research (DSR).
Fonte: Autor

Para reforçar o alinhamento entre os objetivos específicos definidos na Seção 1.3 e o processo metodológico, apresenta-se a Tabela 1.1, que evidencia como cada objetivo é abordado ao longo das etapas da DSR.

Tabela 1.1: Alinhamento entre objetivos específicos e etapas da DSR

Objetivo	Etapas DSR relacionadas
OE1 (analisar dificuldades enfrentadas por professores)	Identificação do problema e motivação
OE2 (definir requisitos pedagógicos e funcionais)	Definição dos objetivos da solução
OE3 (projetar e implementar a plataforma)	Design e desenvolvimento; Demonstração
OE4 (avaliar qualidade e pertinência pedagógica das questões)	Demonstração; Avaliação
OE5 (avaliar usabilidade e experiência de uso da ferramenta)	Avaliação
OE6 (interpretar resultados e identificar potencial educativo)	Avaliação; Comunicação

Fonte: Autor

1.4 Justificativa e relevância

A relevância deste trabalho se sustenta em três dimensões principais: educacional, tecnológica e científica. No âmbito **educacional**, a pesquisa contribui para o enfrentamento de um problema real e recorrente: a dificuldade de criar materiais avaliativos que sejam, ao mesmo tempo, significativos, contextualizados e equilibrados em termos de dificuldade (da Costa and da Silva Verdeaux, 2016). Ao automatizar esse processo, a plataforma proposta visa economizar tempo dos docentes, permitindo que se concentrem em aspectos mais estratégicos do ensino, como o acompanhamento individualizado dos alunos e o aprimoramento metodológico.

Sob a perspectiva **tecnológica**, o estudo propõe uma aplicação concreta dos princípios da Inteligência Artificial e da computação aplicada à educação, oferecendo uma solução inovadora e escalável. Diferentemente de bancos de questões estáticos, a plataforma busca gerar itens dinâmicos e parametrizáveis, ampliando a variedade e evitando repetições. Além disso, o foco na usabilidade garante que tanto professores quanto alunos possam interagir com o sistema de forma intuitiva, o que potencializa a adoção prática da ferramenta (Matos, 2013).

Por fim, a relevância **científica** do estudo reside na integração entre os campos da educação matemática e da ciência da computação, promovendo uma contribuição interdisciplinar. Ao unir fundamentos pedagógicos à modelagem computacional, o trabalho contribui para o avanço das pesquisas em Geração Automática de Itens (AIG – *Automatic Item Generation*) no contexto da educação brasileira. Espera-se que os resultados sirvam de referência para novas investigações, estimulando o desenvolvimento de soluções semelhantes em outras disciplinas e níveis de ensino.

1.5 Estrutura do Trabalho

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi estruturado de modo a refletir, de forma rastreável, as etapas do processo da DSR adotado. Cada capítulo estabelece uma correspondência explícita com uma ou mais das etapas do processo — *Identificação do problema e motivação*, *Definição dos objetivos da solução*, *Design e desenvolvimento*, *Demonstração*, *Avaliação* e *Comunicação* — garantindo coerência metodológica entre as fases do estudo e o ciclo de desenvolvimento do artefato.

- **Capítulo 1 — Introdução.** Alinha-se a: *Identificação do problema e motivação* & *Definição dos objetivos da solução*. Apresenta o contexto da pesquisa, a relevância da aplicação de Inteligência Artificial generativa na educação, a problemática enfrentada por professores na elaboração manual de questões de Matemática, os objetivos geral e específicos do estudo, a metodologia DSR adotada, e esta própria estrutura do trabalho.
- **Capítulo 2 — Fundamentação Teórica** Alinha-se principalmente a: *Definição dos objetivos da solução*. Sistematiza o referencial teórico que sustenta o estudo, abordando conceitos de tecnologias educacionais, Inteligência Artificial na Educação (IAED), Geração Automática de Questões (GAQ) e usabilidade de sistemas educacionais. Essa base fornece embasamento para as decisões de projeto e para a validação do artefato.
- **Capítulo 3 — Metodologia** Alinha-se transversalmente às etapas da DSR, com ênfase em: *Definição dos objetivos da solução*, *Design e desenvolvimento*, *Demonstração* e *Avaliação*. Descreve a abordagem metodológica adotada (DSR), suas etapas e seu caráter iterativo, bem como os instrumentos, procedimentos e critérios que orientam a coleta e a análise dos dados utilizados nas etapas subsequentes.
- **Capítulo 4 — Design e Desenvolvimento do Artefato.** Alinha-se a: *Design e desenvolvimento*. Detalha a concepção e implementação da plataforma digital, incluindo o levantamento de requisitos, a modelagem arquitetural, a prototipagem das interfaces e a integração com o modelo GPT-4o da OpenAI. Também descreve as tecnologias empregadas (Next.js, TypeScript, Express e SQLite) e as funcionalidades implementadas para geração automática e parametrizada de questões.
- **Capítulo 5 — Avaliação.** Alinha-se a: *Demonstração e Avaliação*. Descreve os procedimentos e os resultados das etapas de validação com professores e alunos do IFPB. Inclui a demonstração prática do artefato, a análise da qualidade pedagógica das questões geradas, a avaliação de usabilidade da plataforma e as percepções dos participantes quanto à sua utilidade e potencial para apoiar o processo de ensino-aprendizagem.
- **Capítulo 6 — Conclusões e Trabalhos Futuros.** Alinha-se a: *Comunicação*. Apresenta as principais conclusões do estudo, destacando as contribuições pedagógicas, tecnológicas e científicas do trabalho, bem como suas limitações e as perspectivas de aprimoramentos futuros da plataforma e da extensão do uso da IA generativa em contextos educacionais.

Por fim, os **Apêndices** e **Anexos** incluem materiais complementares, como roteiros de validação, exemplos de questões geradas, modelos de questionários e detalhes técnicos de implementação, de modo a assegurar a transparência e a reprodutibilidade do estudo.

Capítulo 2

Fundamentação teórica

Este capítulo apresenta a fundamentação teórica que sustenta a solução proposta. São discutidos: (i) a relação entre educação e tecnologias digitais, com destaque para o uso de IA como apoio ao trabalho docente; (ii) desafios do ensino de Matemática no Ensino Médio e a necessidade de alinhamento a competências e habilidades da BNCC; (iii) conceitos e abordagens de Geração Automática de Questões, incluindo critérios de qualidade e a importância da supervisão humana; e (iv) referenciais para validação de ferramentas educacionais, abrangendo usabilidade e adequação pedagógica. Esses elementos fundamentam as decisões apresentadas no capítulo de metodologia.

2.1 Educação e Tecnologia

O avanço tecnológico das últimas décadas modificou profundamente os processos de ensino e aprendizagem, dando origem a um novo paradigma educacional mediado por recursos digitais (Oliveira, 2014). A emergência das tecnologias educacionais, também conhecidas como EdTechs, trouxe ao ambiente escolar ferramentas capazes de potencializar a interação entre alunos e professores, promover metodologias ativas e personalizar a jornada de aprendizado. Nesse contexto, o uso de plataformas digitais deixou de ser um diferencial e passou a ser uma necessidade, especialmente em tempos de transformação digital acelerada e de ensino híbrido (Coppi et al., 2022).

A Inteligência Artificial (IA) tem assumido um papel de destaque nesse cenário, com aplicações que vão desde sistemas tutores inteligentes até mecanismos de correção automática e de geração de conteúdos educacionais. Ferramentas baseadas em IA, como o Gemini (do Google) e o ChatGPT (da OpenAI), demonstram a capacidade desses sistemas de compreender comandos em linguagem natural, propor explicações, corrigir textos e até criar atividades personalizadas. No campo da educação básica, esses recursos podem auxiliar professores no planejamento de aulas, na elaboração de avaliações e no acompanhamento do desempenho dos estudantes (Barbosa, 2023).

No Brasil, o movimento de integração entre tecnologia e educação tem sido impulsionado por políticas públicas e programas institucionais que visam promover a inclusão digital e a inovação pedagógica (Mori, 2012). A Base Nacional Comum Curricular (BNCC), documento orientador da educação básica brasileira, destaca a competência digital como uma das dez competências gerais a serem desenvolvidas ao longo da trajetória escolar, reforçando a necessidade de incorporar tecnologias digitais de forma crítica e criativa (SILVA, 2018). Nesse contexto, ferramentas computacionais de apoio à avaliação escolar tornam-se instrumentos estratégicos para garantir práticas avaliativas mais

dinâmicas, diversificadas e alinhadas às demandas contemporâneas.

A incorporação da IA na educação não substitui o papel do professor, mas transforma-o. Ao automatizar tarefas repetitivas — como a elaboração e correção de questões —, a tecnologia permite que o docente dedique mais tempo à análise qualitativa dos resultados e à personalização do ensino. Assim, a IA assume uma função assistiva e complementar, promovendo uma parceria entre o humano e o digital em benefício do processo de ensino-aprendizagem (Baltar and Baltar, 2023).

2.2 Ensino de Matemática no Ensino Médio

A Matemática é uma das disciplinas de maior importância na formação básica do estudante, por desenvolver o raciocínio lógico, a capacidade de abstração e a resolução de problemas (D'Ambrosio, 1993). Contudo, também é uma das áreas que mais apresentam índices de dificuldade e evasão, tanto em avaliações internas quanto em avaliações externas. O ensino tradicional, muitas vezes centrado na repetição mecânica de exercícios, não tem conseguido estimular a compreensão conceitual e a aplicação prática dos conteúdos (Saccaro et al., 2019).

A BNCC define que o ensino de Matemática no Ensino Médio deve priorizar o pensamento matemático, a modelagem de situações reais e a construção de estratégias de resolução, indo além da memorização de fórmulas. Isso implica repensar a forma como as atividades avaliativas são elaboradas, de modo a favorecer a análise, o raciocínio e a interpretação, em vez de apenas a execução de algoritmos.

Nesse contexto, a elaboração de questões bem estruturadas é um desafio recorrente para os docentes. Uma questão de qualidade precisa considerar não apenas o conteúdo, mas também aspectos como clareza, adequação ao nível cognitivo, relevância pedagógica e alinhamento às competências da BNCC. Além disso, a necessidade de criar provas e exercícios diferenciados para turmas distintas ou com níveis de dificuldade variados exige tempo e dedicação consideráveis.

O uso de ferramentas automatizadas pode auxiliar na superação dessas barreiras, oferecendo suporte tecnológico para a criação de questões que mantenham coerência conceitual e pedagógica. Em especial, na Matemática, é possível empregar algoritmos que variam parâmetros numéricos, contextos e enunciados, mantendo a estrutura lógica da questão. Essa abordagem contribui para a diversificação dos instrumentos avaliativos e reduz a repetição de exercícios idênticos, algo comum em materiais tradicionais.

Dessa forma, o desenvolvimento de sistemas que geram automaticamente questões de Matemática pode representar um avanço significativo na forma como se planeja e se executa a avaliação escolar, ampliando as possibilidades de ensino personalizado e adaptativo (Júnior et al., 2023a).

2.3 Geração Automática de Questões

A Geração Automática de Questões (GAQ), ou *Automatic Item Generation* (AIG), é um campo de pesquisa que busca desenvolver métodos computacionais capazes de produzir itens avaliativos automaticamente, a partir de regras, modelos ou bancos de dados predefinidos. Essa técnica vem sendo explorada desde os anos 1990 em avaliações de larga escala, com o intuito de aumentar a eficiência na elaboração de itens e reduzir custos operacionais (Gierl and Haladyna, 2012).

Existem diferentes abordagens para a geração automática de questões, que variam conforme o tipo de dado de entrada e o objetivo pedagógico. As principais categorias incluem:

- Geração baseada em modelos de IA, na qual são utilizados modelos de linguagem natural (como GPT, BERT ou T5) para criar enunciados, alternativas e gabaritos de forma contextualizada;
- Geração baseada em regras e parâmetros, em que se definem estruturas fixas de questões (conhecidas como item shells) com variáveis que podem ser modificadas, permitindo a criação de múltiplas versões de uma mesma questão;
- Geração a partir de textos ou conteúdos didáticos, que envolve o uso de técnicas de Processamento de Linguagem Natural (PLN) para extrair informações de livros, apostilas ou bases de dados textuais e transformá-las em questões coerentes.

Diversos estudos têm demonstrado o potencial da GAQ na educação. AIG permite a criação de grandes volumes de questões equivalentes em dificuldade, o que melhora a qualidade psicométrica das avaliações. No Brasil, trabalhos como os de Kampff (2010) apresentam experiências práticas de geração automatizada de provas, reforçando o potencial dessa tecnologia em contextos escolares.

Com o avanço dos modelos de linguagem natural, especialmente os de IA generativa, tornou-se possível produzir questões completas a partir de descrições em texto livre, aproximando o processo computacional do raciocínio humano. No entanto, a utilização dessas ferramentas requer validação pedagógica, já que a IA pode gerar questões com erros conceituais ou inadequações ao contexto didático. Dessa forma, a integração entre IA e supervisão humana é essencial para garantir a qualidade e a confiabilidade dos itens gerados. Em termos práticos, um sistema de GAQ eficiente deve atender a três critérios fundamentais:

- Coerência e clareza linguística — a questão deve ser compreensível e livre de ambiguidades;
- Relevância pedagógica — o conteúdo deve estar alinhado à BNCC e às habilidades que se deseja avaliar; e
- Adequação de dificuldade — o item deve corresponder ao nível cognitivo esperado para a etapa de ensino.

Portanto, a GAQ não se resume a um processo técnico de geração de texto, mas também envolve princípios pedagógicos, psicométricos e linguísticos que asseguram a validade educacional das questões produzidas.

2.4 Validação de Ferramentas Educacionais

A criação de uma ferramenta tecnológica voltada à educação deve ser acompanhada por um processo de validação, a fim de garantir que o sistema realmente atenda às necessidades de seus usuários e cumpra seus objetivos pedagógicos. A validação pode ocorrer em diferentes dimensões: usabilidade, eficácia pedagógica, aceitação pelo usuário e confiabilidade dos resultados.

De acordo com Norman and Nielsen (2021), a usabilidade de um sistema está relacionada à facilidade com que os usuários interagem com ele para alcançar seus objetivos. Em plataformas educacionais, isso significa oferecer interfaces intuitivas, respostas rápidas e fluxos de navegação claros, especialmente para públicos heterogêneos como alunos e professores. A aplicação de questionários padronizados, como o *System Usability Scale* (SUS), é uma prática comum para mensurar a percepção de usabilidade.

No campo pedagógico, a validação de conteúdo busca avaliar a pertinência e a qualidade das questões geradas, considerando critérios como clareza, relevância e adequação ao público-alvo. Para isso, é comum envolver especialistas da área — no caso deste estudo, professores de Matemática — que analisam e atribuem notas ou comentários qualitativos às questões produzidas automaticamente.

A combinação de métodos quantitativos (como médias de satisfação) e qualitativos (como análise de comentários) oferece uma visão abrangente da eficácia da ferramenta. Essa abordagem mista é amplamente recomendada em pesquisas aplicadas em educação e tecnologia, pois permite avaliar não apenas o desempenho técnico do sistema, mas também sua aceitação social e pedagógica.

Portanto, o processo de validação é uma etapa essencial em projetos de desenvolvimento de EdTechs. Ele garante que a inovação tecnológica se traduza em benefícios concretos para o processo de ensino-aprendizagem, reforçando o compromisso científico e ético do trabalho.

2.5 Considerações do Capítulo

A revisão teórica apresentada neste capítulo evidencia que a convergência entre educação, tecnologia digital e inteligência artificial vem redefinindo as práticas de ensino, aprendizagem e avaliação, especialmente no contexto do Ensino Médio. Verificou-se que a geração automática de questões desponta como uma alternativa viável às limitações do modelo tradicional de elaboração manual, ao possibilitar maior escalabilidade, diversidade de itens, personalização e otimização do tempo docente, desde que acompanhada de critérios pedagógicos e de validações adequadas.

Além disso, destacou-se que o uso de ferramentas baseadas em IA, embora promissor, exige cuidados quanto à qualidade conceitual, à clareza linguística e ao alinhamento às diretrizes da BNCC, reforçando a necessidade de supervisão humana e de processos sistemáticos de validação. Nesse sentido, a literatura também aponta que a avaliação de ferramentas educacionais deve contemplar dimensões como usabilidade, aceitação pelos usuários e adequação pedagógica, aspectos fundamentais para sua efetiva adoção na prática escolar.

Esses fundamentos teóricos sustentam diretamente as escolhas metodológicas deste trabalho. Com base neles, definiu-se uma abordagem de desenvolvimento seguida de validação com especialistas, descrita no capítulo de metodologia, visando não apenas implementar uma solução tecnológica funcional, mas também assegurar sua qualidade educacional, usabilidade e relevância pedagógica. Assim, a etapa metodológica proposta ancora-se nos referenciais aqui discutidos, garantindo coerência entre os fundamentos teóricos, o processo de construção do artefato e os procedimentos de avaliação adotados.

Capítulo 3

Metodologia

Este capítulo descreve a metodologia adotada para o desenvolvimento e a validação da plataforma de geração automática de questões de Matemática proposta neste trabalho. Considerando o caráter aplicado da pesquisa, optou-se pela abordagem da *Design Science Research* (DSR), por seu foco na construção e na avaliação de artefatos tecnológicos.

São apresentados a abordagem geral da pesquisa, as etapas do processo de DSR, os procedimentos de design e desenvolvimento do sistema, bem como os métodos utilizados na avaliação do artefato. O capítulo estabelece, assim, a conexão entre a fundamentação teórica e a implementação prática da proposta.

3.1 Abordagem Geral

Esta pesquisa adota a abordagem da DSR, por se tratar de um estudo aplicado cujo objetivo principal é a concepção, o desenvolvimento e a validação de um artefato tecnológico voltado à solução de um problema educacional concreto. A DSR é especialmente adequada a esse tipo de investigação por integrar, de forma sistemática, a construção de soluções computacionais à produção de conhecimento científico.

O método organiza a pesquisa em ciclos iterativos compostos pelas etapas de identificação do problema, definição dos objetivos da solução, design e desenvolvimento, demonstração, avaliação e comunicação, permitindo o refinamento contínuo do artefato com base em evidências empíricas (Peppers et al., 2018). Essa estrutura favorece tanto o rigor científico quanto a relevância prática da solução proposta.

No contexto deste trabalho, a DSR foi aplicada para orientar todo o processo de desenvolvimento da plataforma de geração automática de questões de Matemática para o Ensino Médio, assegurando a coerência entre os objetivos da pesquisa, a fundamentação teórica apresentada no Capítulo 2 e as decisões técnicas e pedagógicas adotadas ao longo do projeto.

3.2 Processo da DSR

O processo metodológico desta pesquisa segue as seis etapas da *Design Science Research* propostas por Peppers et al. (2018): (i) identificação do problema e da motivação, (ii) definição dos objetivos da solução, (iii) design e desenvolvimento, (iv) demonstração, (v) avaliação e (vi) comunicação. Cada uma dessas etapas foi operacionalizada de forma

sistemática, com a definição de atividades, artefatos intermediários e evidências empíricas associadas.

A Figura 3.1 apresenta uma visão geral do processo adotado, bem como as principais saídas e entregáveis de cada etapa. Essa organização permitiu estruturar o desenvolvimento da plataforma de forma iterativa, possibilitando ajustes progressivos nos requisitos, na arquitetura do sistema e nos mecanismos de geração automática de questões, à medida que novos dados e *feedbacks* eram incorporados.

