



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
CAMPUS CAJAZEIRAS  
CURSO DE LICENCIATURA EM MATEMÁTICA**

**BRENO NOBREGA DE ALMEIDA**

**SCANMATH IA: UM APLICATIVO CORRETOR DE QUESTÕES MATEMÁTICAS  
COM INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL**

**CAJAZEIRAS-PB**

**2026**

**BRENO NOBREGA DE ALMEIDA**

**SCANMATH IA: APLICATIVO CORRETOR DE QUESTÕES MATEMÁTICAS COM  
INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Matemática do Instituto Federal da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Licenciado em Matemática.

**Orientador(a):** Prof. Dr. William de Souza Santos

**CAJAZEIRAS-PB**

**2026**

**BRENO NOBREGA DE ALMEIDA**

**SCANMATH IA: APLICATIVO CORRETOR DE QUESTÕES MATEMÁTICAS COM  
INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Matemática do Instituto Federal da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Licenciado em Matemática.

Data de aprovação: 20/07/2026

Banca Examinadora:



Documento assinado digitalmente  
**WILLIAM DE SOUZA SANTOS**  
Data: 20/07/2026 15:01:50-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Prof. Dr. William de Souza Santos**  
**Instituto Federal da Paraíba – IFPB**



Documento assinado digitalmente  
**VINICIUS MARTINS TEODÓSIO ROCHA**  
Data: 20/07/2026 15:10:44-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Prof. Dr. Vinicius Martins Teodósio Rocha**  
**Instituto Federal da Paraíba – IFPB**



Documento assinado digitalmente  
**ANTONIO EUDES FERREIRA**  
Data: 20/07/2026 15:00:42-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Prof. Me. Antonio Eudes Ferreira**  
**Instituto Federal da Paraíba – IFPB**

IFPB / Campus Cajazeiras  
Coordenação de Biblioteca  
Biblioteca Prof. Ribamar da Silva  
Catalogação na fonte: Cícero Luciano Félix CRB-15/750

A447s Almeida, Breno Nobrega de.  
*Scanmath* IA : um aplicativo corretor de questões matemáticas com inteligência artificial / Breno Nobrega de Almeida.– 2026.  
  
50f. : il.  
  
Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Matemática) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Cajazeiras, 2026.  
  
Orientador(a): Prof. Dr. William de Souza Santos.  
  
1. Matemática – Ensino médio. 2. Inteligência artificial. 3. Aplicativo educacional. 4. Avaliação de aprendizagem. I. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba. II. Título.

IFPB/CZ

CDU: 51:004.8(043.2)

Dedico este trabalho à minha família e meus amigos, pelo apoio incondicional durante todo esse processo.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a minha família, por me apoiar e me consolar nos momentos mais duros e difíceis dessa trajetória acadêmica, pois é preciso valorizar sempre aqueles que estarão ao seu lado independente das situações, são aqueles que lhe garantem um teto pra morar, comida no seu prato, enfim, são os mais importantes da minha vida e são por eles minhas batalhas todos os dias.

Agradeço ao meu orientador Professor Doutor William, que desde o meu 3º período da faculdade já sabia que seria o meu orientador por ser um amante da tecnologia e das inovações no mundo educacional. Obrigado por me guiar nessa conclusão de curso, me guiou com toda humildade e companheirismo que foram essenciais para eu concluir este curso com o “pé direito”, muita gratidão, muito respeito a sua pessoa e a conclusão que Deus colocou a pessoa certa pra me guiar durante esse percurso. Serei eternamente grato a você por isso e a certeza de que fui atrás do Orientador certo pra fechar esse meu ciclo acadêmico.

Também agradeço ao meu querido professor e amigo vascaíno João Paulo, por toda a amizade e companheirismo que teve comigo durante as disciplinas que tive o prazer de concluí-las com você. Nunca irei me esquecer da disciplina de Introdução a Análise Real, quando me pediu pra ir no quadro resolver uma questão de demonstração e eu não sabia resolver e mesmo assim você pediu que eu fosse e que iria me ajudar a resolver. Naquele momento eu enxerguei o papel verdadeiro do professor, que não só encoraja o aluno, mas o mostra que está contigo nesse processo e que você tem capacidade de resolver. Você me mostrou grandes atitudes de um professor que com certeza o seguirei como exemplo de profissional e pessoa.