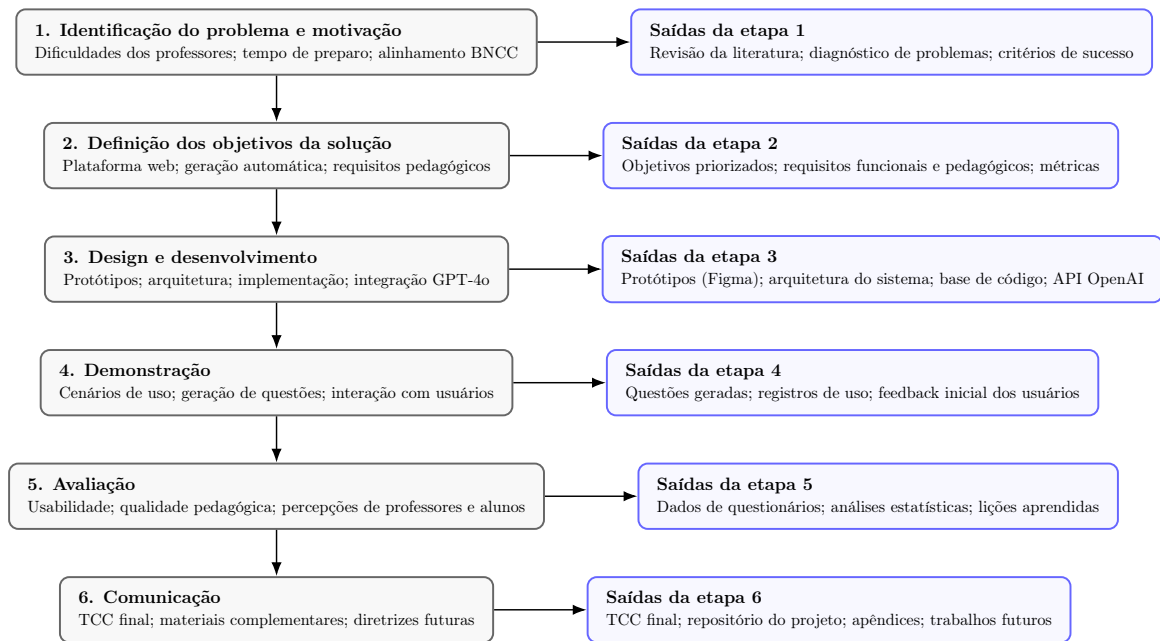


Figura 3.1: Etapas da DSR e principais saídas/entregáveis de cada etapa.

Fonte: Autor

As subseções a seguir detalham a execução de cada etapa da DSR no contexto desta pesquisa, evidenciando como a abordagem metodológica orientou tanto as decisões técnicas quanto as pedagógicas envolvidas na construção e validação do artefato.

3.2.1 Identificação do problema e motivação

A identificação do problema desta pesquisa fundamentou-se em duas frentes complementares: (i) a revisão da literatura sobre ensino de Matemática, avaliação educacional e geração automática de questões; e (ii) a coleta empírica de percepções de alunos e professores do Ensino Médio, por meio de questionários estruturados. Esses instrumentos permitiram caracterizar dificuldades reais enfrentadas no cotidiano escolar, fortalecendo a ancoragem prática do estudo.

Os instrumentos aplicados aos alunos e professores são apresentados, respectivamente, nos Apêndices B e C. Os resultados detalhados encontram-se nos Apêndices F e G. Nesta subseção, apresenta-se uma síntese analítica dos achados mais relevantes para a formulação do problema de pesquisa.

Do ponto de vista discente, os dados revelam que a clareza das questões ainda se apresenta como um fator limitante: apenas 45,8% dos estudantes concordam que os enunciados são sempre claros, enquanto 33,3% discordam dessa afirmação. Esse resultado indica que a formulação dos problemas matemáticos impacta diretamente a compreensão

conceitual, especialmente em conteúdos que exigem interpretação textual associada ao raciocínio lógico.

Outro achado expressivo refere-se à variedade das atividades: 89,6% dos alunos afirmaram que as atividades poderiam ser mais variadas e dinâmicas. Além disso, 81,2% indicaram aprender melhor quando as questões se relacionam ao seu cotidiano, e 77,1% reconheceram que a forma de elaboração das questões influencia diretamente seu interesse pela disciplina. Esses resultados reforçam a necessidade de avaliações mais contextualizadas, diversificadas e alinhadas à realidade dos estudantes, conforme preconiza a BNCC.

Do ponto de vista docente, os resultados revelam uma sobrecarga na elaboração manual de avaliações. Cerca de 80% dos professores afirmaram que a criação de questões consome muito tempo, e 70% apontaram a falta de diversidade nos bancos de questões disponíveis. Esses dados evidenciam uma limitação estrutural no apoio à prática avaliativa, especialmente quanto à produção contínua de materiais atualizados e parametrizáveis.

Por outro lado, a aceitação de ferramentas automáticas e de Inteligência Artificial mostrou-se extremamente elevada: 100% dos docentes afirmaram que tais recursos podem facilitar o trabalho pedagógico e manifestaram interesse em utilizá-los para criação de questões. Contudo, 60% também expressaram receio quanto à confiabilidade conceitual e ao alinhamento curricular de questões geradas por IA, destacando a importância da supervisão humana e de mecanismos de validação.

De forma complementar, as respostas abertas indicaram expectativas claras em relação a uma ferramenta de apoio: possibilidade de parametrização por conteúdo, série e nível de dificuldade; geração de questões contextualizadas; possibilidade de edição manual; alinhamento explícito à BNCC; e organização por habilidades e competências.

Em síntese, o diagnóstico empírico revelou um cenário convergente: alunos demandam avaliações mais claras, contextualizadas e motivadoras; professores enfrentam limitações de tempo e de diversidade de materiais, mas demonstram elevada abertura ao uso de Inteligência Artificial, desde que acompanhada de controle pedagógico. Esse conjunto de evidências fundamenta diretamente o problema central desta pesquisa e justifica o desenvolvimento de uma plataforma de geração automática de questões como apoio ao processo de ensino-aprendizagem em Matemática.

3.2.2 Definição dos objetivos da solução

A partir da problemática identificada, procedeu-se à definição dos objetivos da solução, etapa que visa estabelecer com clareza o propósito do artefato a ser desenvolvido e os critérios que nortearão sua construção e posterior avaliação. Essa etapa é fundamental na DSR, pois orienta as decisões técnicas e pedagógicas ao longo de todo o processo de desenvolvimento.

O objetivo geral do artefato consiste em desenvolver uma plataforma web capaz de gerar automaticamente questões de Matemática para o Ensino Médio, integrando modelos de linguagem de larga escala a princípios pedagógicos consolidados. Busca-se, assim, oferecer suporte efetivo ao professor no planejamento de atividades avaliativas e formativas, bem como aos estudantes no processo de aprendizagem.

Como objetivos específicos, definiram-se: (i) disponibilizar uma interface intuitiva e acessível para professores e alunos; (ii) permitir a parametrização das questões por ano escolar, conteúdo e nível de dificuldade; (iii) assegurar a geração de questões claras, contextualizadas e conceitualmente corretas; (iv) promover o alinhamento automático das questões às competências e habilidades previstas na BNCC; e (v) incorporar mecanismos

de avaliação da qualidade pedagógica dos itens gerados.

Esses objetivos serviram como referência para a etapa de design e desenvolvimento do artefato, bem como para a definição dos indicadores utilizados na fase de avaliação, garantindo coerência entre o problema investigado, a solução proposta e os procedimentos metodológicos adotados.

3.2.3 Design e desenvolvimento

A etapa de design e desenvolvimento corresponde à materialização da solução proposta, na qual os requisitos definidos na fase anterior foram traduzidos em uma arquitetura de sistema e em um artefato funcional. Essa etapa foi conduzida de forma incremental e iterativa, organizada nas seguintes fases:

1. **Protótipo de interface:** elaboração de *wireframes* e definição dos fluxos de navegação da plataforma, por meio da ferramenta *Figma*, com validação inicial junto a professores, visando avaliar aspectos de usabilidade e a organização das funcionalidades.
2. **Implementação do front-end:** desenvolvimento da interface web com o *framework* Next.js e a linguagem TypeScript, com foco em responsividade, acessibilidade e clareza visual para os usuários.
3. **Implementação do back-end:** construção de uma API REST com Express, responsável pelo processamento das requisições, gerenciamento de usuários e comunicação com os serviços externos de inteligência artificial.
4. **Integração com a IA:** integração com a API da OpenAI, por meio do modelo GPT-4o, possibilitando a geração automática de questões com base em parâmetros definidos pelo usuário, como conteúdo, ano escolar e nível de dificuldade.
5. **Módulo de geração e validação:** implementação dos mecanismos de construção de *prompts*, verificação da coerência dos enunciados, da consistência das alternativas e da definição do gabarito das questões geradas.
6. **Refinamento e testes:** realização de ciclos de testes funcionais, ajustes de usabilidade, tratamento de exceções e melhorias progressivas no sistema, com base no *feedback* inicial dos usuários.

Essa abordagem incremental permitiu maior controle do processo de desenvolvimento, assegurando a estabilidade técnica e a aderência aos objetivos pedagógicos definidos para a plataforma.

3.2.4 Demonstração

A etapa de demonstração teve como objetivo evidenciar a aplicabilidade do artefato desenvolvido em um contexto real de uso, verificando seu funcionamento prático e sua adequação às necessidades dos usuários. Essa fase foi conduzida por meio de cenários controlados de utilização da plataforma, organizados nas seguintes etapas:

1. **Definição dos cenários de uso:** elaboração de cenários representativos do contexto escolar, contemplando diferentes anos do Ensino Médio, conteúdos matemáticos distintos e níveis de dificuldade variados.

2. **Configuração dos parâmetros:** definição, na plataforma, dos parâmetros de geração de questões, tais como série, tema, nível de complexidade e alinhamento às competências da BNCC.
3. **Geração automática das questões:** execução do processo de geração dos itens por meio do módulo integrado de inteligência artificial, resultando em enunciados, alternativas e gabaritos.
4. **Interação dos usuários:** uso da plataforma por professores e estudantes, permitindo avaliar a usabilidade, a clareza das questões e a fluidez do processo de interação.
5. **Registro de evidências:** coleta de registros de uso, de resultados das gerações e de *feedbacks* iniciais dos usuários, que serviram de subsídio para a etapa de avaliação.

A demonstração permitiu verificar, de forma preliminar, a viabilidade funcional da plataforma e seu potencial de aplicação no contexto do ensino de Matemática no Ensino Médio, fornecendo insumos relevantes para a fase subsequente de avaliação.

3.2.5 Avaliação

A etapa de avaliação teve como objetivo verificar a qualidade, a usabilidade e a adequação pedagógica do artefato desenvolvido, bem como sua efetividade em atender aos objetivos propostos. Para isso, foi adotada uma abordagem de métodos mistos, envolvendo estudantes e professores do IFPB Campus Campina Grande, organizada nas seguintes etapas:

1. **Definição do público participante:** a avaliação contou com a participação de estudantes e professores, selecionados por conveniência, todos vinculados ao contexto do Ensino Médio e à área de Matemática.
2. **Elaboração dos instrumentos:** desenvolvimento de questionários estruturados em escala *Likert* de 5 pontos, que é um método comum para medir atitudes, usando uma escala simétrica de concordância ou satisfação com cinco opções, incluindo um ponto médio neutro, variando de um extremo negativo a um positivo, como "Discordo Totalmente" a "Concordo Totalmente", para avaliação da usabilidade, clareza, relevância pedagógica e utilidade percebida da plataforma, além de roteiros para entrevistas semiestruturadas.
3. **Aplicação dos questionários:** aplicação dos instrumentos quantitativos após o uso da plataforma, permitindo a coleta sistemática das percepções dos participantes sobre a experiência de uso.
4. **Realização das entrevistas:** condução de entrevistas semiestruturadas com parte dos participantes, visando aprofundar a compreensão dos pontos fortes, limitações e possibilidades de melhoria do sistema.
5. **Análise das questões geradas:** avaliação qualitativa das questões produzidas automaticamente, realizada por professores de Matemática, considerando critérios de clareza, correção conceitual, nível de dificuldade e alinhamento à BNCC.

6. **Tratamento dos dados:** análise dos dados quantitativos por meio de estatísticas descritivas e interpretação dos dados qualitativos por meio de categorização temática.

Os resultados dessa etapa permitiram mensurar o grau de aceitação da plataforma, sua adequação pedagógica e sua efetividade como ferramenta de apoio ao processo de ensino-aprendizagem, fornecendo subsídios para a consolidação das conclusões do estudo.

3.2.6 Comunicação

A etapa de comunicação teve como objetivo tornar públicos os resultados da pesquisa, o artefato desenvolvido e os conhecimentos produzidos ao longo do estudo, garantindo transparência, reprodutibilidade e impacto social da solução. Essa etapa foi organizada nas seguintes ações:

1. **Disponibilização da plataforma:** publicação da ferramenta em ambiente web, permitindo o acesso remoto por professores e estudantes para uso em atividades educacionais reais.
2. **Hospedagem e acesso público:** configuração da infraestrutura de hospedagem do sistema, assegurando estabilidade, disponibilidade e segurança básica para os usuários.
3. **Documentação do sistema:** elaboração da documentação técnica e do guia de uso da plataforma, contendo orientações sobre funcionalidades, parametrização das questões e boas práticas de uso.
4. **Disponibilização do código-fonte:** organização do repositório do projeto, contendo o código do sistema, a estrutura da aplicação e instruções para instalação local, visando à reprodutibilidade da pesquisa.
5. **Divulgação científica:** apresentação dos resultados por meio deste Trabalho de Conclusão de Curso e submissão de artigos a eventos e periódicos da área de Informática na Educação.
6. **Materiais complementares:** inclusão, como apêndices e anexos, dos instrumentos de pesquisa utilizados, exemplos de *prompts*, telas do sistema e registros da avaliação.

Essa etapa assegura que o artefato desenvolvido ultrapasse o caráter experimental, tornando-se acessível à comunidade educacional e científica, ao mesmo tempo em que fortalece a contribuição acadêmica e prática do estudo.

3.3 Considerações do Capítulo

Este capítulo apresentou a metodologia adotada para a condução da pesquisa, fundamentada na abordagem da DSR, detalhando, de forma sistemática, cada uma de suas seis etapas: identificação do problema, definição dos objetivos da solução, design e desenvolvimento, demonstração, avaliação e comunicação. A aplicação dessa abordagem permitiu estruturar o desenvolvimento da plataforma de geração automática de questões de Matemática com rigor científico, assegurando a rastreabilidade das decisões de projeto

e a coerência entre os objetivos da pesquisa, a fundamentação teórica e a implementação do artefato.

Além disso, foram descritos os procedimentos técnicos e pedagógicos adotados em cada fase, bem como os instrumentos empregados para avaliar a usabilidade e a adequação educacional da plataforma. A disponibilização pública da ferramenta e de seus materiais complementares reforça o compromisso com a transparência, a reprodutibilidade e o impacto social da pesquisa.

No próximo capítulo, são apresentados e analisados os resultados referentes à percepção inicial de professores e alunos sobre os desafios enfrentados no estudo da Matemática e na elaboração de avaliações, bem como os dados da avaliação do artefato desenvolvido. Essa análise permitirá discutir, à luz dos objetivos propostos, o potencial da plataforma como ferramenta de apoio ao processo de ensino-aprendizagem.

Capítulo 4

Desenvolvimento e Demonstração do Sistema

Este capítulo apresenta o processo de concepção, desenvolvimento e demonstração da plataforma web desenvolvida para geração automática de questões de múltipla escolha com base em filtros de conteúdo. O sistema foi projetado para atender professores e alunos, automatizando a criação de questões alinhadas a ementa da disciplina de matemática do ensino médio, utilizando o modelo de linguagem *GPT-4o*, da OpenAI.

4.1 Arquitetura do Sistema

A arquitetura da aplicação foi estruturada em três camadas principais — apresentação, aplicação e dados — conforme ilustrado na Figura 4.1. Essa separação visa manter a modularidade, escalabilidade e facilidade de manutenção (Kambalyal, 2010).

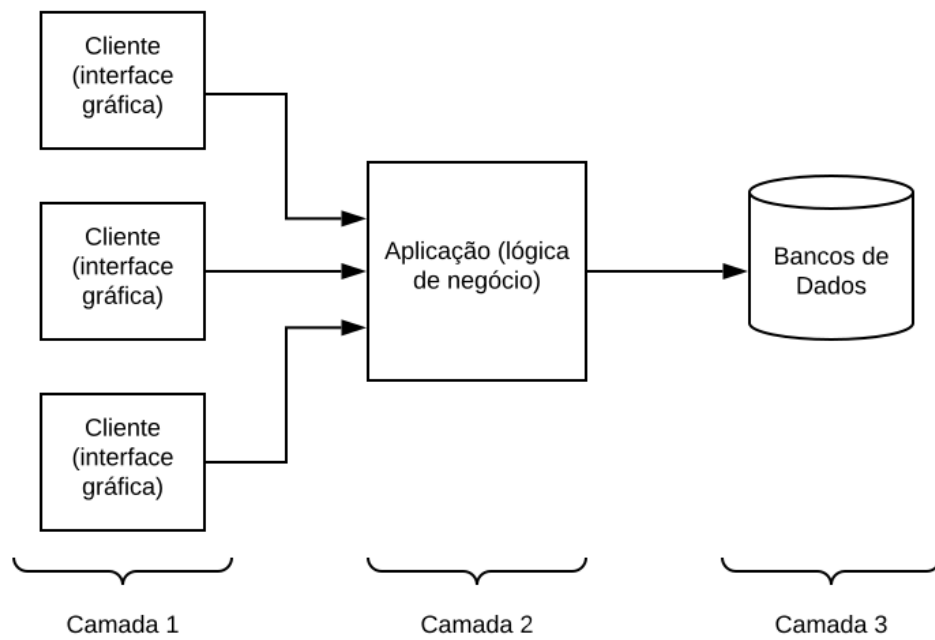


Figura 4.1: Arquitetura geral do sistema de geração de questões. Fonte: Adaptado de <https://engsoftmoderna.info/cap7.html>

A **camada de apresentação (front-end)** foi implementada em *Next.js 14* com *TypeScript*, adotando uma renderização híbrida e componentes reativos baseados em *React*. Essa camada fornece uma interface simples e responsiva, permitindo que o usuário selecione filtros de geração (ano, assunto, dificuldade e quantidade) e visualize as questões geradas. O design foi guiado por princípios de usabilidade e clareza, com ênfase na experiência de professores e de alunos.

A **camada de aplicação (back-end)** foi desenvolvida em *Node.js* com o framework *Express*. Ela concentra as regras de negócio, autenticação via *JWT* e comunicação com o modelo *GPT-4o* usando como parâmetro uma temperatura de 0.7 ao longo dos testes. O servidor processa os filtros enviados pelo usuário, gera o prompt adequado, envia a requisição à API da OpenAI e retorna ao front-end apenas as questões validadas e formatadas.

A **camada de dados** utiliza *SQLite* como banco de dados relacional leve, armazenando informações de usuários, logs de geração e histórico de questões. A escolha do *SQLite* deve-se à sua simplicidade e portabilidade, adequadas a protótipos e MVPs.

A integração com o modelo de linguagem ocorre de forma controlada: o back-end constrói o prompt com base nos filtros selecionados, envia-o à API e aplica verificações automáticas para garantir que as questões retornadas possuam enunciado, alternativas e resposta correta bem definidos. Essa verificação atua como um *guardrail* de consistência, reduzindo imprecisões típicas de modelos de linguagem generativos.

4.1.1 Custos e Latência do Sistema

Durante a fase de avaliação do sistema, foram observadas métricas relacionadas ao custo operacional e à latência de resposta da plataforma, considerando o uso da API de

modelos de linguagem.

Nos testes realizados com turmas do Ensino Médio, a plataforma registrou um total de 299 requisições para geração de questões, consumindo aproximadamente 158.886 tokens de entrada, com um custo total de US\$ 3,64. Isso corresponde a um custo médio de aproximadamente US\$ 0,012 por requisição, evidenciando que o uso da API apresenta baixo custo operacional para o volume de interações observado.

Em relação à latência, o tempo de resposta entre a solicitação e a entrega das questões variou conforme a complexidade do *prompt* e a carga do serviço externo, atingindo, no pior dos casos, aproximadamente 20 segundos. Apesar disso, a latência foi considerada aceitável no contexto educacional avaliado, uma vez que a geração de questões não exige resposta em tempo real, diferentemente de aplicações críticas.

Esses resultados indicam que a solução proposta é viável do ponto de vista econômico e operacional para uso em ambientes educacionais, especialmente em cenários de apoio ao estudo e de planejamento docente.

4.2 Testes

Os testes realizados tiveram como objetivo verificar o comportamento funcional do sistema e a consistência das questões geradas pelo modelo de linguagem. Adotou-se a metodologia de testes de *caixa preta*, concentrando-se na análise das entradas e saídas do sistema sem acesso direto à sua lógica interna. Essa abordagem permitiu avaliar se o sistema atendia corretamente aos requisitos definidos, especialmente quanto à geração e à exibição de questões de múltipla escolha.

Os testes foram conduzidos com uma turma do segundo ano do IFPB, Campus Campina Grande, durante aulas de Matemática. Cada participante interagiu com o sistema, aplicando filtros por ano, assunto, dificuldade e número de questões. As respostas geradas foram analisadas quanto à clareza do enunciado, à coerência das alternativas e à presença de uma resposta correta, bem definida.

A análise detalhada dos resultados e a discussão sobre a eficácia do modelo na geração de questões de qualidade serão apresentadas em um capítulo posterior, dedicado à validação e avaliação dos resultados.

4.3 Principais Funcionalidades

A Tabela 4.1 resume as principais funcionalidades e requisitos implementados.

Tabela 4.1: Principais funcionalidades do sistema.

Funcionalidade	Descrição
Login de usuários	Acesso autenticado via JWT para professores e alunos.
Geração automática	Criação de questões a partir de filtros (ano, assunto, dificuldade e quantidade).
Visualização	Exibição estruturada das questões geradas, com enunciado, alternativas e resposta correta.
Responder questões	Permite que o aluno selecione alternativas e envie suas respostas para correção.
Retorno da resposta	Exibe o resultado da tentativa, indicando se a resposta foi correta ou incorreta.
Mensagem motivacional	Exibe uma mensagem personalizada de incentivo após cada resposta enviada.

Fonte: Autor

4.4 Interface e Demonstração do Sistema

A plataforma foi projetada com foco em simplicidade, clareza e acessibilidade, permitindo que estudantes e professores utilizem suas funcionalidades sem necessidade de instruções adicionais. A interface é responsiva, adaptando-se adequadamente a dispositivos móveis, computadores e tablets, o que favorece seu uso no ambiente escolar.

Ao acessar o sistema, o usuário é direcionado para a página inicial, onde encontra as opções principais: realizar login ou cadastrar-se. Após o acesso, o usuário é conduzido ao painel principal, no qual são exibidos os módulos de geração de questões e de gerenciamento de atividades. Cada módulo segue um padrão visual uniforme, garantindo continuidade e facilidade de reconhecimento.

O módulo de geração de questões é o núcleo da aplicação. Nele, o usuário seleciona filtros como ano escolar, assunto, nível de dificuldade e número de itens. A plataforma processa essas informações e envia uma requisição ao back-end, retornando um conjunto de questões estruturadas, composto por enunciado, alternativas e resposta correta. Em seguida, o usuário pode visualizar as questões individualmente ou solicitar novas versões com parâmetros distintos.

Durante o desenvolvimento, buscou-se reduzir o número de etapas para realizar ações comuns e para gerar questões. A utilização de botões amplos, espaços bem definidos e textos curtos contribuiu para tornar a navegação intuitiva, especialmente para alunos do Ensino Médio.

Por fim, as telas completas da plataforma — incluindo a página inicial, o login, os filtros, a geração de questões e a visualização dos itens — encontram-se reunidas no Apêndice I.

4.5 Lições e Ajustes de Desenvolvimento

Durante o processo de implementação, observou-se que a consistência das questões variava significativamente conforme a formulação do *prompt* e o nível de especificidade das restrições fornecidas ao modelo. Em versões iniciais, respostas com enunciados ambíguos, alternativas repetidas ou ausência explícita do gabarito ocorreram com maior frequência. Para mitigar esses problemas, o *prompt* foi iterativamente refinado, passando a incluir:

(i) requisitos de formato (campos obrigatórios e ordem de apresentação), (ii) restrições de conteúdo (aderência ao assunto e ao nível de dificuldade selecionados) e (iii) instruções para evitar armadilhas comuns, como alternativas semanticamente equivalentes ou valores inconsistentes em cálculos.

Paralelamente, implementou-se uma validação automática do retorno do modelo, atuando como um *guardrail* estrutural. Na prática, o *back-end* verifica se cada item contém enunciado, um conjunto completo de alternativas e a indicação da resposta correta, além de verificar se o número de alternativas corresponde ao padrão adotado e se não há campos vazios. Quando a resposta falha nesses critérios, o sistema trata o caso por meio de mensagens de erro mais informativas ao usuário e, quando aplicável, solicita uma nova geração, reduzindo a incidência de questões incompletas na interface.

Do ponto de vista de experiência do usuário, ajustes na interface e na comunicação de estados (carregamento, sucesso e falha) mostraram-se essenciais para aumentar a percepção de confiabilidade. Foram incluídos indicadores visuais durante a geração, textos de apoio para orientar a escolha de filtros e mensagens de erro objetivas, evitando que o usuário interpretasse atrasos como falhas do sistema. Também foram feitos ajustes de organização visual para reduzir a carga cognitiva, principalmente no fluxo de resposta a questões, no qual *feedback* imediato (correto/incorreto) e mensagens motivacionais contribuíram para manter o engajamento.

Entre os desafios enfrentados, destacam-se:

- **Controle do tempo de resposta e da latência:** a latência variou conforme o tamanho do *prompt*, a quantidade de questões solicitadas e a disponibilidade do serviço externo. Para reduzir o impacto, buscou-se simplificar as instruções, sem perder as restrições essenciais, além de ajustar a forma de envio e de processamento das requisições no *back-end*.
- **Tratamento de respostas incompletas ou mal formatadas:** foram necessários mecanismos de validação e de tratamento de exceções, uma vez que o LLM pode retornar saídas fora do padrão esperado. A estratégia adotada priorizou bloquear a exibição de itens inválidos e orientar o usuário a gerá-los novamente quando necessário.
- **Segurança de *tokens* e chaves de API:** as chaves foram mantidas exclusivamente no *back-end* e carregadas por meio de variáveis de ambiente, evitando a exposição ao cliente. Adicionalmente, cuidados foram adotados para registrar logs sem vaziar informações sensíveis e para restringir operações autenticadas por meio de *JWT*.

Essas melhorias progressivas resultaram em uma versão mais robusta e estável da plataforma, adequada para demonstrações e avaliações de usabilidade, além de fornecer insumos práticos sobre como integrar modelos de linguagem a sistemas educacionais, com maior previsibilidade, segurança e qualidade de saída.

4.6 Considerações do Capítulo

Este capítulo descreveu o processo de desenvolvimento e demonstração da plataforma proposta para geração automática de questões de múltipla escolha, detalhando a arquitetura em camadas, as tecnologias empregadas e o fluxo de interação do usuário. A separação entre *front-end*, *back-end* e camada de dados contribuiu para a organização do

sistema, facilitando a manutenção e permitindo uma integração controlada com o modelo de linguagem, por meio da construção de *prompts* e de verificações automáticas de consistência (*guardrails*).

Além disso, foram apresentados resultados operacionais preliminares referentes a custo e latência, indicando viabilidade de uso no cenário educacional avaliado, bem como a estratégia de testes funcionais em abordagem de caixa-preta com estudantes do Ensino Médio. As funcionalidades implementadas — como autenticação, filtros de geração, visualização estruturada, resolução de questões e *feedback* ao aluno — evidenciam que o sistema atende aos principais requisitos definidos para apoiar tanto o planejamento docente quanto as atividades de estudo.

Por fim, as lições e ajustes de desenvolvimento reforçam a importância de iterações sobre o *prompt* e de mecanismos de validação automática para mitigar respostas incompletas ou mal formatadas, além de cuidados de segurança no uso de chaves e *tokens*. No próximo capítulo, serão detalhados o processo de avaliação, os resultados obtidos com os usuários e as implicações pedagógicas e técnicas observadas.

Capítulo 5

Avaliação

Este capítulo apresenta a avaliação empírica da plataforma de geração automática de questões de Matemática, realizada com estudantes e professores do Ensino Médio. O objetivo central é analisar o uso inicial do artefato em contexto educacional real, verificando em que medida ele é percebido como útil, fácil de usar e pedagogicamente adequado para o apoio ao ensino e à aprendizagem.

Os resultados apresentados ao longo deste capítulo consolidam tanto métricas quantitativas (frequências, proporções de concordância e indicadores de aceitação) quanto evidências qualitativas provenientes de respostas abertas, permitindo uma visão mais rica e contextualizada do desempenho do artefato. Ao final, são discutidas as ameaças à validade do estudo e sintetizadas as principais contribuições e limitações da avaliação, preparando o terreno para as conclusões e as perspectivas de trabalhos futuros, desenvolvidas no próximo capítulo.

5.1 Avaliação com Alunos

Esta seção apresenta a avaliação da plataforma sob a perspectiva dos estudantes do Ensino Médio, com foco na experiência inicial de uso, na usabilidade, na utilidade percebida e na intenção de utilização da ferramenta. A seguir, são descritos os procedimentos adotados e os principais resultados obtidos.

5.1.1 Configuração do Estudo

O presente trabalho adota um desenho de estudo **descritivo-exploratório**, com **abordagem mista** (quantitativa e qualitativa), integrado ao processo de *Design Science Research* (DSR). Esse desenho é apropriado quando o objetivo principal é compreender as percepções, necessidades e dificuldades dos usuários, ao mesmo tempo em que se avalia um artefato tecnológico em desenvolvimento.

Do ponto de vista quantitativo, foram utilizadas escalas do tipo *Likert* para mensurar as percepções de facilidade de uso, utilidade percebida, atitude em relação ao uso e intenção de uso futuro dos estudantes. Complementarmente, a abordagem qualitativa permitiu captar informações subjetivas por meio de perguntas abertas, explorando dificuldades enfrentadas pelos alunos no estudo de Matemática, desafios relatados pelos professores na elaboração de questões e sugestões espontâneas para o aprimoramento da plataforma.

No contexto da DSR, esse desenho cumpre as etapas de demonstração e avaliação do artefato: os estudantes utilizaram a plataforma antes de responderem ao instrumento

avaliativo. Dessa forma, as evidências coletadas refletem tanto a experiência prática de uso quanto o julgamento pedagógico especializado, assegurando uma avaliação coerente com os objetivos do estudo.

Participantes e Amostragem. Participaram deste estudo estudantes do Ensino Médio do IFPB *Campus* Campina Grande, com amostras distintas em cada fase da pesquisa. Para o levantamento sobre Percepções e Desafios do Ensino de Matemática (PDEM), participaram 47 estudantes, com predominância do terceiro ano e representantes dos segundo e primeiro anos. Já na avaliação da plataforma, contou-se com 49 estudantes, distribuídos de forma equilibrada entre diferentes níveis de experiência - aproximadamente 60% do segundo ano e 40% do terceiro ano.

Variáveis e Métricas. A análise dos dados integrou abordagens quantitativas e qualitativas. Do ponto de vista quantitativo, foram examinadas as frequências de respostas, as medidas de tendência central, as proporções de dificuldades reportadas e os índices de satisfação com o uso da plataforma. Na vertente qualitativa, as informações coletadas foram submetidas à análise de conteúdo e síntese temática, com o objetivo de identificar padrões recorrentes nas percepções, sentimentos, justificativas e sugestões espontâneas dos participantes. Dessa forma, a integração entre dados numéricos e relatos subjetivos permitiu uma análise mais rica e contextualizada, elucidando não apenas o desempenho da ferramenta, mas também sua recepção no ambiente educacional..

Procedimentos. A condução da avaliação seguiu um protocolo estruturado, descrito integralmente no Apêndice A, que orientou cada etapa do processo de coleta junto aos estudantes. Esse protocolo incluía instruções padronizadas para a apresentação do estudo, a demonstração inicial da plataforma, a orientação para a execução das tarefas e orientações éticas relacionadas ao sigilo e ao consentimento dos participantes.

A aplicação ocorreu presencialmente, em sala de aula. Inicialmente, realizou-se uma sessão de treinamento, no qual foram apresentados os objetivos da pesquisa, as condições de participação, as garantias de anonimato e a natureza voluntária do estudo. Em seguida, os estudantes acessaram a plataforma e realizaram uma exploração guiada, utilizando filtros simples para gerar questões e familiarizar-se com a interface. Após essa etapa prática, cada participante respondeu individualmente ao formulário avaliativo, composto por itens em escala *Likert* e por perguntas abertas.

5.1.2 Resultados da avaliação

Os resultados desta etapa apresentam uma síntese das percepções dos estudantes sobre a plataforma desenvolvida, considerando tanto as respostas quantitativas quanto a análise qualitativa das respostas abertas. Os resultados completos, incluindo tabelas, gráficos e transcrições organizadas, encontram-se disponíveis no Apêndice ??.

Os resultados estão organizados conforme as quatro dimensões do *Technology Acceptance Model* (TAM). As tabelas apresentam os percentuais de concordância, neutralidade e discordância para cada afirmação avaliada.

Facilidade de Uso Percebida. Os dados da Tabela 5.1 indicam elevada aceitação da plataforma quanto à facilidade de uso, com percentuais de concordância superiores a 87% nos dois primeiros itens. O design também foi bem avaliado, embora com um pequeno aumento na percepção de dificuldade (12,2% de discordância), sugerindo oportunidades de melhoria visual e de organização dos elementos na interface.

Utilidade Percebida. A partir dos dados da Tabela 5.2, observa-se que a utilidade da plataforma foi amplamente reconhecida. Mais de 93% dos alunos consideraram as

Tabela 5.1: Facilidade de Uso Percebida

Afirmação	Concordo/CT (%)	Neutro (%)	Discordo/DT (%)
A plataforma é fácil de aprender a usar	89,8	8,2	2,0
Navegar pelas páginas e responder às questões foi simples	87,8	10,2	2,0
O design e a organização das telas facilitaram o uso	77,6	10,2	12,2

questões úteis, e quase 90% acreditam que a ferramenta pode melhorar o desempenho em Matemática. O único item com maior dispersão foi o ganho direto na compreensão dos conteúdos, sugerindo que a plataforma atua fortemente como ferramenta de treino, mas ainda pode evoluir no suporte conceitual.

Tabela 5.2: Utilidade Percebida

Afirmação	Concordo/CT (%)	Neutro (%)	Discordo/DT (%)
A plataforma ajudou a entender melhor os conteúdos	63,3	26,5	10,2
As questões são relevantes e úteis para estudar	93,9	4,1	2,0
Usar a plataforma pode melhorar meu desempenho	89,8	4,1	6,1
As questões estão adequadas ao nível de dificuldade	83,7	10,2	6,1
As questões estão adequadas ao tema/tópico	89,8	8,2	2,0

Atitude em Relação ao Uso. Os resultados indicam uma atitude amplamente positiva por parte dos estudantes. A maioria considerou a experiência interessante e agradável, reforçando o potencial motivacional da ferramenta como apoio ao estudo autônomo.

Tabela 5.3: Atitude em Relação ao Uso

Afirmação	Concordo/CT (%)	Neutro (%)	Discordo/DT (%)
Achei interessante estudar usando a plataforma	83,7	10,2	6,1
Usar a plataforma foi uma experiência agradável	85,7	6,1	8,2

Intenção de Uso Futuro. A intenção de uso futuro também se mostrou elevada. Mais de 83% dos alunos afirmaram que voltariam a utilizar a plataforma, e quase 88% indicaram que a recomendariam a colegas, reforçando o potencial de aceitação e disseminação espontânea da ferramenta no ambiente escolar.

De forma geral, os resultados indicam que a plataforma apresenta alta usabilidade, elevada utilidade percebida, atitude positiva dos usuários e intenção consistente de reutilização e recomendação. Em conjunto, esses achados demonstram que o sistema atende adequadamente aos principais construtos do TAM, evidenciando seu potencial de adoção como ferramenta complementar ao ensino de Matemática no Ensino Médio.

Tabela 5.4: Intenção de Uso Futuro

Afirmação	Concordo/CT (%)	Neutro (%)	Discordo/DT (%)
Eu voltaria a usar a plataforma em outros momentos	83,7	8,2	8,2
Eu recomendaria a plataforma a outros colegas	87,8	4,1	8,2

Sob a perspectiva quantitativa, a recepção dos alunos foi amplamente favorável. A maioria dos participantes avaliou positivamente a facilidade de uso, a organização da interface e a clareza do fluxo de navegação, relatando ter conseguido compreender as funcionalidades básicas e executar as tarefas propostas com relativa autonomia. Esses resultados sugerem que, mesmo em um estágio inicial de desenvolvimento, a plataforma já se apresenta como um ambiente acessível e compatível com o perfil dos usuários.

A análise qualitativa permitiu aprofundar a compreensão da experiência discente. Predominaram descrições positivas, como “boa”, “simples de usar” e “interessante”, ao mesmo tempo em que foram evidenciadas limitações técnicas importantes. Entre os problemas mais recorrentes destacam-se falhas na exibição das questões, tais como alternativas desformatadas, ausência de símbolos matemáticos e equações que não renderizavam corretamente. Embora tais ocorrências não tenham inviabilizado a atividade, indicam a necessidade de refinamentos na implementação técnica do sistema.

As respostas abertas também trouxeram elementos relevantes sobre as dificuldades estruturais enfrentadas pelos estudantes no aprendizado de Matemática, especialmente quanto à interpretação de enunciados, à compreensão dos conteúdos e à pouca dinamidade das aulas. Ainda que esses aspectos não estejam diretamente associados à plataforma, reforçam o papel que ferramentas digitais de apoio podem desempenhar na mediação do processo de aprendizagem. Nesse sentido, as sugestões apresentadas — como a inclusão de questões mais contextualizadas, multidisciplinares e alinhadas ao padrão do ENEM — apontam caminhos claros para o aprimoramento pedagógico do artefato.

De forma integrada, os resultados evidenciam que a plataforma foi bem aceita pelos estudantes, sobretudo em função de sua usabilidade e simplicidade, ao mesmo tempo em que revelam demandas por melhorias técnicas e pela expansão do escopo pedagógico. Tais achados retroalimentam diretamente o ciclo da DSR, conectando a avaliação empírica às decisões de refinamento e de evolução da solução proposta.

5.2 Avaliação com Professores

Esta seção apresenta a avaliação da plataforma sob a perspectiva dos professores de Matemática, com ênfase na qualidade pedagógica das questões geradas, na utilidade percebida e na intenção de adotar a ferramenta no contexto docente. A seguir, são descritos os procedimentos e os principais resultados obtidos.

5.2.1 Configuração do Estudo

O estudo com os professores também adotou um desenho descritivo-exploratório, com abordagem mista (quantitativa e qualitativa), integrado ao processo de DSR. Nesse caso, o foco principal foi avaliar a qualidade pedagógica das questões geradas automaticamente, bem como a aceitação da plataforma como ferramenta de apoio ao trabalho docente.

Do ponto de vista quantitativo, os professores avaliaram as questões geradas segundo critérios pedagógicos fundamentais, tais como: *correção conceitual, clareza dos enunciados, alinhamento com o conteúdo curricular, adequação do nível de dificuldade e relevância pedagógica*. Além disso, foram analisadas percepções sobre *utilidade da plataforma, facilidade de uso e intenção de adoção futura*.

Complementarmente, a abordagem qualitativa permitiu captar julgamentos mais refinados por meio de perguntas abertas, nas quais os docentes puderam relatar limitações das questões, confiabilidade do uso de Inteligência Artificial, sugestões de melhoria e possibilidades de uso da plataforma em diferentes contextos avaliativos.