E claro, um agradecimento especial a todos os meus professores da instituição, agradeço toda a dedicação em nos ministrar conteúdos

Agradeço também aos meus amigos e irmãos Diego Estrela e Rafael Vanderlei, que tive o prazer de conhece-los e de partilhar grandes momentos na instituição, tanto nos momentos difíceis quanto nos momentos de vitória. Com toda certeza a amizade deles foram essenciais para a minha conclusão de curso, e seguem em minhas orações e na minha torcida pra que trilhem caminhos grandiosos em suas vidas, pois são merecedores de desfrutar dos melhores momentos que a vida pode oferecer. E

falando em amigos, não poderia deixar de agradecer também aos meus amigos da minha cidade, por todo o companheirismo e parceria desde sempre, sem dúvidas eles foram pessoas essenciais para que essa minha trajetória acadêmica fosse concluída.

E por último e o mais importante de todos, ao meu senhor Deus, o mais importante de tudo e de todos, por me fortificar todos os dias a buscar os meus objetivos, pois sem a presença e sem a ajuda dele jamais teria conseguido conquistar tudo que conquistei e concluir ciclos como estes que são portas de entrada em meu futuro. Com saúde e proteção em minha vida, Deus me guiou durante todo esse ciclo, um ciclo cheio de obstáculos e cheio de incertezas, porém a sua graça me guiou em todos os caminhos e consegui vencer esse processo. E claro, agradecer por ele ter colocado todas essas pessoas em meu caminho, pois foram bençãos em minha vida, serei eternamente grato e levarei sempre a palavra de Deus comigo para onde eu caminhar.

*“A imaginação é mais importante que o conhecimento. O conhecimento é limitado, mas imaginação abrange o mundo inteiro.”*

**Albert Einstein.**

## RESUMO

O crescente uso da Inteligência Artificial proporcionou integrar essa tecnologia em diversas áreas, inclusive na educação, onde abriu-se novas possibilidades para otimizar tarefas e apoiar o trabalho docente. Nesse contexto, esta pesquisa teve como objetivo desenvolver e avaliar um aplicativo baseado em Inteligência Artificial, denominado *ScanMath IA*, capaz de analisar e corrigir resoluções matemáticas manuscritas dos assuntos que englobam a Matemática Básica e Álgebra do Ensino Fundamental e Médio. Metodologicamente, o trabalho caracteriza-se como uma pesquisa qualitativa, exploratória, bibliográfica e de desenvolvimento tecnológico. O *ScanMath IA* foi desenvolvido juntamente com a plataforma de criação de interface e estrutura de *software* Lovable e integrada aos recursos de Inteligência Artificial multimodais disponibilizados pela API da OpenAI para interpretação das imagens e correção das resoluções. O funcionamento do aplicativo baseia-se na análise de resoluções enviadas pelo próprio usuário, acerca de corrigir de forma automática e trazer *feedbacks* detalhados de cada processo da resolução e visualmente atrativos para apoiar o docente em seu processo de correção de atividades de forma ética e satisfatória. Os resultados obtidos por este trabalho demonstraram que o *ScanMath IA* foi capaz de interpretar as resoluções matemáticas corretas e incorretas, reconhecendo todos os processos resolutivos de determinadas questões, evidenciando seu potencial como ferramenta de apoio às atividades docentes. Embora algumas limitações relacionadas à dependência dos recursos inteligentes disponibilizados pela OpenAI, conclui-se que o aplicativo atende aos objetivos deste trabalho, contribuindo significativamente com o processo de automatização do processo de correção de atividades matemáticas e para a evolução no uso de tecnologias na área da educação, para apoiar os trabalhos docentes.

**Palavras-chave:** Inteligência Artificial. Aplicativos Educacionais. Correção de Atividades. Reconhecimento de Escrita Matemática. Avaliação de Aprendizagem.