No contexto da DSR, esse estudo cumpre diretamente a etapa de avaliação do artefato, uma vez que os professores analisaram criticamente um conjunto de questões geradas automaticamente pela plataforma, emitindo juízos técnicos e pedagógicos fundamentados em sua experiência profissional. Dessa forma, as evidências coletadas refletem não apenas a usabilidade do sistema, mas, sobretudo, sua validade educacional.

Participantes e Amostragem. Participaram desta etapa 04 professores de Matemática do IFPB Campus Campina Grande, com diferentes tempos de experiência docente e atuação em distintas séries do Ensino Médio. A amostragem foi do tipo *não probabilística por conveniência*, considerando a disponibilidade voluntária dos docentes para participar da pesquisa.

Variáveis e Métricas. A análise dos dados integrou procedimentos quantitativos e qualitativos. No plano quantitativo, foram analisados as frequências de respostas em escala *Likert*, as proporções de concordância com os critérios avaliados e os índices globais de aceitação da plataforma. No plano qualitativo, as respostas abertas foram submetidas à análise de conteúdo e categorização temática, permitindo identificar padrões recorrentes nas percepções dos docentes quanto à confiabilidade da ferramenta, limitações técnicas, riscos pedagógicos e potencial de aplicação em avaliações formais.

Procedimentos. A condução da avaliação com os professores também seguiu um protocolo estruturado. Inicialmente, os docentes receberam uma breve apresentação do objetivo do estudo e das funcionalidades da plataforma. Em seguida, foi disponibilizado um conjunto de questões geradas automaticamente, com variados conteúdos e níveis de dificuldade. Após a análise individual dos itens, os professores procederam ao preenchimento do formulário avaliativo.

Todo o processo foi realizado de forma remota, por meio de acesso ao sistema via navegador e do preenchimento do questionário eletrônico, resguardando-se os princípios éticos da pesquisa, especialmente quanto ao anonimato, ao consentimento esclarecido e ao uso exclusivamente acadêmico dos dados.

5.2.2 Resultados da avaliação com professores

A avaliação realizada pelos professores teve caráter predominantemente qualitativo, considerando o tamanho reduzido da amostra e o objetivo exploratório desta etapa da pesquisa. Os docentes analisaram as questões geradas pela plataforma com base em critérios relacionados à qualidade pedagógica, à clareza textual e à adequação ao contexto do Ensino Médio. A síntese quantitativa dessas avaliações é apresentada na Tabela ??, sendo utilizada apenas como apoio à interpretação dos resultados.

De forma geral, observou-se que as questões foram bem avaliadas quanto à correção conceitual, à relevância pedagógica e à construção das alternativas. Os professores indicaram que, na maioria dos casos, os itens apresentavam coerência matemática e potencial

para contribuir com o processo de aprendizagem, especialmente quando utilizados como material de apoio ou ponto de partida para a elaboração de atividades avaliativas.

Em contrapartida, aspectos relacionados à clareza da enunciação e à adequação do nível de dificuldade emergiram como os mais sensíveis. Os relatos docentes indicam que alguns enunciados apresentaram ambiguidades ou formulações pouco precisas, o que pode comprometer a interpretação por parte dos estudantes. Além disso, a calibração do nível de dificuldade foi apontada como um desafio relevante, com questões que, em alguns casos, não se mostraram plenamente condizentes com o ano escolar proposto.

O alinhamento curricular também foi avaliado de forma moderada. Embora os temas abordados estejam, em geral, relacionados aos conteúdos previstos para o Ensino Médio, os professores destacaram a necessidade de um ajuste mais refinado quanto às habilidades específicas da BNCC, sobretudo em conteúdos que exigem maior contextualização ou integração entre diferentes conceitos matemáticos.

A análise das respostas abertas reforça essas percepções. Os docentes ressaltaram a importância de aprimorar a redação dos enunciados, ajustar a complexidade das questões e ampliar a contextualização dos problemas propostos. Ainda assim, a linguagem utilizada foi considerada, de modo geral, apropriada ao público-alvo, com ressalvas pontuais relacionadas à generalização excessiva de alguns textos.

No que diz respeito à aplicabilidade em sala de aula, predominou a visão de que as questões geradas podem ser utilizadas em atividades e avaliações, desde que passem por revisão prévia do professor. Esse posicionamento evidencia que a plataforma é percebida como uma ferramenta de apoio ao trabalho docente, contribuindo para a economia de tempo e para a diversificação de materiais, mas não como um substituto do julgamento pedagógico humano.

De maneira integrada, os resultados indicam que os professores reconhecem o potencial da plataforma para auxiliar no planejamento e na elaboração de questões de Matemática, ao mesmo tempo em que apontam limitações que precisam ser abordadas. Essas limitações concentram-se, principalmente, na clareza textual, na calibração do nível de dificuldade e no alinhamento mais preciso com as habilidades curriculares.

No contexto da DSR, esses achados cumprem o papel de retroalimentar o ciclo de refinamento do artefato, fornecendo subsídios concretos para ajustes nos *prompts*, no controle dos parâmetros de geração e na padronização dos enunciados, visando ao aprimoramento contínuo da plataforma.

5.3 Ameaças à Validade

Esta pesquisa reconhece algumas limitações e ameaças à validade que devem ser consideradas na interpretação dos resultados. As principais ameaças identificadas são discutidas a seguir, organizadas conforme as categorias propostas por (Wohlin et al., 2012)

Ameaças à Validade de Construto. As ameaças à validade de construto relacionam-se à adequação dos instrumentos utilizados para medir os fenômenos de interesse.

- *Adequação dos Instrumentos de Coleta.* Os questionários utilizados foram desenvolvidos especificamente para este estudo e, embora tenham sido revisados por especialistas da área, não possuem validação psicométrica extensiva. Como medida de mitigação, optou-se pela adaptação de construtos amplamente consolidados na literatura, como os derivados do TAM, além da realização de uma revisão semântica prévia dos itens.

- *Definição de Qualidade Pedagógica.* A avaliação da qualidade das questões geradas baseou-se em critérios definidos pelos pesquisadores e aplicados pelos professores participantes, o que pode não abranger todas as dimensões da prática avaliativa. Para mitigar esse risco, foram adotados múltiplos critérios complementares, como a correção conceitual, a clareza, o alinhamento curricular, a adequação da dificuldade e a relevância pedagógica.
- *Viés de Desejabilidade Social.* Os participantes podem ter fornecido respostas socialmente desejáveis, especialmente por se tratar de uma pesquisa realizada em ambiente escolar. Como estratégia de mitigação, foi garantido o anonimato das respostas, enfatizado o caráter voluntário da participação e esclarecido que os dados seriam utilizados exclusivamente para fins acadêmicos.

Ameaças à Validade Interna. As ameaças à validade interna referem-se a fatores que podem ter influenciado a relação entre o uso da plataforma e os resultados observados.

- *Viés de Seleção dos Participantes.* A amostragem por conveniência, com turmas predefinidas do IFPB, pode introduzir um viés decorrente do perfil específico da instituição. Como mitigação, buscou-se envolver participantes de diferentes séries do Ensino Médio e professores com distintos tempos de experiência, o que aumentou a heterogeneidade da amostra.
- *Experiência Prévia com Tecnologia.* A familiaridade desigual dos participantes com recursos digitais pode ter afetado as percepções de usabilidade e de utilidade da plataforma. Para mitigar esse efeito, foi realizada uma apresentação inicial padronizada, com demonstração da ferramenta e orientação guiada a todos os participantes antes do uso efetivo.
- *Efeito de Novidade.* As avaliações positivas podem ter sido influenciadas, em parte, pelo entusiasmo inicial associado ao uso de uma nova tecnologia. Para minimizar esse impacto, foram combinadas questões objetivas e perguntas abertas nos instrumentos, o que permitiu identificar possíveis inconsistências entre o entusiasmo inicial e a eficácia percebida.

Ameaças à Validade Externa. As ameaças à validade externa referem-se à possibilidade de generalização dos resultados para outros contextos.

- *Contexto Educacional Específico.* O estudo foi conduzido em uma instituição federal com infraestrutura tecnológica adequada, o que limita a generalização para escolas com recursos mais restritos. Como forma de mitigação, o contexto foi descrito detalhadamente, permitindo que outros pesquisadores avaliassem a transferibilidade dos resultados.
- *Disciplina e Nível de Ensino.* A pesquisa concentrou-se exclusivamente na Matemática do Ensino Médio, o que exige cautela ao extrapolar os resultados para outras áreas do conhecimento ou para níveis educacionais. Para mitigar essa limitação, os resultados foram sempre discutidos de forma contextualizada ao escopo do estudo.
- *Aspectos Culturais e Regionais.* A investigação foi realizada em um contexto regional específico do Brasil, o que pode influenciar as percepções sobre tecnologia educacional. Como mitigação, os instrumentos foram elaborados com foco em aspectos pedagógicos universais e em linguagem neutra.

Ameaças à Validade de Conclusão. As ameaças à validade de conclusão referem-se à integridade das análises e à robustez das inferências.

- *Tamanho Amostral.* O tamanho da amostra, embora adequado para um estudo de natureza exploratória, limita a potência estatística, especialmente na avaliação com professores. Para mitigar esse aspecto, a análise foi conduzida predominantemente de forma descritiva, evitando inferências estatísticas indevidas.
- *Subjetividade na Análise Qualitativa.* A análise das respostas abertas envolve um grau de interpretação dos pesquisadores. Para mitigar esse efeito, adotou-se uma análise temática sistemática, com categorização baseada em padrões recorrentes e não em relatos isolados.

Reconhece-se que essas ameaças são inerentes a pesquisas realizadas em contextos educacionais reais. Sua explicitação fortalece a transparência metodológica do estudo e contribui para uma interpretação mais criteriosa, responsável e cientificamente sustentada dos resultados apresentados.

5.4 Considerações do Capítulo

Esta avaliação empírica permitiu reunir evidências sobre a aceitação e a utilidade pedagógica da plataforma tanto na perspectiva dos estudantes quanto na dos professores. No caso dos alunos, os resultados quantitativos indicaram altos níveis de facilidade de uso, utilidade percebida, atitude positiva em relação ao uso e intenção de reutilização, o que demonstra aderência aos principais construtos do TAM. A análise qualitativa complementou esses achados ao evidenciar que a interface foi considerada simples e acessível, ao mesmo tempo em que apontou problemas específicos de renderização de símbolos matemáticos e de formatação das questões, os quais orientam melhorias técnicas futuras.

Na perspectiva docente, a avaliação revelou boa consistência conceitual das questões, qualidade satisfatória das alternativas e relevância pedagógica reconhecida, ainda que acompanhadas de fragilidades em termos de clareza textual, de alinhamento fino ao currículo e de calibração do nível de dificuldade. As respostas abertas reforçaram a percepção da plataforma como ferramenta de apoio ao trabalho docente, desde que as questões geradas sejam revisadas e ajustadas pelo professor antes de serem utilizadas em avaliações formais. Em conjunto, esses resultados indicam que o artefato é viável e promissor, mas ainda demanda refinamento para alcançar maior maturidade pedagógica.

A discussão das ameaças à validade reforçou uma postura de transparência metodológica, reconhecendo limitações relacionadas à construção dos instrumentos, ao desenho amostral, ao contexto específico de aplicação e à natureza exploratória do estudo. As estratégias de mitigação adotadas — como o uso de construtos consolidados, a triangulação de dados quantitativos e qualitativos e a descrição detalhada do contexto — contribuem para sustentar a credibilidade das conclusões, sem desconsiderar as fronteiras de generalização dos resultados.

Por fim, este capítulo cumpre o papel de demonstrar e avaliar o artefato no ciclo da DSR, evidenciando tanto seus pontos fortes quanto os aspectos que requerem evolução. No próximo capítulo, são apresentadas as conclusões do trabalho, as principais contribuições teóricas e práticas, as limitações remanescentes e as direções de pesquisa futura, à luz dos achados obtidos ao longo do processo de concepção, implementação e avaliação da plataforma.

Capítulo 6

Conclusões e Trabalhos Futuros

Este capítulo apresenta as principais conclusões decorrentes do desenvolvimento e da avaliação da plataforma de geração automática de questões de Matemática baseada em Inteligência Artificial. O estudo foi conduzido sob a abordagem da DSR, o que permitiu não apenas a construção de um artefato funcional, mas também a produção de conhecimento científico sobre sua viabilidade, utilidade pedagógica e limitações.

Inicialmente, são sintetizadas as contribuições do trabalho, tanto no plano tecnológico quanto no metodológico. Em seguida, discutem-se as implicações práticas para estudantes, professores e a pesquisa em Tecnologias Educacionais. Por fim, são apresentadas as diretrizes para trabalhos futuros, contemplando tanto melhorias na ferramenta quanto novas estratégias de avaliação.

6.1 Síntese das Contribuições do Trabalho

As contribuições deste trabalho podem ser organizadas em três eixos complementares: (i) tecnológicas, (ii) metodológicas e científicas e (iii) empíricas e aplicadas.

Contribuições tecnológicas. Foi projetada e implementada uma plataforma web funcional para geração automática de questões de Matemática do Ensino Médio, parametrizada por ano escolar, tema/conteúdo, nível de dificuldade e quantidade de itens. A solução integra um modelo de linguagem de larga escala ao fluxo de criação de itens avaliativos, produzindo questões de múltipla escolha com enunciado, alternativas e gabarito em formato estruturado. Além do módulo de geração, o sistema oferece fluxo de autenticação, visualização organizada das questões, possibilidade de resposta pelo aluno e retorno imediato de desempenho, promovendo um ciclo completo de uso (gerar–resolver–obter feedback) adequado a cenários de estudo e apoio docente. O trabalho também evidencia a viabilidade operacional do uso de LLMs no contexto educacional, ao apresentar observações de custo e latência em condições reais de uso, demonstrando que a adoção do serviço pode ser economicamente factível para o volume de interações observado.

Contribuições metodológicas e científicas. O trabalho contribui ao sistematizar um framework de desenvolvimento e avaliação de ferramentas educacionais baseadas em IA, estruturado conforme as etapas da *Design Science Research* (DSR): identificação do problema, definição dos objetivos, design e desenvolvimento, demonstração, avaliação e comunicação. O framework foi aplicado de ponta a ponta, desde o diagnóstico das dificuldades enfrentadas por alunos e professores na elaboração e uso de questões, até a validação do artefato em contexto real. Como resultado, o estudo oferece um roteiro replicável para iniciativas semelhantes, articulando decisões de projeto, implementação

e avaliação com critérios pedagógicos (alinhamento à BNCC, clareza e adequação de dificuldade) e critérios de usabilidade.

Contribuições empíricas e aplicadas. A pesquisa acrescenta evidências empíricas sobre percepções, desafios e necessidades associados ao ensino de Matemática no Ensino Médio quando mediado por tecnologia. A avaliação com alunos indicou boa usabilidade, utilidade percebida e intenção de reutilização, sugerindo potencial de adoção como ferramenta de apoio ao estudo. A avaliação com professores apontou consistência conceitual e relevância pedagógica na maior parte dos itens, ao mesmo tempo em que reforçou a necessidade de revisão humana para assegurar qualidade didática e evitar eventuais imprecisões. Esses achados contribuem para a literatura de EdTechs e para discussões sobre uso responsável de IA como tecnologia assistiva ao professor, delimitando benefícios, restrições e condições de uso.

Em síntese, este trabalho entrega (i) um artefato tecnológico utilizável, (ii) um conjunto de mecanismos e lições de engenharia para integração confiável com LLMs e (iii) um framework e evidências empíricas que apoiam pesquisas futuras e adoções práticas de IA na geração de itens avaliativos na educação básica.

6.2 Implicações do Estudo

Os resultados deste trabalho geram implicações relevantes para diferentes públicos-alvo: estudantes, professores, gestores escolares e pesquisadores da área de Informática na Educação.

Implicações para os estudantes. A plataforma demonstrou potencial para apoiar o estudo autônomo e contínuo, funcionando como instrumento de treino, reforço e preparação para avaliações. A possibilidade de gerar questões sob demanda, com variação de tema e dificuldade, favorece práticas de estudo mais regulares e personalizadas, reduzindo a dependência de listas fixas e materiais repetitivos. Em contextos com limitação de acompanhamento individual, esse tipo de ferramenta pode ampliar oportunidades de prática deliberada e fornecer *feedback* imediato, contribuindo para que o aluno identifique lacunas de aprendizagem e ajuste sua rotina de estudo.

Implicações para os professores. Para docentes, a ferramenta se apresenta como recurso de apoio ao planejamento e à elaboração de instrumentos avaliativos, com potencial para reduzir tempo de preparação, diversificar itens e acelerar a produção de versões alternativas (por exemplo, para turmas diferentes ou para atividades de recuperação). Ao mesmo tempo, os resultados reforçam que o uso pedagógico de IA deve ser acompanhado de revisão crítica humana, tanto para assegurar correção conceitual quanto para garantir alinhamento ao objetivo de aprendizagem, ao nível cognitivo esperado e às diretrizes da BNCC. Assim, a plataforma se posiciona como tecnologia assistiva, capaz de ampliar produtividade, mas não de substituir a responsabilidade docente sobre a avaliação.

Implicações para gestores e instituições. Em nível institucional, soluções como a proposta podem apoiar programas de reforço escolar e iniciativas de melhoria de desempenho, desde que acompanhadas por diretrizes de uso responsável. Os achados sugerem a necessidade de políticas de governança para (i) padronizar critérios mínimos de qualidade dos itens, (ii) orientar a supervisão docente e (iii) definir práticas de segurança e privacidade no armazenamento de logs e histórico de uso. Também se evidencia a importância de analisar custo e latência na implantação, de modo a dimensionar infraestrutura e assegurar uma experiência consistente para turmas maiores.

Implicações para a pesquisa. Do ponto de vista científico, o estudo reforça a viabilidade da aplicação de DSR no desenvolvimento de ferramentas educacionais baseadas em IA e evidencia a relevância de combinar avaliação técnica, pedagógica e de aceitação do usuário. Os resultados apontam desafios em aberto, como: (i) calibração automática de dificuldade e alinhamento a níveis cognitivos; (ii) geração de distratores plausíveis e pedagogicamente informativos; (iii) tratamento e validação de notação matemática; e (iv) definição de métricas mais objetivas para qualidade de itens gerados por LLMs. Esses pontos abrem espaço para pesquisas futuras envolvendo experimentos controlados, comparações com bancos tradicionais de itens e estudos longitudinais de impacto na aprendizagem.

6.3 Trabalhos Futuros

Os trabalhos futuros podem ser organizados em dois grandes eixos: (i) aprimoramento da ferramenta e (ii) ampliação das avaliações empíricas.

Entre as principais melhorias previstas, destacam-se:

- Implementação de *RAG com documentos oficiais*, como BNCC e provas do ENEM, assegurando maior alinhamento curricular e precisão conceitual;
- Criação de um *pipeline automático de verificação matemática*, capaz de validar cálculos, coerência das alternativas e consistência dos gabaritos;
- Aprimoramento da *calibração automática da dificuldade*, utilizando dados históricos de desempenho dos alunos;
- Expansão dos *filtros pedagógicos*, permitindo seleção por habilidades específicas, competências e tipos de questão;
- Reestruturação completa do *motor de renderização matemática*, garantindo apresentação robusta de equações e símbolos;
- Inclusão de funcionalidades de **edição manual assistida**, permitindo ajustes inteligentes pelo professor.

No que se refere às avaliações futuras, destacam-se:

- Realização de estudos com *amostras maiores de professores*, incluindo comparação entre questões geradas automaticamente e questões elaboradas manualmente;
- Condução de *experimentos longitudinais* para avaliar impacto no desempenho acadêmico dos alunos;
- Investigações sobre *uso da plataforma em avaliações formais*, como simulados e provas diagnósticas;
- Análise da *aceitação da ferramenta em outros contextos educacionais*, como escolas públicas estaduais e privadas.