## ABSTRACT

The growing use of Artificial Intelligence has enabled the integration of this technology into various fields, including education, where it has opened up new possibilities for streamlining tasks and supporting teaching activities. In this context, this research aimed to develop and evaluate an AI-based application named ScanMath IA, capable of analyzing and grading handwritten mathematical solutions covering Basic Mathematics and Algebra topics from elementary and high school curricula. Methodologically, this study is characterized as qualitative, exploratory, bibliographic, and technological development research. ScanMath IA was developed using the Lovable interface creation and software framework platform and integrated with multimodal AI capabilities provided by the OpenAI API to interpret images and grade solutions. The application operates by analyzing user-submitted solutions to automatically grade them and provide detailed, visually appealing feedback on each step of the solving process, thereby supporting teachers in grading assignments ethically and effectively. The results demonstrated that ScanMath IA was capable of interpreting both correct and incorrect mathematical solutions and recognizing the specific steps taken to solve problems, highlighting its potential as a tool to support teaching activities. Despite some limitations regarding its reliance on OpenAI's intelligent capabilities, the application successfully meets the study's objectives, contributing significantly to the automation of math assignment grading and the advancement of educational technology in support of teaching work.

**Keywords:** Artificial Intelligence. Educational Applications. Assignment Assessment. Mathematical Handwriting Recognition. Learning Assessment.

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 - Processo de Reconhecimento de Imagem no ScanMath IA.....                      | 29 |
| Figura 2 - Diagrama Estrutural do Processo de correção automática pelo ScanMath IA ..... | 31 |
| Figura 3 - Tela Inicial do ScanMath IA.....                                              | 33 |
| Figura 4 - Feedbacks Visuais do ScanMath IA.....                                         | 35 |
| Figura 5 - Análise de Passos do Aluno no ScanMath IA .....                               | 35 |
| Figura 6 - Resolução correta de acordo com a ScanMath IA .....                           | 36 |
| Figura 7- Resolução utilizada e enviada ao aplicativo .....                              | 38 |
| Figura 8- Feedback da questão de acordo com a ScanMath IA.....                           | 39 |
| Figura 9 - Análise processual da resolução de acordo com a ScanMath IA .....             | 40 |
| Figura 10 - Resposta Correta e Resolução correta de acordo com a ScanMath IA.....        | 41 |
| Figura 11 - Resolução correta utilizada e enviada ao aplicativo.....                     | 42 |
| Figura 12 - Feedback da questão de acordo com a ScanMath IA .....                        | 43 |
| Figura 13 - Análise processual da resolução de acordo com a ScanMath IA .....            | 44 |

## SUMÁRIO

|                                                             |           |
|-------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>                                   | <b>16</b> |
| 1.1 Definição do Problema .....                             | 17        |
| 1.2 Objetivo Geral .....                                    | 18        |
| 1.3 Objetivos Específicos .....                             | 18        |
| 1.4 Importância da Pesquisa .....                           | 18        |
| 1.5 Aspectos Metodológicos.....                             | 19        |
| <b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>                        | <b>23</b> |
| 2.1 Inteligência Artificial: conceitos e fundamentos .....  | 23        |
| 2.2 Reconhecimento de Escrita Matemática .....              | 27        |
| <b>3 DISCUSSÃO E RESULTADOS .....</b>                       | <b>32</b> |
| 3.1 Construção do Aplicativo.....                           | 32        |
| 3.2 Correção de Questões Matemáticas com o Aplicativo ..... | 37        |
| 3.2.1 Exemplo de Correção de uma Resolução Incorreta .....  | 38        |
| 3.2.2 Exemplo de Correção de uma Resolução Correta .....    | 41        |
| <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>                           | <b>45</b> |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>                                     | <b>49</b> |
| <b>APÊNDICES .....</b>                                      | <b>53</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo Russel e Norvig (2009), em meados de 1956, surge um novo termo que marca o início de uma nova Revolução na tecnologia mundial, o termo Inteligência Artificial (IA), nomeado pela primeira vez por John McCarthy durante a Conferência de Dartmouth, nos Estados Unidos, que nomeou também outros pesquisadores da época como Nathan Rochester e Claude Shannon. Este surgimento teve como base fixar a IA como um campo de pesquisa científica, cujo objetivo seria criar máquinas e simulá-las com a própria inteligência humana, simulando, por exemplo, o raciocínio e as tomadas de decisões.

Inquestionavelmente, as Inteligências Artificiais vêm se integrando cada vez mais em nossa sociedade, se tornando cada vez mais acessível e simplificado para os usuários no dia a dia. Neste contexto, a educação matemática tem se tornado uma área com um grande potencial de exploração com Inteligência Artificial, podendo ser explorado novas maneiras dinâmicas de ensino-aprendizagem, bem como apoio para a rotina dos docentes. E isto corrobora com o que diz Prate e Matos (2020), ao destacarem que, a Inteligência Artificial na educação, permite um conhecimento e intervenção maior do docente, pelo fato de a própria ter a capacidade de identificar as dificuldades específicas de cada discente.

Embora ainda que a IA não seja plenamente explorada pela maioria dos docentes, a relação entre Inteligência Artificial e educação é explorável também para trazer apoio à rotina do docente. Seguindo esta ideia, Cruz *et al.* (2023, p.20) sinaliza que a IA "está transformando o papel dos educadores, oferecendo ferramentas que podem aliviar a carga administrativa, permitindo-lhes concentrar mais na interação direta e no enriquecimento intelectual dos estudantes". Isto é, a IA está colaborando com o processo de administração de tempo do professor, visto que o docente possui inúmeras obrigações profissionais para cumpri-las diariamente - o que exerce um papel de apoio para o mesmo.

Outrossim, existem diversas maneiras de utilizar a Inteligência Artificial para corroborar com o tempo e qualidade do docente matemático em sua vida profissional, entre eles estão os aplicativos digitais com IA. Esses aplicativos, são criados e disponibilizados para prestar algum tipo de tarefa humana com base em Inteligência Artificial, ou seja, o aplicativo tem o objetivo de substituir a tarefa humana naquele

serviço, para o usuário ter a resposta imediata de uma tarefa que poderia demandar de algum tempo para ser feita.

### 1.1 Definição do Problema

A Matemática é considerada, por muitos, uma disciplina que concentra grandes objeções, tornando-se uma disciplina desafiadora para muitos. A trajetória profissional do professor de matemática não é diferente, pois integra como uma de suas características, situações que vão além do ato de lecionar os conteúdos, à exemplo disso as correções de atividades matemáticas, que costumam ser, em alguns momentos, situações desgastantes para o docente, avaliações em quantidade e até mesmo planejamentos inovadores para cercear algumas dificuldades dos discentes com algum conteúdo.

Somado a isso, o aglomerado dessas situações corrobora para uma sobrecarga de trabalho, ocasionando uma má administração de tempo e de qualidade. Nesse sentido, segue a ideia do que diz Siqueira, Wiziack e Zanon (2022), ao destacarem que é indubitável os desafios e dificuldades que o professor de matemática enfrenta em sua trajetória profissional ao realizar correções de atividades e avaliações, sejam por carências nas formações para o uso de tais tecnologias ou até mesmo pela escassez de tempo e organização em sua vida profissional. Facilitar este processo, como ferramenta de apoio, colabora consideravelmente na administração profissional de tarefas do docente.

Diante desse contexto, observa-se a necessidade de alternativas que contribuam para a vida profissional do docente, tornando seu processo, mas ágil em momentos que seja necessário aumentar a produtividade, tendo em vista que, a vida profissional do mesmo é composta por muitas tarefas no dia a dia. Com os avanços da Inteligência Artificial, surgem novas possibilidades de automatizar determinadas tarefas, sempre como utilização de apoio ao professor, identificando erros, analisando resoluções, entre outros.

Nesse sentido, esta pesquisa tem como questão norteadora a seguinte indagação: como desenvolver um aplicativo baseado em Inteligência Artificial que auxilie o professor de Matemática na correção de avaliações? A partir dessa problemática, propõe-se o desenvolvimento do aplicativo *ScanMath IA*, capaz de analisar resoluções matemáticas manuscritas, identificar possíveis erros e fornecer

feedbacks automáticos, buscando atuar como ferramenta de apoio ao trabalho do docente, sem substituir a tomada de decisão do professor, bem como a análise pedagógica.

## 1.2 Objetivo Geral

Desenvolver e avaliar um aplicativo, baseado em técnicas de Inteligência Artificial, capaz de reconhecer e corrigir questões matemáticas, propondo-se a atuar como ferramenta de apoio ao professor.