6.4 Disponibilidade do artefato

Para garantir a transparência e a reprodutibilidade do estudo, todos os materiais produzidos foram organizados em um repositório público, incluindo código-fonte, documentação técnica, scripts utilizados nas análises e versões dos formulários aplicados. Os conjuntos de dados coletados foram anonimizados e disponibilizados em formato CSV. As figuras da interface, gráficos de análise quantitativa e tabelas extensas foram reunidos nos Apêndices para referência completa.

Esse conjunto de materiais permite que pesquisadores e docentes revisitem o experimento, reexecutem etapas da pipeline, validem resultados e desenvolvam novas versões do artefato, apoiando avanços futuros na área de tecnologias educacionais baseadas em IA.

Referências Bibliográficas

- Stephen A Atlas et al. Chatgpt para o ensino superior e desenvolvimento profissional: Um guia para ia conversacional. 2023.
- Ronaldo Baltar and Claudia Siqueira Baltar. Professores serão substituídos pela inteligência artificial? *Authorea Preprints*, 2023.
- Carlos Roberto de Almeida Correa Barbosa. Transformações no ensino-aprendizagem com o uso da inteligência artificial: revisão sistemática da literatura. *RECIMA21-Revista Científica Multidisciplinar-ISSN 2675-6218*, 4(5):e453103–e453103, 2023.
- Magda Schmidt Brasil and Bárbara Yadira Mellado Perez. *Formação docente: tecnologias educacionais para uma pedagogia inovadora*. Editora Dialética, 2023.
- George Anderson Macedo Castro, Cláudia Fernandes Andrade do Espírito Santo, Rouzi-clayde Castelo Barata, and Saddo Ag Almouloud. Desafios para o professor de ciências e matemática revelados pelo estudo da bncc do ensino médio. *Revista Eletrônica de Educação Matemática*, 15(2):1–32, 2020.
- Marcelo Coppi, Isabel Fialho, Marília Cid, Carlinda Leite, and Angélica Monteiro. O uso de tecnologias digitais em educação: caminhos de futuro para uma educação digital. *Práxis Educativa*, 17, 2022.
- Thiago Machado da Costa and Maria de Fátima da Silva Verdeaux. Gamificação de materiais didáticos: uma proposta para a aprendizagem significativa da modelagem de problemas físicos. *Experiências em Ensino de Ciências*, 11(2):60–105, 2016.
- Maximiliano Damas. Educação em movimento: Desafios e inovações para o século xxi. *Brasília: ABMES Editora*, 2024.
- Ubiratan D’Ambrosio. Educação matemática: uma visão do estado da arte. *Pro-posições*, 4(1):7–17, 1993.
- Ricardo Alexandre Diogo, Armando Kolbe Junior, and Neri Santos. A transformação digital e a gestão do conhecimento: contribuições para a melhoria dos processos produtivos e organizacionais. *P2p E Inovação*, 5(2):154–175, 2019.
- Mark J Gierl and Thomas M Haladyna. *Automatic item generation: Theory and practice*. Routledge, 2012.
- Bianca Siqueira Gonçalves, Elias Rocha Gonçalves, Elias Rocha Gonçalves Júnior, Regina Célia Albernaz Siqueira, Virgínia Siqueira Gonçalves, and Vinícius Toledo Manhães. *Base Nacional Comum Curricular: tudo sobre habilidades, competências e metodologias ativas na BNCC: educação infantil, ensino fundamental, ensino médio*. Editora Dialética, 2020.

- João Fernando Costa Júnior, Uilliane Faustino de Lima, Mário Domingos Leme, Leonardo Silva Moraes, Jonas Bezerra da Costa, Diogo Magalhães de Barros, Maria Aparecida de Moura Amorim Sousa, and Luis Carlos Ferreira de Oliveira. A inteligência artificial como ferramenta de apoio no ensino superior. *Rebena-Revista Brasileira de Ensino e Aprendizagem*, 6:246–269, 2023a.
- João Fernando Costa Júnior, Raimundo Alves dos Reis Neto, Vanessa Rodrigues de Gusmão, Narjara Lelis Bastos de Menezes, Marcondes Inácio da Silva, Luana Samara Ramalho dos Santos, Cláudia Esther Reis Godinho, and Luiz Fernando Reinoso. O futuro da aprendizagem com a inteligência artificial aplicada à educação 4.0. *Revista Educação, Humanidades e Ciências Sociais*, pages e00094–e00094, 2023b.
- Channu Kambalyal. 3-tier architecture. *Retrieved On*, 2(34):2010, 2010.
- Dayse Rachelle Piovezan Tozato Marques, Eliane da Silva Cunha, Liara Bueno Nogarol, Lílian Cristina Azevedo dos Santos Silva, Mylena Aparecida Oliveira Fim, Roberta Davel Secchin, Shayra Amadeu Rodrigues Batista, and Suyanara Panetto Silva Matavelli. A personalização do ensino através da tecnologia: Impactos, na prática docente e no currículo. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, 10(10): 4130–4147, 2024.
- Ecivaldo de Souza Matos. *Dialética da Interação Humano-Computador: tratamento didático do diálogo midiaticado*. PhD thesis, Universidade de São Paulo, 2013.
- Cristina Kiomi Mori. Políticas públicas para inclusão digital no brasil: aspectos institucionais e efetividade em iniciativas federais de disseminação de telecentros no período 2000-2010. 2012.
- Sérgio Silva Mucciaccia, Thiago Meireles Paixão, Filipe Wall Mutz, Claudine Santos Bاده, Alberto Ferreira de Souza, and Thiago Oliveira-Santos. Automatic multiple-choice question generation and evaluation systems based on llm: A study case with university resolutions. In *Proceedings of the 31st International Conference on Computational Linguistics*, pages 2246–2260, 2025.
- Don Norman and Jakob Nielsen. The definition of user experience (ux), 2018. *URL: <https://www.nngroup.com/articles/definition-user-experience>*, 2021.
- Elsa Guimarães Oliveira. *Educação a distância na transição paradigmática*. Papirus Editora, 2014.
- Ken Peffers, Tuure Tuunanen, and Björn Niehaves. Design science research genres: introduction to the special issue on exemplars and criteria for applicable design science research, 2018.
- Mariano Pimentel, Denise Filippo, and Thiago Marcondes Dos Santos. Design science research: pesquisa científica atrelada ao design de artefatos. *RE@ D-Revista de Educação a Distância e eLearning*, pages 37–61, 2020.
- Alice Saccaro, Marco Túlio Aniceto França, and Paulo de Andrade Jacinto. Fatores associados à evasão no ensino superior brasileiro: um estudo de análise de sobrevivência para os cursos das áreas de ciência, matemática e computação e de engenharia, produção e construção em instituições públicas e privadas. *Estudos Econômicos (São Paulo)*, 49(2):337–373, 2019.

- Alex Hayato Sasaki, Giovanni Di Pietra, Naercio Menezes Filho, and Bruno Komatsu. Por que o brasil vai mal no pisa? uma análise dos determinantes do desempenho no exame. *Inspere. PolicyPaper*, 1(31):1–28, 2018.
- MONICA RIBEIRO DA SILVA. A bncc da reforma do ensino médio: o resgate de um empoeirado discurso. *Educação em revista*, 34:e214130, 2018.
- Meire Nadja Meira de Souza. Avaliação formativa em matemática no contexto de jogos: a interação entre pares, a autorregulação das aprendizagens e a construção de conceitos. 2020.
- Claes Wohlin, Per Runeson, Martin Höst, Magnus C Ohlsson, Björn Regnell, Anders Wesslén, et al. *Experimentation in software engineering*, volume 236. Springer, 2012.

Apêndice A

Protocolo de avaliação e apresentação da plataforma

Protocolo de Apresentação e Avaliação da Plataforma SimulAI

1. Contexto e Objetivo

Este protocolo orienta a execução de uma sessão prática de uso da plataforma SimulAI, realizada com estudantes do Ensino Médio em ambiente escolar, sob condução do aluno-pesquisador Mateus Braga e acompanhamento de um professor responsável.

O objetivo é avaliar a aceitação, facilidade de uso e utilidade percebida da plataforma de geração automática de questões de Matemática, com base no Modelo de Aceitação de Tecnologia (TAM), bem como observar percepções qualitativas dos alunos sobre a experiência de uso.

2. Participantes

- Público-alvo: Estudantes do Ensino Médio da turma participante.
- Número estimado: 15–35 alunos.
- Responsáveis pela condução:
 - Aluno-pesquisador: Mateus Braga.
 - Professores mediadores: Jonathas Jerônimo e Ronnylson Cesar.

3. Duração total estimada

Tabela A.1: Plano de aula para aplicação da pesquisa

Etapa	Atividade	Tempo estimado
1	Abertura e contextualização	5 min
2	Apresentação e acesso à plataforma SimulAI	10 min
3	Geração e resolução de questões	30 min
4	Preenchimento do formulário TAM	10 min

4. Estrutura detalhada da sessão

Etapa 1 — Abertura e contextualização (5 min)

Responsáveis: Mateus e o professor mediador.

Objetivos:

- Apresentar o propósito do encontro e da pesquisa.
- Introduzir o problema: dificuldades no estudo e avaliação em Matemática.
- Solicitar aos alunos o preenchimento do formulário de percepções.
- Discutir brevemente o uso de Inteligência Artificial (LLM) no ensino.

Conteúdo sugerido:

“Muitos alunos têm dificuldade em praticar conteúdos de Matemática com questões contextualizadas e alinhadas à BNCC. Nesta atividade, vamos conhecer uma plataforma que usa Inteligência Artificial para gerar questões automaticamente, de acordo com o nível de dificuldade e o tema escolhido.”

Etapa 2 — Apresentação e acesso à plataforma SimulAI (10 min)

Responsável: Mateus.

Atividades:

- Explicar a finalidade da plataforma.
- Mostrar a interface principal, destacando:
 - Como acessar;
 - Processo de autenticação;
 - Escolha de tema/tópico (ex.: Funções, Equações, Geometria etc.);
 - Seleção de nível de dificuldade (fácil, médio, difícil);
 - Geração automática de questões;
 - Registro de respostas e feedback.
- Demonstrar a geração de uma questão como exemplo.

Etapa 3 — Uso prático (30 min)

Responsáveis: Alunos, com acompanhamento do professor e do pesquisador.

Procedimentos:

- Cada aluno acessa a plataforma SimulAI.
- Escolhe um tema/tópico de acordo com o andamento da turma (com orientação do professor).
- Gera 5 questões em diferentes níveis.
- Resolve as questões na própria plataforma dentro de 30 minutos.

Etapa 4 — Preenchimento do Formulário TAM (10 min)

Instrumento: *Avaliação da Plataforma — Modelo TAM Simplificado.*

Objetivo: Coletar percepções sobre usabilidade e utilidade após o primeiro uso.

Os alunos acessam o formulário e respondem as seções 1 a 5 (inclui TCLE, perfil, itens TAM e perguntas abertas).

Etapa 5 — Discussão aberta e encerramento (10 min)

Responsável: Mateus, com moderação do professor.

Objetivo: Coletar impressões qualitativas.

Roteiro sugerido:

- O que vocês acharam mais interessante na plataforma?
- As questões geradas são parecidas com as dos livros ou provas?
- Foi fácil entender e resolver as questões?
- Vocês usariam essa ferramenta para estudar sozinhos?
- O que poderia ser melhorado?

Registro: O pesquisador poderá anotar observações e comentários espontâneos (sem gravação e sem identificação individual).

5. Instrumentos de coleta

Formulário TAM (Google Forms, com TCLE e perguntas abertas).

6. Cuidados éticos

- Aplicar o TCLE antes da atividade.
- Garantir anonimato e confidencialidade.
- Não coletar nomes ou dados pessoais.
- O professor responsável deve acompanhar toda a sessão.

7. Resultados esperados

- Dados quantitativos sobre aceitação (facilidade, utilidade, atitude e intenção de uso).
- Comentários qualitativos sobre a experiência.
- Indícios do potencial da IA no aprendizado de Matemática no Ensino Médio.

Apêndice B

Instrumento de Pesquisa — Alunos: Percepções e Desafios

Este apêndice apresenta apenas as ****questões levantadas**** no instrumento aplicado aos estudantes, sem a transcrição integral do formulário.

Seção 1 — Perfil do Participante

- Ano que está cursando: ☐ 1º ano ☐ 2º ano ☐ 3º ano
- Participa de atividades extracurriculares relacionadas à Matemática: ☐ Sim ☐ Não
- Utiliza ferramentas digitais para apoiar os estudos: ☐ Sim ☐ Não

Seção 2 — Percepções sobre Atividades e Avaliações

Frequência das atividades de Matemática: ☐ Diariamente ☐ Semanalmente
☐ Quinzenalmente ☐ Raramente

Escala Likert (Discordo Totalmente, Discordo, Neutro, Concordo, Concordo Totalmente):

- As questões de Matemática são claras e bem explicadas. ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
- As atividades poderiam ser mais variadas e dinâmicas. ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
- Aprendo melhor quando as questões se relacionam ao meu dia a dia. ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
- A forma como as questões são elaboradas influencia meu interesse. ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
- Recebo feedback sobre meus erros após atividades e avaliações. ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
- As atividades despertam meu interesse pela disciplina. ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
- O tempo disponível é suficiente para realizar as atividades. ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Seção 3 — Uso de Tecnologia e Inteligência Artificial

- Já utilizou alguma ferramenta digital para estudar Matemática: ☐ Frequentemente ☐ Ocasionalmente ☐ Raramente ☐ Não
- Utiliza IA para estudar Matemática: ☐ Frequentemente ☐ Às vezes ☐ Raramente ☐ Conheço mas não uso ☐ Nunca ouvi falar
- Acredita que uma plataforma que gera questões automaticamente ajudaria no aprendizado: ☐ Sim ☐ Não ☐ Talvez

Recursos desejáveis em uma plataforma digital:

- Explicações passo a passo
- Indicação de erros e como melhorar
- Diferentes níveis de dificuldade
- Questões no estilo ENEM/provas
- Escolher temas específicos
- Visualizações (gráficos/figuras/animações)
- Sugestões automáticas conforme desempenho
- Interface simples
- Compatibilidade com celular
- Feedback imediato
- Modo desafio/quiz
- Acompanhamento do progresso

Perguntas Abertas

- Maior dificuldade ao responder questões de Matemática.
- Sugestões para tornar o estudo mais interessante.

Apêndice C

Instrumento de Pesquisa — Professores: Percepções e Desafios

Este apêndice apresenta uma versão reduzida contendo apenas as ****questões**** aplicadas no formulário destinado aos docentes.

Seção 1 — Perfil Docente

- Titulação: Graduado/Graduando, Especialista, Mestrado, Doutorado
- Tempo de atuação: () Menos de 2 anos () 2–5 anos () 6–10 anos () Mais de 10 anos
- Nível de ensino em que atua: Ensino Básico, Médio, Técnico Integrado, Superior
- Tipo de instituição: () Pública () Privada

Seção 2 — Desafios na Elaboração de Questões

- Frequência com que elabora suas próprias questões: Sempre/Frequentemente/Às vezes/Raramente/Nunca
- Aspectos priorizados ao elaborar questões: Conteúdo conceitual, contextualização, BNCC, aplicações práticas, nível de dificuldade, outros.
- Grau de dificuldade para criar questões contextualizadas e alinhadas à BNCC (1 a 5): (1) (2) (3) (4) (5)
- Tempo gasto para elaborar uma avaliação com 10 questões: <1h 1–2h 3–5h >5h

Seção 3 — Tecnologia e IA

- Uso de ferramentas digitais para criar questões: () Frequentemente () Ocasionalmente () Não

Escala Likert (DT–CT):

- Criar questões manualmente consome muito tempo. () () () () ()
- Falta diversidade nos bancos de questões disponíveis. () () () () ()
- Ferramentas automáticas podem facilitar o trabalho docente. () () () () ()
- Tenho interesse em usar IA para criar questões. () () () () ()
- Tenho receio de que IA gere questões incorretas ou fora da BNCC. () () () () ()

Perguntas Abertas

- Recursos desejáveis em uma ferramenta automática.
- IA generativa pode contribuir para o ensino de Matemática? Como?
- Comentários adicionais.

Apêndice D

Instrumento de Avaliação da Plataforma — Alunos

Perfil do Participante

- Ano escolar: 1º / 2º / 3º ano
- Dispositivo utilizado: Celular / Computador

Avaliação da Plataforma (Escala 1–5)

Facilidade de Uso

- A plataforma é fácil de aprender a usar.
- A navegação foi simples.
- O design facilitou o uso.

Utilidade Percebida

- A plataforma ajudou na compreensão dos conteúdos.
- As questões são relevantes e úteis.
- A ferramenta pode melhorar meu desempenho.
- Adequação do nível de dificuldade.
- Adequação ao tema/tópico.

Atitude em Relação ao Uso

- Achei interessante estudar pela plataforma.
- A experiência foi agradável.

Intenção de Uso Futuro

- Voltaria a usar a plataforma.
- Recomendaria a outros colegas.

Perguntas Abertas

- O que mais gostou na plataforma?
- O que mudaria ou melhoraria?
- As questões poderiam ser aplicadas em sala de aula? Por quê?
- Sugestões gerais.

Apêndice E

Instrumento de Avaliação das Questões — Professores

Perfil Docente

Titulação, tempo de atuação, nível de ensino e tipo de instituição.

Avaliação das Questões

Critérios (Escala: Inadequado / Parcialmente Adequado / Adequado):

- Correção conceitual
- Clareza da enunciação
- Alinhamento curricular (BNCC)
- Adequação do nível de dificuldade
- Qualidade das alternativas
- Relevância pedagógica

Perguntas Abertas

- O que mudaria ou ajustaria?
- Linguagem adequada ao Ensino Médio?
- Pode ser aplicada em sala de aula? Por quê?
- As questões abordaram o conteúdo de forma completa e satisfatória? Se não, qual aspecto do tema faltou ser explorado?
- Em comparação com questões elaboradas por humanos, qual é o seu nível geral de satisfação com este lote gerado pela plataforma?

Apêndice F

Tabelas e Resultados Detalhados de alunos

Ao clicar em "Concordo em participar", você declara estar ciente das informações e autoriza a utilização anônima das respostas para fins acadêmicos.

48 responses

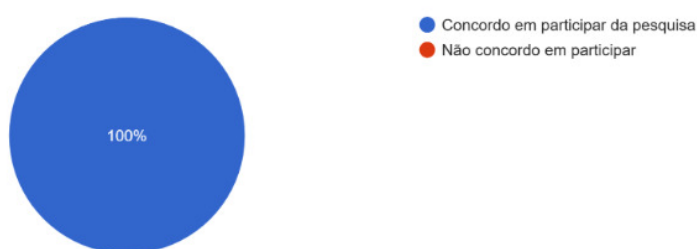


Figura F.1: Concordância na participação

Em qual ano do Ensino médio você está?

49 responses

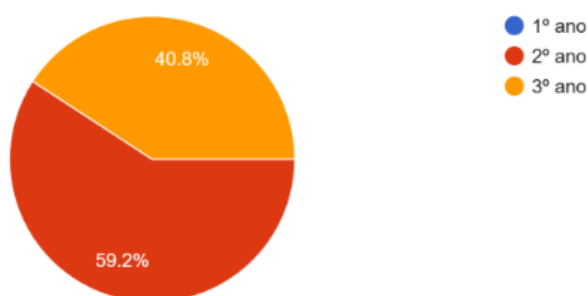


Figura F.2: Ano do ensino médio que está inserido

Qual dispositivo você utilizou a plataforma?
49 responses

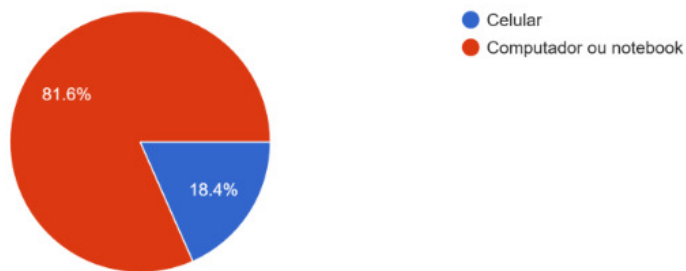


Figura F.3: Dispositivo utilizado

Facilidade de Uso Percebida

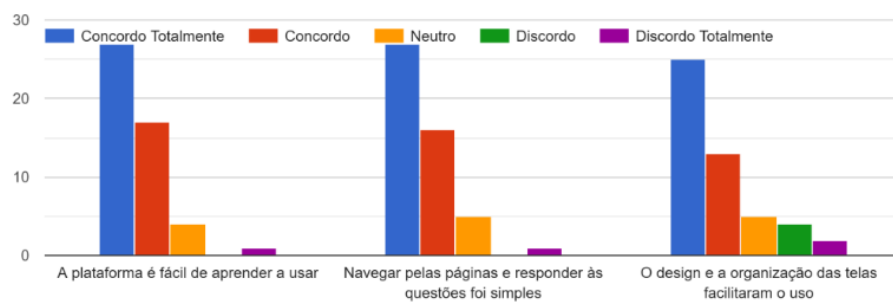


Figura F.4: Facilidade de Uso percebida

Utilidade Percebida

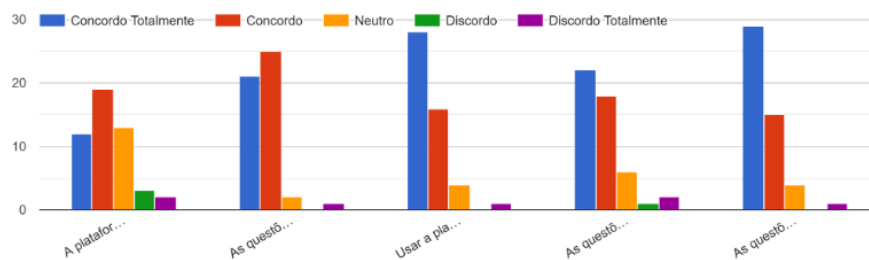


Figura F.5: Utilidade Percebida

Atitude em Relação ao Uso

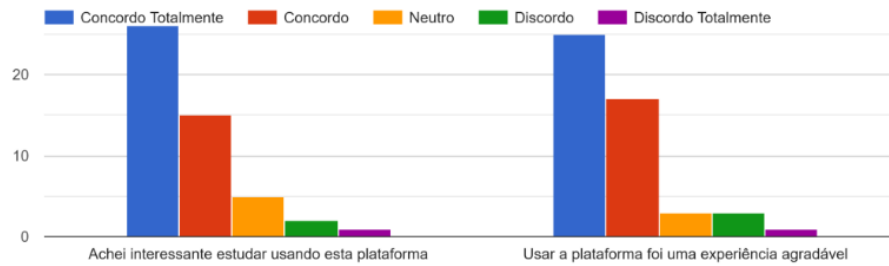


Figura F.6: Atitude em Relação ao Uso

Intenção de Uso Futuro

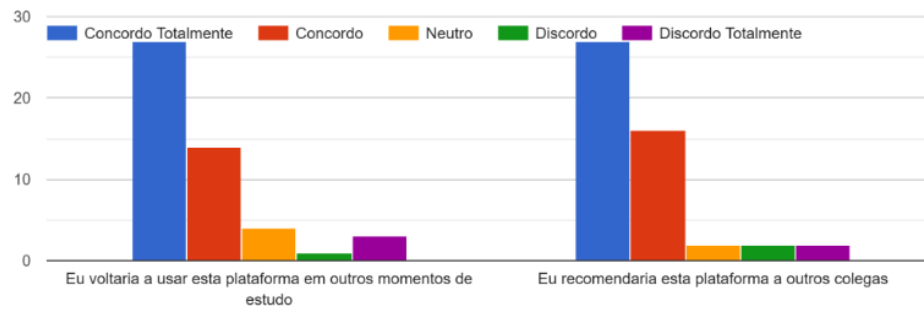


Figura F.7: Intenção de Uso Futuro: Resultados

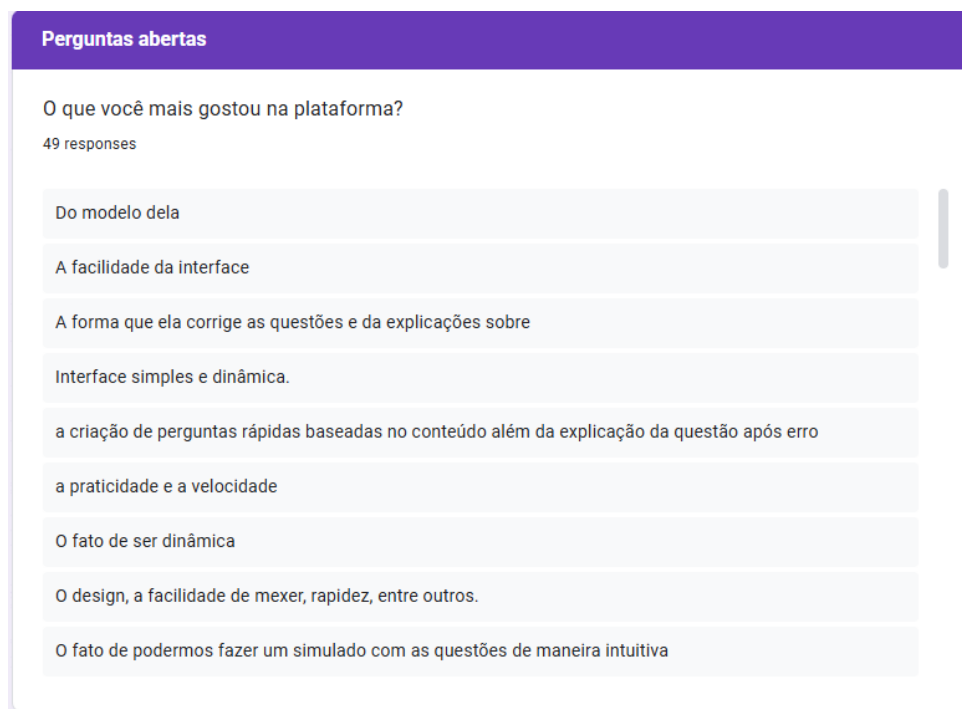


Figura F.8: Percepção positiva da plataforma

O que você mudaria ou melhoraria?

49 responses

- Nada
- nada
- A forma das respostas
- As explicações estão ainda meio bugadas, e o formato das respostas tá um pouco ruim, mas dá para melhorar. Do jeito que tá, n dá mt vontade de continuar usando n
- As formas de autocorreção
- Existem alguns erros nas perguntas e respostas que merecem atenção. Algumas respostas que podem - ser confirmadas como corretas - são dadas como incorretas, mesmo que não estejam.
- utilizar geração de imagens
- há alguns bugs ainda, como acredito que a plataforma está em desenvolvimento, então devem ser corrigidos

Figura F.9: Sugestão de melhorias e mudança

As questões poderiam ser aplicadas em sala de aula? Por quê?

49 responses

- Sim
- Acho sim, pra poder ganhar mais conhecimentos
- Não, porque os alunos não iam querer ficar jogando do jeito que tá
- Provavelmente, pois os assuntos são basicamente os mesmo que aplicados em sala, sendo assim podendo dar os alunos mais exemplos reais para estudo
- Sim. São questões boas para revisar os conteúdos aplicados em sala.
- sim. Pois são facilmente geradas além de conter a correção da questão possui explicação em caso de erro e isso poderia poupar tempo além de gerar uma auto avaliação de desempenho.
- sim, são exemplos simples e rápidos, além de adequados ao tema
- Sim, são interessantes

Figura F.10: Aplicação em sala de aula

Sugestões adicionais para aprimorar a plataforma.

49 responses

- nada
- A questão das respostas
- É melhor repensar essa interface, talvez mais cores, ela tá muito engessada
- relação entre correta e incorreta
- Não tenho sugestões, só vou ressaltar as possíveis correções comentadas anteriormente.
- mostrar quantas questões você acertou enquanto responde
- .
- Colocar figuras
- Questões para ENEM.

Figura F.11: Sugestões para aprimorar a plataforma

A partir daqui começa os resultados do formulário de Percepção e Desafios no estudo de matemática

Ao clicar em "Concordo em participar", você declara estar ciente das informações e autoriza a utilização anônima das respostas para fins acadêmicos.

48 responses

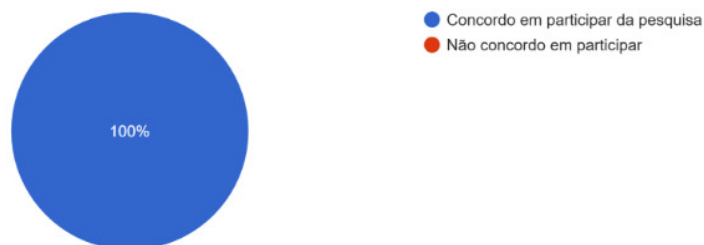


Figura F.12: TCLE

Série que você está cursando
48 responses

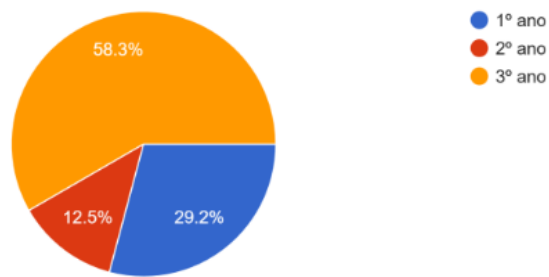


Figura F.13: Série dos alunos

Você costuma participar de atividades ou projetos extracurriculares relacionados à Matemática (ex.: olimpíadas, feiras, monitorias)?
48 responses

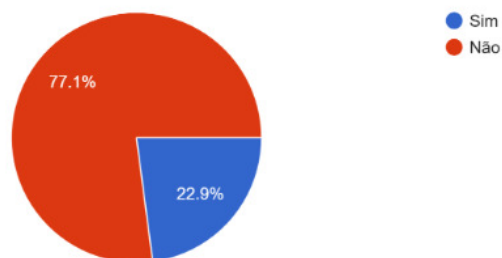


Figura F.14: Participação de atividades e projetos extracurriculares relacionados à matemática

Você costuma utilizar ferramentas digitais para apoiar seus estudos (como celular, computador, calculadora científica ou plataformas on-line)?
48 responses

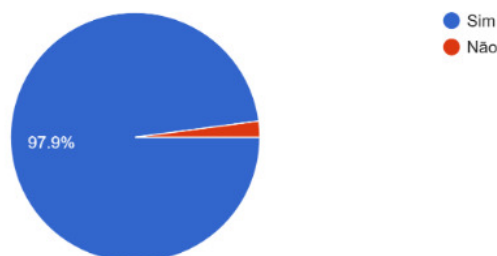


Figura F.15: Uso de eletrônicos como apoio no estudo

Com que frequência você realiza atividades e avaliações de Matemática?
48 responses

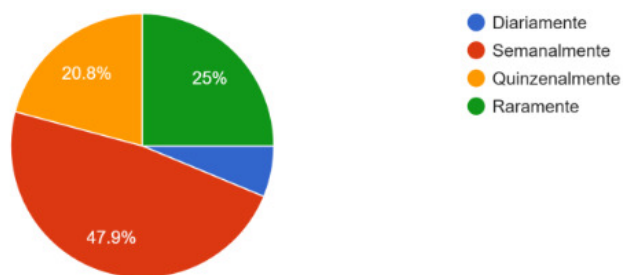


Figura F.16: Frequência de realização de atividades de matemática

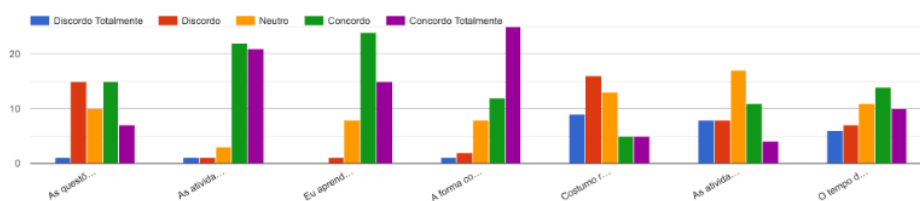


Figura F.17: Percepções sobre atividades e avaliações

Você já utilizou alguma ferramenta digital ou aplicativo para estudar Matemática (como Khan Academy, YouTube, Geogebra, etc.)?
48 responses

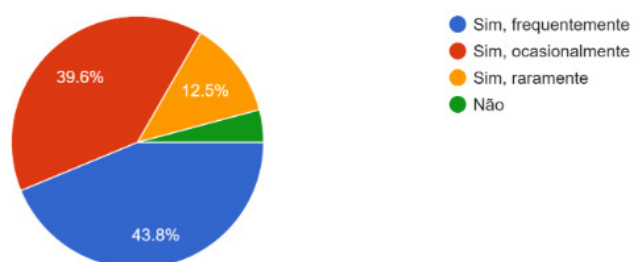


Figura F.18: Uso de ferramentas digitais como apoio no estudo

Você utiliza ferramentas de Inteligência Artificial (ex.: ChatGPT, Copilot, Gemini, etc.) para estudar ou tirar dúvidas de Matemática?

48 responses

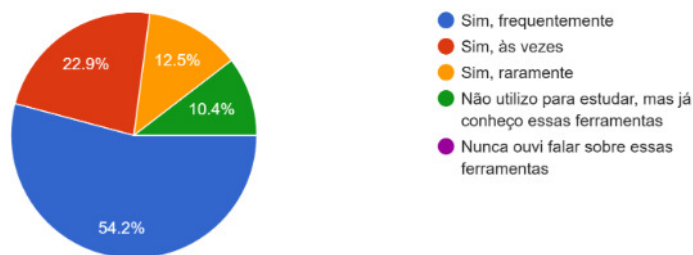


Figura F.19: Uso de inteligência artificial como apoio no estudo

Você acredita que uma plataforma que gera automaticamente questões de Matemática poderia ajudar no seu aprendizado?

48 responses

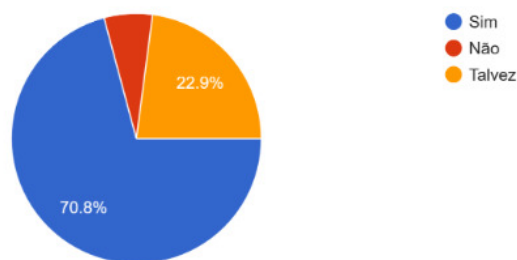


Figura F.20: Percepção de uma plataforma de geração automática de questões de matemática no estudo

O que uma ferramenta digital precisaria ter para ser realmente útil para você no estudo de Matemática?

48 responses

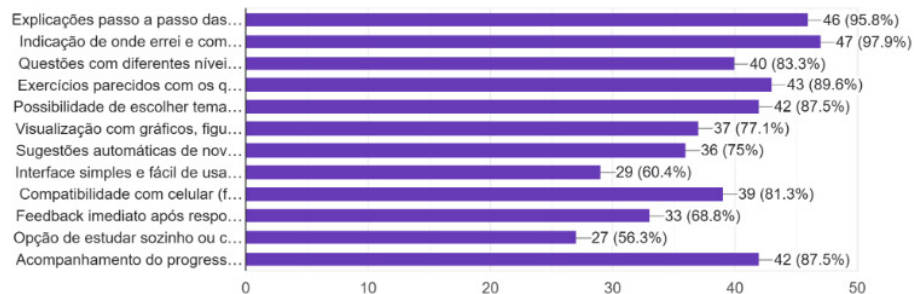


Figura F.21: Utilidade de ferramentas

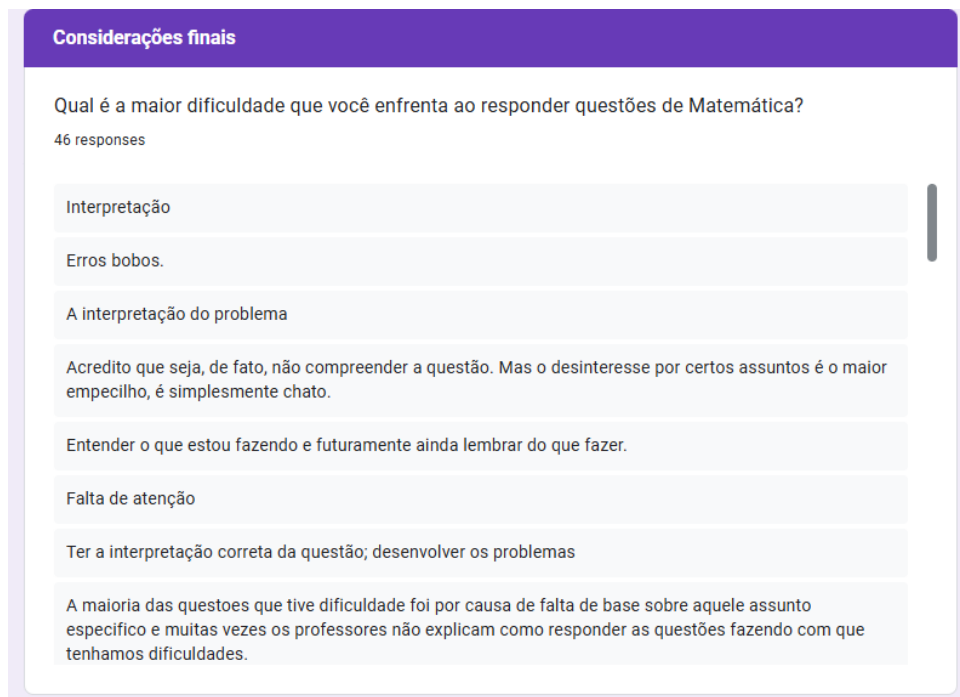


Figura F.22: Dificuldades em questões de matemática

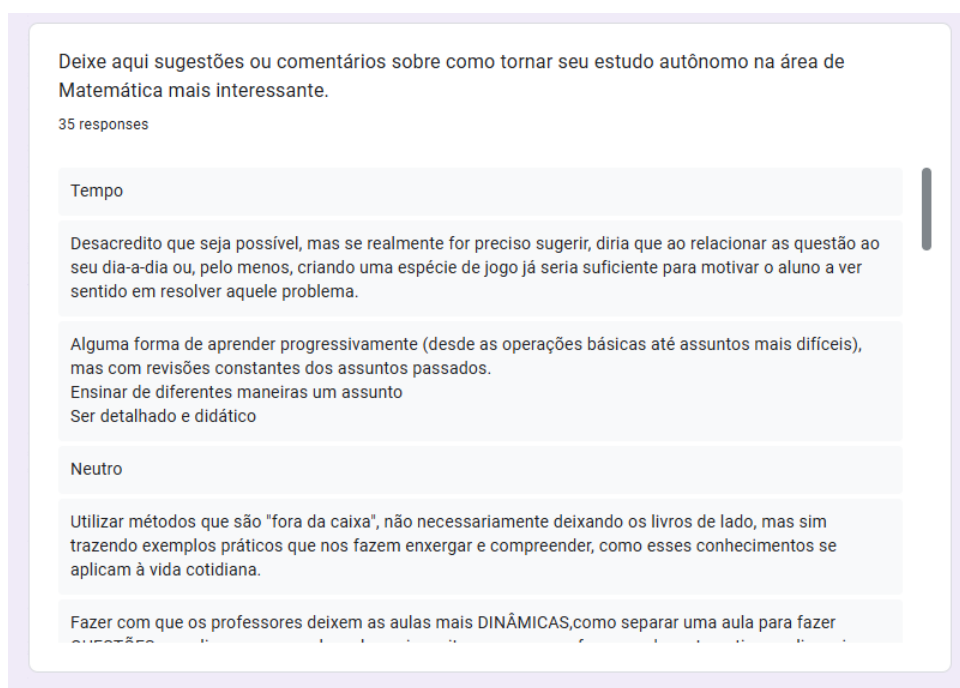


Figura F.23: Sugestões de autonomia

Se sim, como essa ferramenta ajudou nos seus estudos?