## 1.3 Objetivos Específicos

- Compreender como funciona o processo de reconhecimento de escrita matemática utilizando bibliotecas de visão computacional multimodais para converter imagens de resoluções manuscritas em expressões matemáticas digitais passíveis de análise computacional.
- Desenvolver um algoritmo de correção com *feedback* que aponte o acerto ou erro do resultado final, mas também identifique os erros durante o procedimento de resolução.
- Avaliar a usabilidade do aplicativo por meio de questões diversas, analisando a precisão da correção e a percepção sobre a ferramenta.

## 1.4 Importância da Pesquisa

Criar um aplicativo com Inteligência Artificial capaz de corrigir questões resolvidas e pontuar cada erro e cada acerto de uma determinada questão é um avanço enorme para um suporte ao docente em suas tarefas obrigatórias como profissional. Tal aplicativo tem como objetivo central, diminuir tais problemáticas já citadas, o que traz suporte para a vida profissional do docente, pois serve como ferramenta de apoio para o mesmo concluir suas obrigações quanto a correções de atividades e avaliações.

Outrossim, o uso do aplicativo *ScanMath IA*, capaz de corrigir qualquer atividade matemática dos assuntos de Matemática Básica e Álgebra para os ensinos

fundamental e médio, tem como objetivo analisar e entregar, quase de forma instantânea, a correção da questão e os erros encontrados.

Dessa forma, a ferramenta pode contribuir para reduzir a sobrecarga profissional do docente, a fim de encurtar seu tempo, usando com cautela e, importantíssima observação, servir como apoio para o docente, pois jamais devemos substituir a análise e feedback profissional humano, bem como na educação, já que o papel do docente é importantíssimo para o avanço educacional por de fato ser um profissional da educação.

Somado a isso, corrobora com o seguinte destaque: "tecnologias tanto podem ser utilizadas para organizar como para desorganizar o conhecimento. Depende de como e quando os utilizamos" (Moran, 2015, p. 48). Essa afirmação evidencia que a tecnologia inteligente deve servir como ferramenta de apoio ao docente, impulsionando suas atividades pedagógicas de forma mais ágil, mas responsável.

Somado a isso, a tecnologia serve também como ferramenta de apoio e auxílio para os profissionais que o utilizam. O mesmo Moran (2015) aponta também que o professor tem a necessidade de integrar tecnologias expressivas para lidar com suas demandas profissionais. É um avanço pessoal para um melhor desempenho em sua carreira como docente, além, é claro, da administração de tempo para efetuar suas diversas outras atividades e obrigações profissionais e pessoais.

Se tratando de Inteligência Artificial, é importante salientar o cuidado com o uso de tais ferramentas. Como mencionado anteriormente, as tecnologias precisam ser usadas de maneira cautelosa, para que não sejam utilizadas de forma indesejada, provocando desorganização em vez de organização. Por isso, é de fundamental importância que o uso de aplicativos como *ScanMath IA* e outros semelhantes que fazem uso de Inteligência Artificial para análise e correção de questões matemáticas sejam usadas e aproveitadas com moderação e sempre analisando os resultados se permanecem corretamente, pois IA também possui falhas e isto é um dos maiores argumentos para trabalharmos com ferramentas de IA apenas como apoio aos processos.

## **1.5 Aspectos Metodológicos**

De acordo com Zanelli (2013, p. 20) "...Método, é a forma que o cientista escolhe para ampliar o conhecimento sobre determinado objeto, fato ou fenômeno. É

uma série de procedimentos intelectuais e técnicos adotados para atingir determinado conhecimento”. Ou seja, as metodologias utilizadas para a construção técnica de determinada pesquisa, servem como orientação aos procedimentos científicos, além de garantir organização estrutural à pesquisa, com o objetivo de esclarecer seus objetivos gerais e específicos, bem como a compreensão e coesão aos dados e resultados obtidos por tais estudos.

Outrossim, foram necessários o uso de metodologias capazes de agregar e trazer respostas aos objetivos desta pesquisa. Cada metodologia tem papel fundamental na construção e conclusão da mesma para agregar valor às ferramentas tecnológicas bem como à praticidade ao docente. A metodologia adotada nesta pesquisa segue as orientações de classificação de Gil (2017) e Severino (2014), cujas classificações compreendem a construção para os objetivos desta pesquisa.