44 responses

fixando o conhecimento na minha mente.

Elas me ajudam a entender a resolução dos problemas matemáticos

Visualizei melhor a questão

Quando assisto vídeo-aulas, geralmente estou num ambiente mais calmo do que a sala de aula, ao mesmo tempo posso sempre parar a explicação e voltar sem medo de interromper a progressão da aula como ocorre na escola. Acredito também que na internet é possível encontrar ferramentas mais específicas para minhas dificuldades.

Explicar de uma maneira diferente a matéria que estou estudando e a praticar mais exercícios e questões que tenham explicação detalhada e clara

Me ajudou a entender o assunto.

Não utilizo

Figura F.24: Como uma ferramenta ajudou nos estudos

Apêndice G

Tabelas e Resultados Detalhados de professores

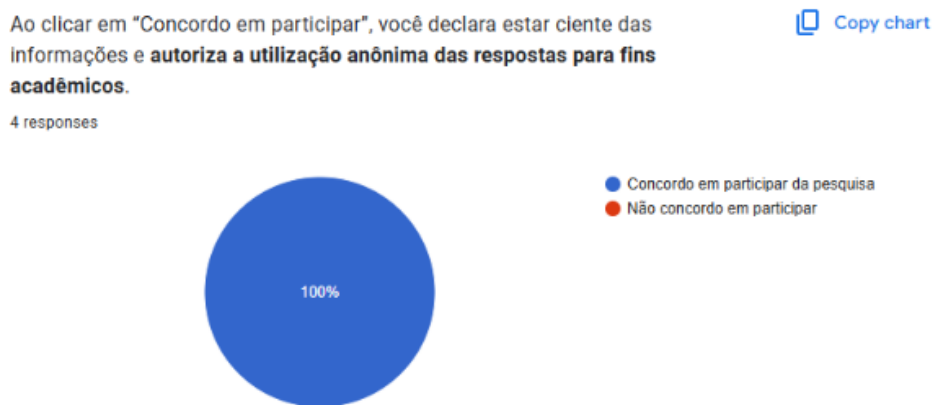


Figura G.1: TCLE

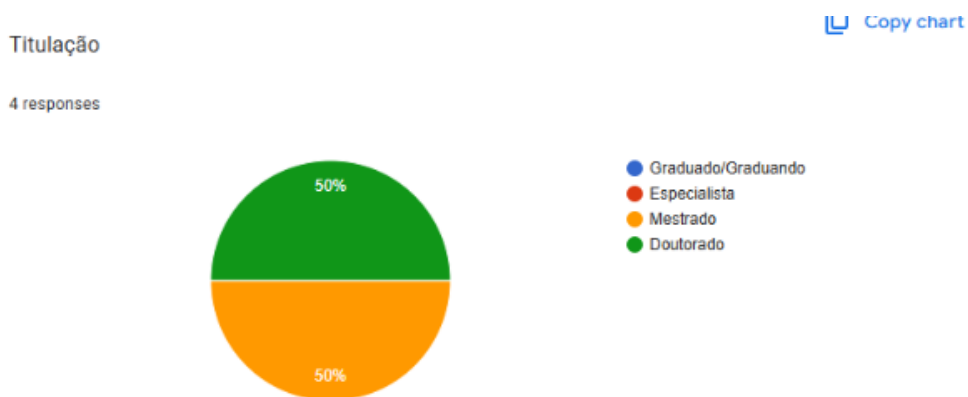


Figura G.2: Titulação

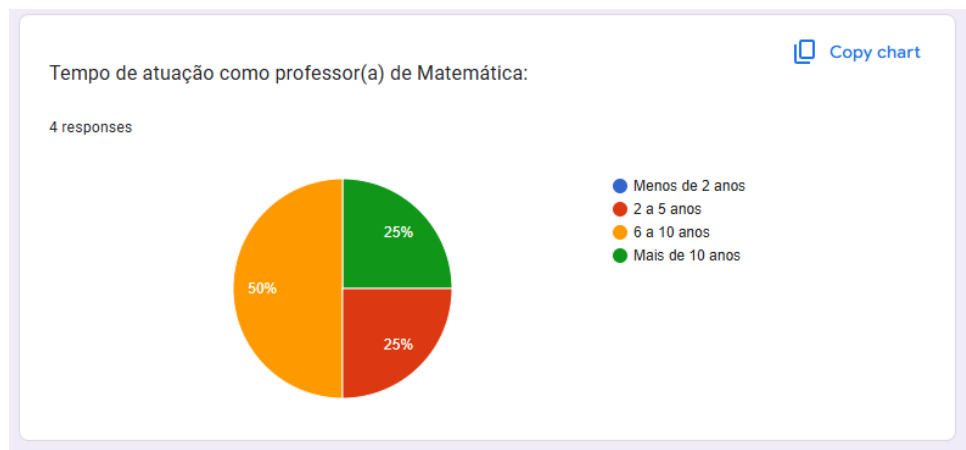


Figura G.3: Tempo de atuação

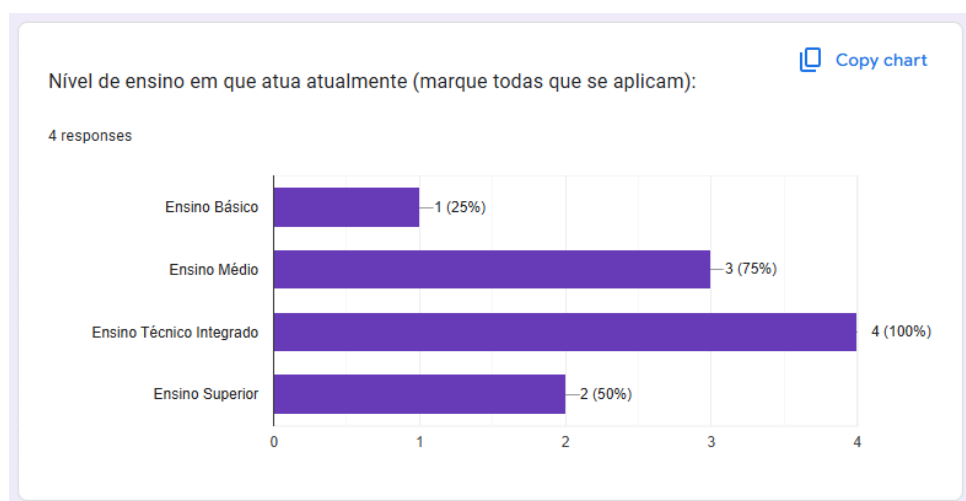


Figura G.4: Nível de ensino

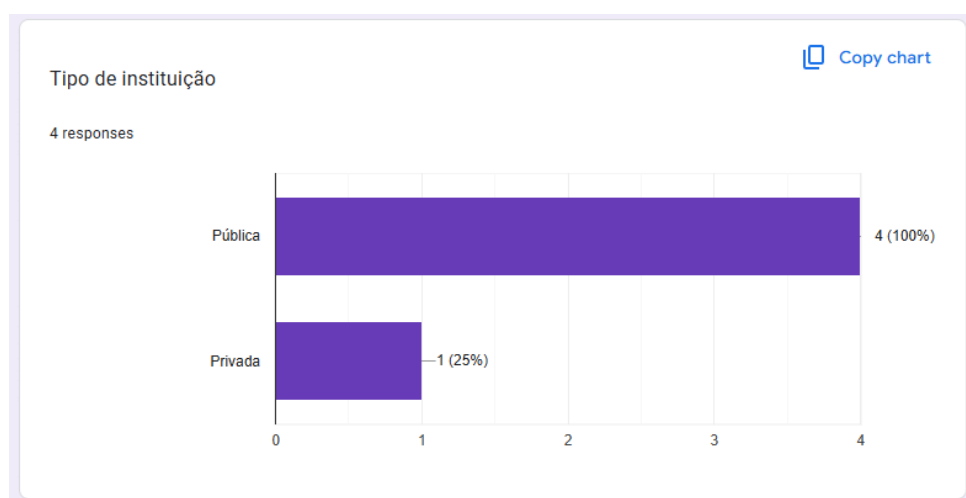


Figura G.5: Tipo de instituição

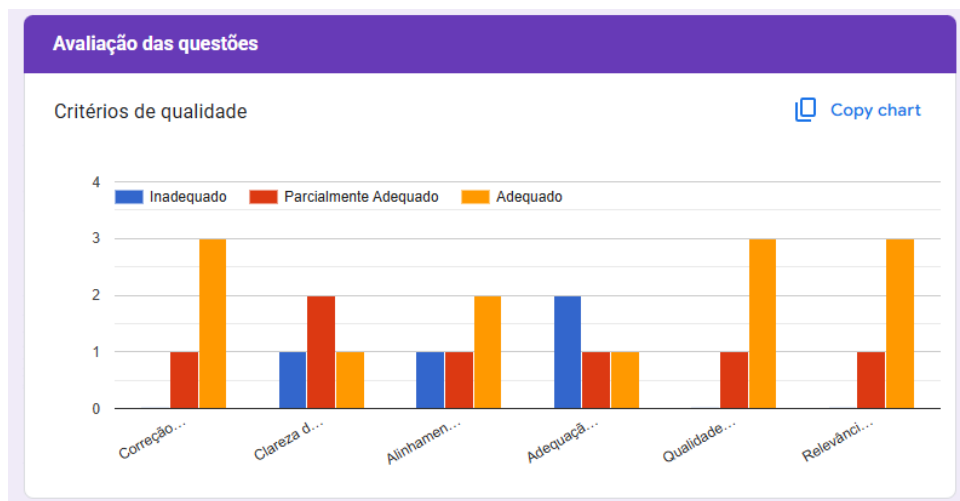


Figura G.6: CrITÉrios de qualidade

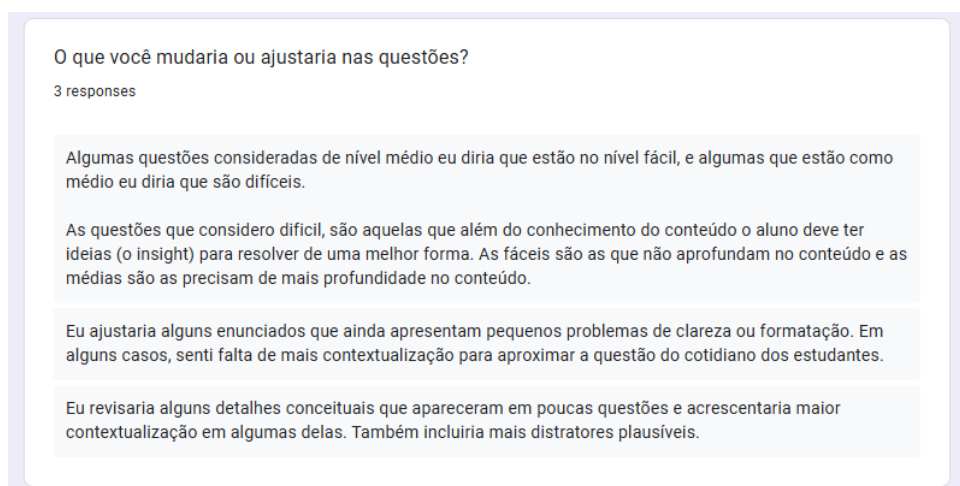


Figura G.7: SugestÃo de mudançA

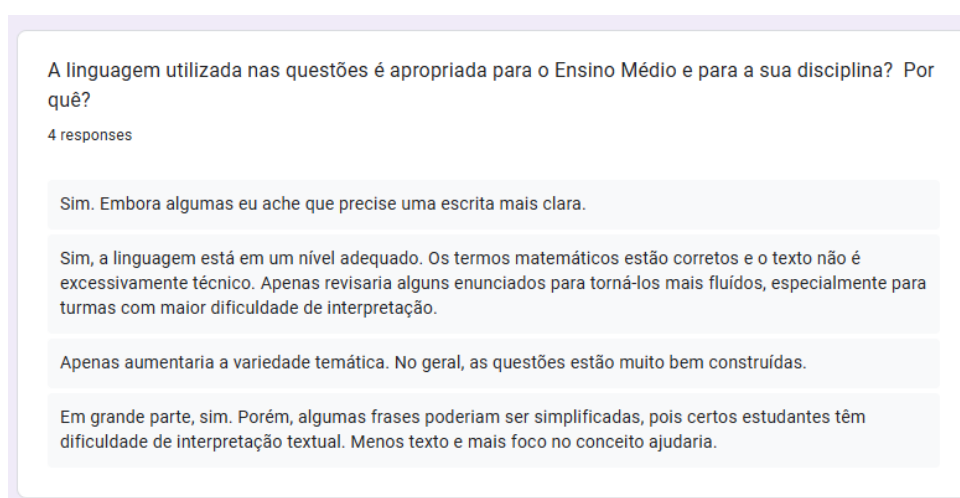


Figura G.8: Linguagem utilizada nas questÕes

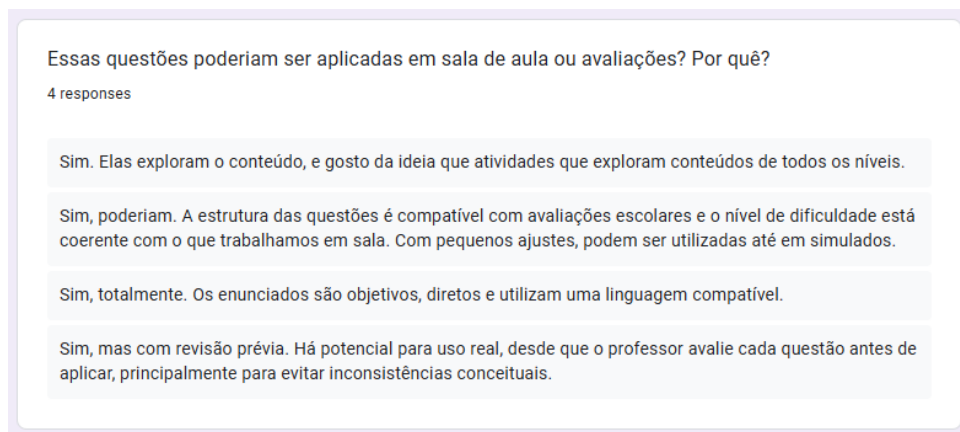


Figura G.9: Aplicação das questões em sala de aula

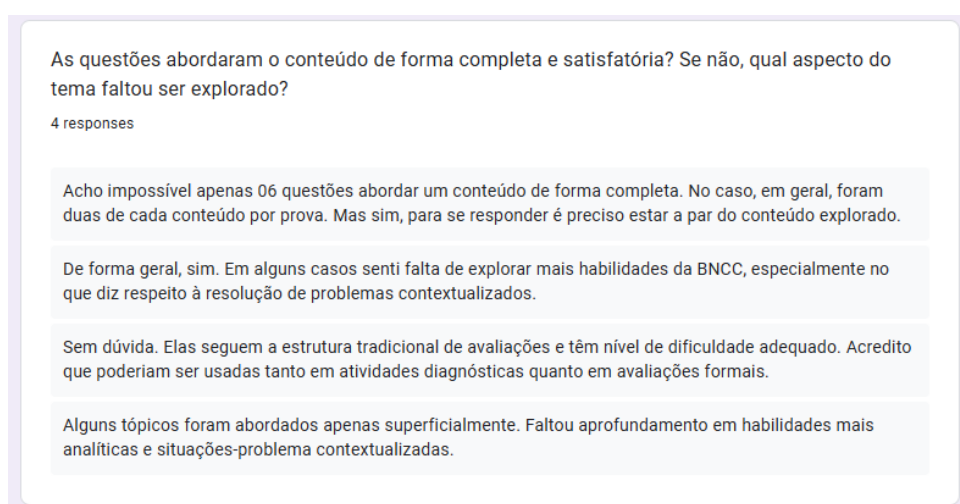


Figura G.10: Abordagem do conteúdo

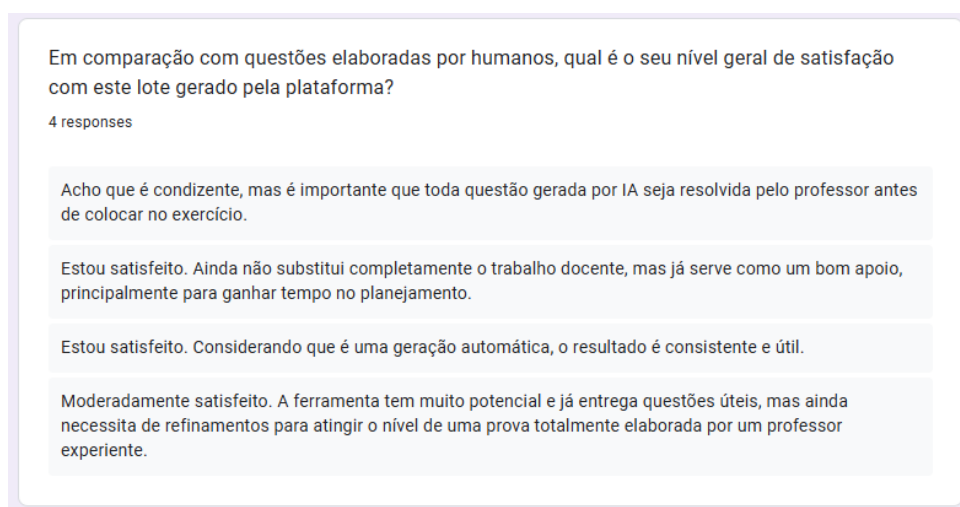


Figura G.11: Comparação com itens elaborados por humanos

Apêndice H

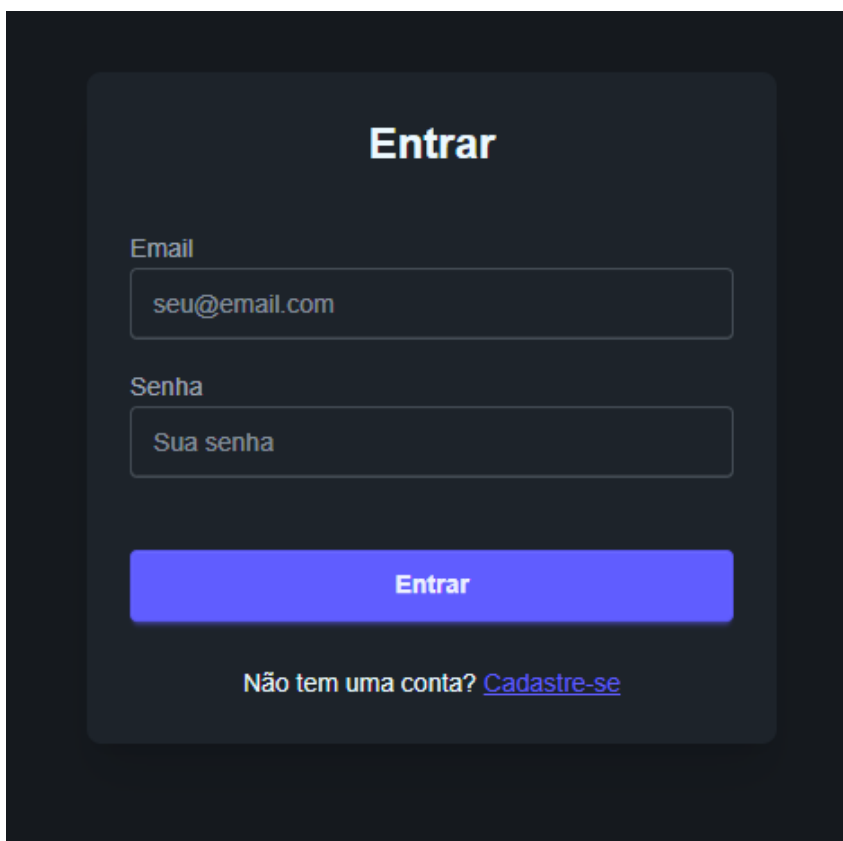
Prompt

```
1 export function textPrompt(  
2   quantidade: number,  
3   ano: string,  
4   topico: string,  
5   subtopico: string,  
6   nivel: string  
7 ) {  
8   console.log("quantidade: ", quantidade);  
9   return `Gere ${quantidade} questão(ões) de matemática do ${ano} do ensino médio sobre ${topico}, especificamente sobre ${subtopico}.  
10  
11 REGRAS IMPORTANTES:  
12 1. Gere exatamente ${quantidade} questões.  
13 2. Evite questões com enunciados muito semelhantes entre si  
14 3. Evite enunciados simples demais com pouco texto  
15 4. As questões devem ter um enunciado claro e 5 alternativas (A, B, C, D, E), sendo apenas uma correta  
16 5. Forneça também uma justificativa resumida do porquê da resposta correta  
17 6. Forneça uma justificativa detalhada explicando um pouco do assunto da questão e com o passo a passo para resolver a questão  
18 7. A justificativa deve ser didática, como se fosse para um estudante que está aprendendo o assunto  
19 8. Forneça uma justificativa do porquê as alternativas erradas estão erradas com detalhes e explicações  
20 9. Use o nível de dificuldade ${nivel}  
21 10. Nunca forneça explicações fora do JSON  
22 11. A saída deve ser APENAS um JSON válido, exatamente neste formato (sem comentários):  
23 INSTRUÇÕES IMPORTANTES:  
24 Use APENAS caracteres UTF-8 normais (não use sequências Unicode escapadas como \\u00e9).  
25 Para equações matemáticas, use formatação LaTeX entre cifrões $...$.  
26 Ao gerar LaTeX dentro de strings JSON, use sempre \\\\ em vez de \\ para comandos LaTeX. Por exemplo, use \\\\frac{a}{b} em vez de \\frac{a}{b}.  
27 Mantenha o texto em português do Brasil com acentuação correta.  
28 FORMATO DA RESPOSTA (APENAS JSON):  
29 [{  
30   "enunciado": "texto com $equações$ em LaTeX quando necessário",  
31   "alternativas": {  
32     "A": "texto da alternativa A",  
33     "B": "texto da alternativa B",  
34     "C": "texto da alternativa C",  
35     "D": "texto da alternativa D",  
36     "E": "texto da alternativa E"  
37   },  
38   "correta": "B",  
39   "justificativaRapida": "explicação com $equações$ quando necessário"  
40   "justificativaDetalhada": "explicação detalhada com $equações$ quando necessário"  
41   "justificativaAlternativasErradas": "explicação do porquê as alternativas erradas estão erradas com $equações$ quando necessário"  
42 };  
43 }  
44
```

Figura H.1: Versão usada do prompt

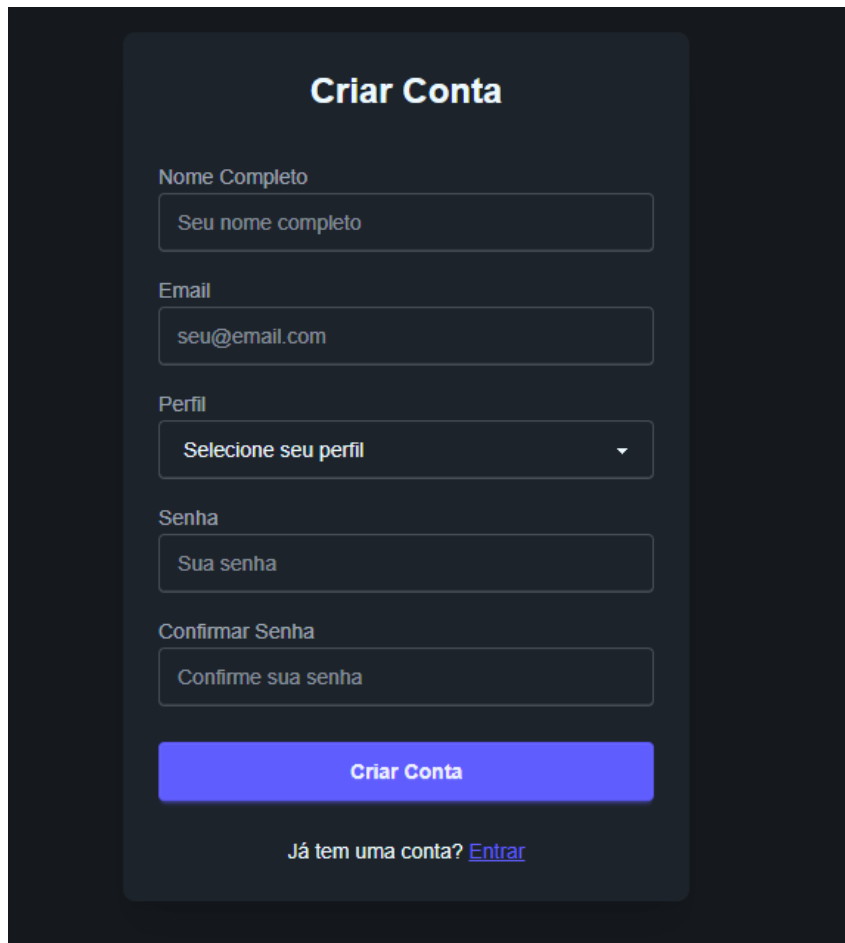
Apêndice I

Capturas de Tela da Plataforma



A captura de tela mostra uma interface de login com o título "Entrar" em um fundo escuro. Abaixo do título, há dois campos de entrada: "Email" com o valor "seu@email.com" e "Senha" com o valor "Sua senha". Um botão azul com o texto "Entrar" está posicionado abaixo dos campos. Na base da interface, há o texto "Não tem uma conta?" seguido por um link azul "Cadastre-se".

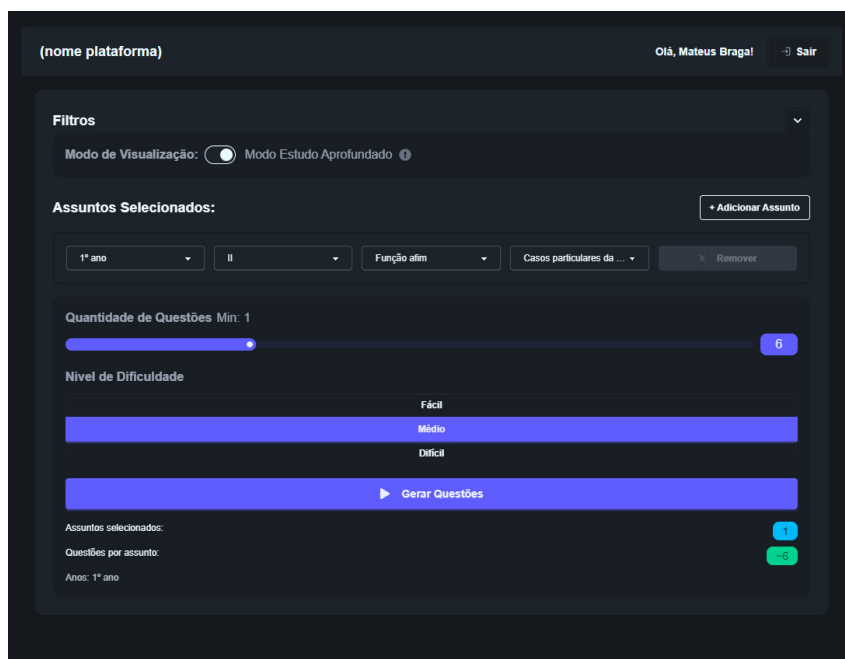
Figura I.1: Autenticação do usuário



The image shows a 'Criar Conta' (Create Account) form on a dark background. The form is centered and contains the following fields and elements:

- Nome Completo**: A text input field with the placeholder 'Seu nome completo'.
- Email**: A text input field with the placeholder 'seu@email.com'.
- Perfil**: A dropdown menu with the text 'Selecione seu perfil' and a downward arrow.
- Senha**: A text input field with the placeholder 'Sua senha'.
- Confirmar Senha**: A text input field with the placeholder 'Confirme sua senha'.
- Criar Conta**: A large, prominent blue button.
- Já tem uma conta? [Entrar](#)**: A link to the login page.

Figura I.2: Cadastro do usuário



The image shows a 'Filtros' (Filters) section of a user interface. It includes the following elements:

- Modo de Visualização**: A toggle switch between 'Modo de Visualização' and 'Modo Estudo Aprofundado'.
- Assuntos Seleccionados**: A section with a '+ Adicionar Assunto' button and several filters: '1º ano', 'II', 'Função afim', 'Casos particulares da ...', and a 'Remover' button.
- Quantidade de Questões**: A slider bar with a minimum value of 1 and a current value of 6.
- Nível de Dificuldade**: A section with three difficulty levels: 'Fácil', 'Médio', and 'Difícil', each represented by a horizontal bar.
- Gerar Questões**: A blue button with a play icon.
- Assuntos seleccionados**: A summary of the selected topics, showing '1' topic.
- Questões por assunto**: A summary of the number of questions per topic, showing '6' questions.
- Anos: 1º ano**: A summary of the selected years, showing '1º ano'.

Figura I.3: Filtros

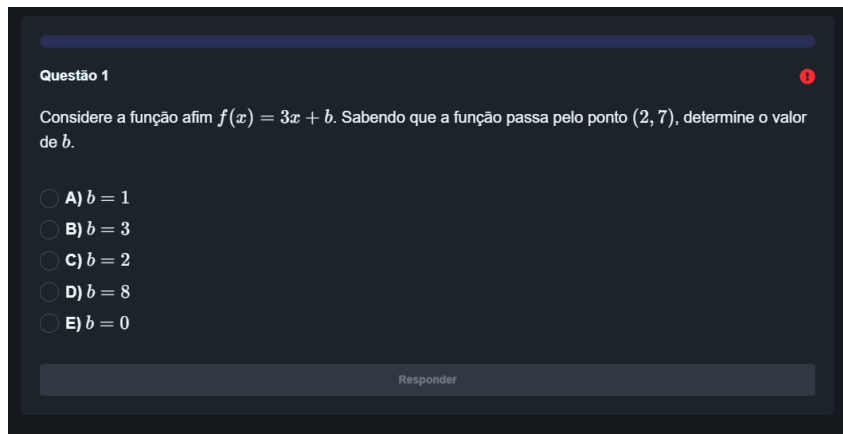


Figura I.4: Questões geradas em modo estudo aprofundado

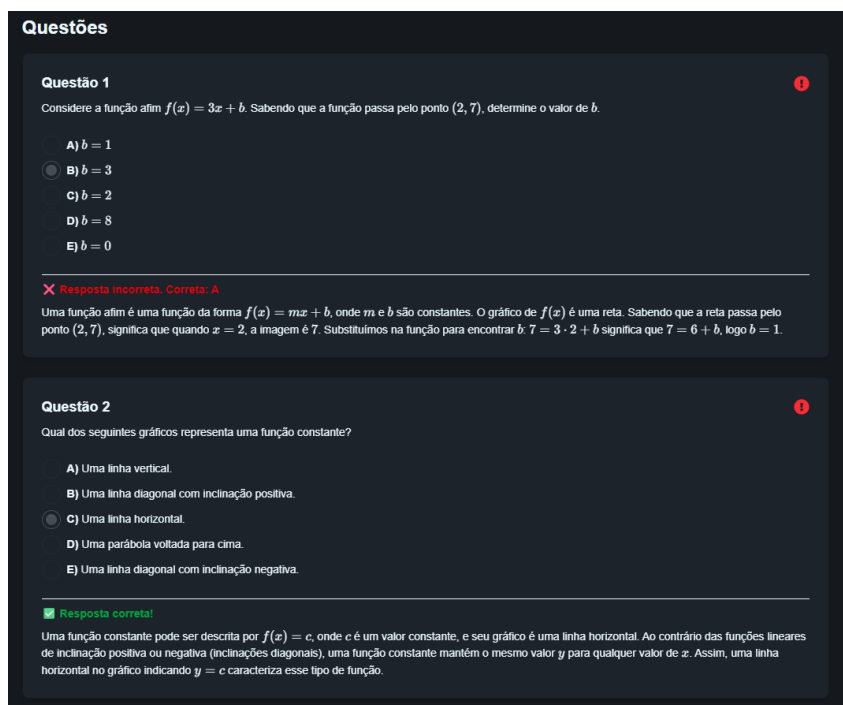


Figura I.5: Questões geradas em modo simulado

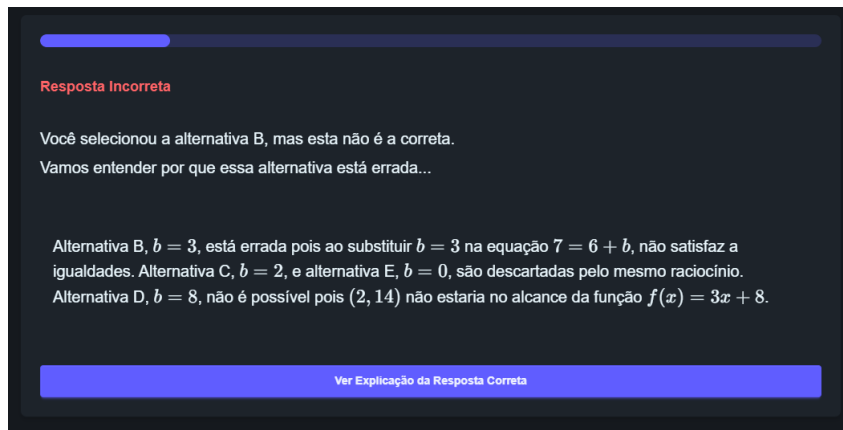


Figura I.6: Feedback da resposta errada

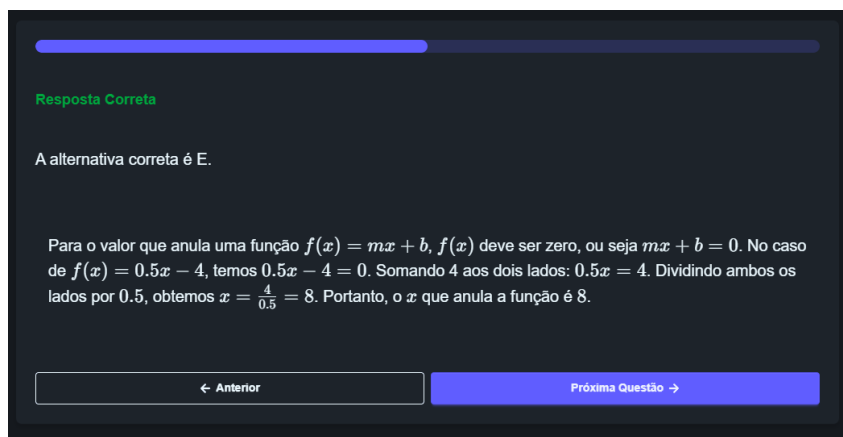


Figura I.7: Explicação correta da questão



Figura I.8: Mensagem motivacional ao finalizar

Filtros

Modo de Visualização:

☐

Modo Estudo Aprofundado ⓘ

Assuntos Seleccionados:

+ Adicionar Assunto

1º ano

II

Função afim

Casos particulares da função afim

×

 Remover

Quantidade de Questões Min: 1

6

Nível de Dificuldade

Fácil

Médio

Difícil

▶

 Gerar Questões

Assuntos seleccionados:

1

Questões por assunto:

~6

Anos: 1º ano

Figura I.9: Filtros em telas pequenas

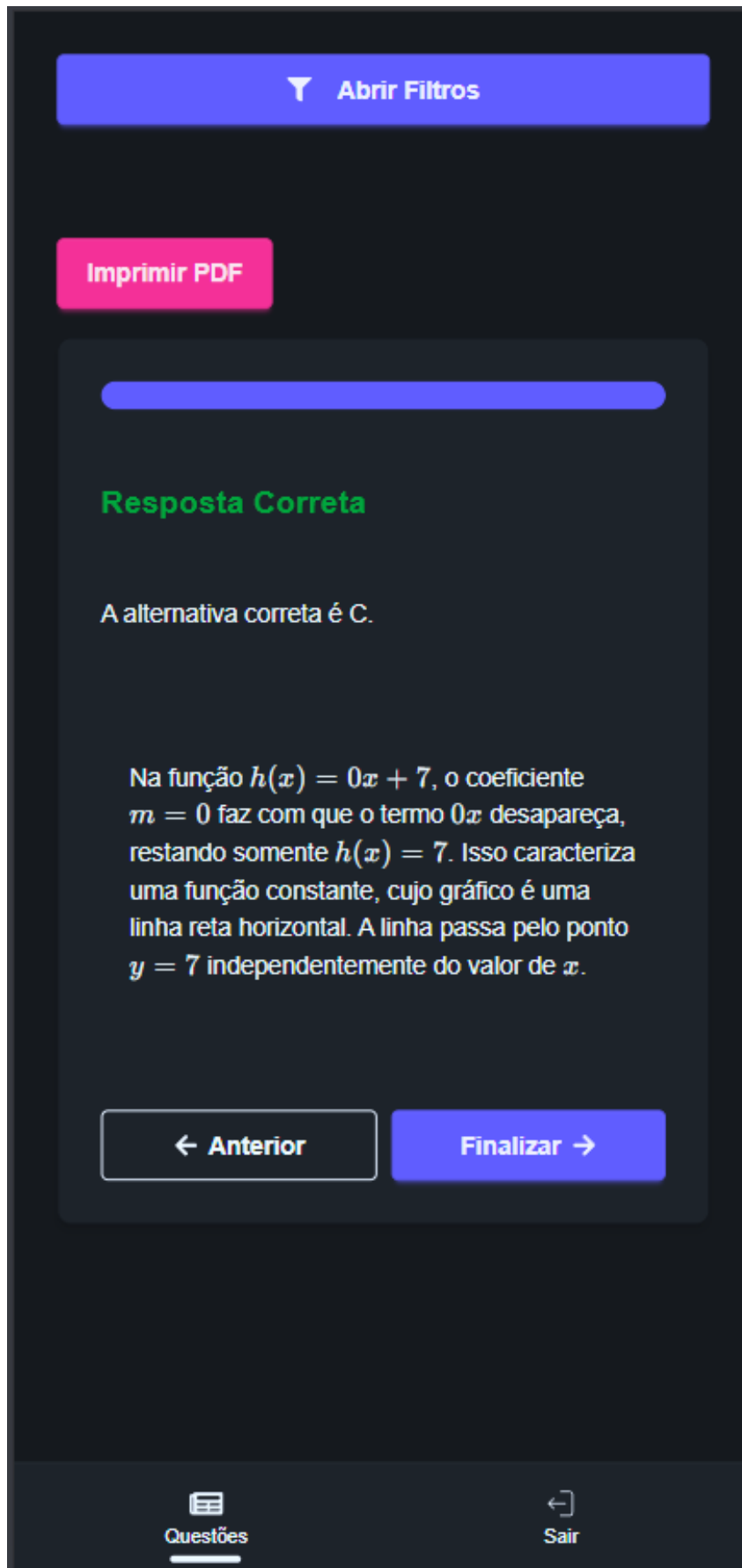


Figura I.10: Feedback em telas pequenas

	INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
	Campus Campina Grande - Código INEP: 25137409
	R. Tranquílino Coelho Lemos, 671, Dinamérica, CEP 58432-300, Campina Grande (PB)
	CNPJ: 10.783.898/0003-37 - Telefone: (83) 2102.6200

Documento Digitalizado Ostensivo (Público)

Versão final do TCC em pdf

Assunto:	Versão final do TCC em pdf
Assinado por:	Mateus Melo
Tipo do Documento:	Dissertação
Situação:	Finalizado
Nível de Acesso:	Ostensivo (Público)
Tipo do Conferência:	Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- Mateus Braga de Melo, DISCENTE (202111250030) DE BACHARELADO EM ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO - CAMPINA GRANDE, em 21/01/2026 15:17:35.

Este documento foi armazenado no SUAP em 21/01/2026. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 1737882
Código de Autenticação: ed7e0d7310