Como abordagem, foi utilizado o método qualitativo, pois segundo Gil (2017), as abordagens qualitativas têm como características as medições em descrição verbal, além de estudo de caso, pesquisa-ação e participante e são adequadas à pesquisa social. E a mesma tem como objetivo o *feedback* verbal sobre o uso da ferramenta, ou seja, compreender as opiniões acerca do uso do aplicativo através da experiências dos usuários, bem como os benefícios observados com o devido uso da ferramenta, além, é claro, de uma análise mais aprofundada da usabilidade do aplicativo e da sua eficiência no contexto educacional e avaliativo, trazendo uma análise real e compreensiva acerca da contribuições da IA para o acompanhamento com o docente no processo de correções de atividades matemáticas, com o objetivo sempre de apoiá-lo quando precisamente for necessário o uso do aplicativo.

Para os objetivos, tal pesquisa tem caráter exploratório. Segundo Severino (2014, p. 107), “a pesquisa exploratória busca apenas levantar informações sobre um determinado objeto, delimitando assim um campo de trabalho, mapeando as condições de manifestação desse objeto”. E isto corrobora com os objetivos da nossa aplicação, pois queremos analisar e extrair informações acerca do desempenho e do apoio que o aplicativo pode trazer para o seu usuário docente, além de analisar suas concretizações com relação às correções, bem como a extração e apresentação desses resultados.

Quanto aos procedimentos utilizados, se trata de uma pesquisa bibliográfica, pois como cita o próprio Zanelli (2013), às pesquisas bibliográficas são elaboradas com base em materiais já publicados, ou seja, uso de fontes bibliográficas para o

repertório das discussões e soluções acerca daquilo que a ferramenta promete executar, com base em seus objetivos traçados e alinhados, e tem como objetivo permitir ao investigador a cobertura mais ampla da parte pesquisada.

O desenvolvimento do *ScanMath IA*<sup>1</sup>, como já mencionados em tópicos anteriores, vem com o objetivo de apoiar os professores de Matemática no processo de correção de atividades, fazendo utilização de Inteligência Artificial para a automatização por parte deste processo. A proposta surgiu a partir de análises e feedbacks de observações que fiz durante meu processo de estágio, no qual vivenciei algumas falas negativas de professores sobre esse processo de ter que corrigir muitas atividades de matemática, muitos cálculos, etc. Dessa forma, por ser familiarizado com a gama da tecnologia, busquei desenvolver algo que pudesse apoiar o professor nesses momentos em que a sobrecarga de atividades aparece na vida de todo profissional da educação.

Para a construção do aplicativo, foi utilizado um apoio extra com a plataforma *Lovable*, que de acordo com a própria *Lovable* (2026), trata-se de uma ferramenta voltada ao desenvolvimento de sistemas, aplicações em linhas de código e desenvolvimento de *softwares* através de uma linguagem natural. Isto é, a capacidade de criarmos *softwares* com *backend*, *frontend*, banco de dados, entre outras composições que *software webs* precisam ter para um melhor funcionamento, sem necessariamente entender de todas linhas de código de programação para desenvolver um sistema.

Para que o *ScanMath IA* fosse capaz de interpretar as imagens enviadas pelos usuários, foi utilizada a API oficial da OpenAI para conseguirmos fazer utilização do acesso ao modelo multimodal que é fornecido pela própria empresa. Este recurso nos permite enviar imagens capturadas pelos próprios usuários ao modelo multimodal da OpenAI, cuja capacidade íntegra de interpretar imagens sem a necessidade de implementação de bibliotecas específicas, uma vez que a própria OpenAI não divulga sua estrutura multimodal para esse uso deste reconhecimento.

Assim, a identificação de escrita matemática é realizada pelo próprio modelo disponibilizado pela OpenAI, permitindo que essas informações manuscritas sejam convertidas em linguagem computacional para o entendimento da tecnologia inteligente, com o objetivo de realizar a análise sobre aquela determinada questão,

---

<sup>1</sup> Disponível em: <https://scanmath-ia.lovable.app>

bem como a correção e resolução, em caso de erros, com uso do modelo *GPT-4o*, disponibilizado pela chave API da OpenAI, que é a responsável direta pela análise e interpretação dessa linguagem computacional, convertida durante o processo de envio das imagens pelos usuários.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção serão discutidos os temas que fundamentam teoricamente o desenvolvimento da pesquisa, abordando os conceitos e fundamentos da Inteligência Artificial, bem como no seu contexto educacional e o apoio às práticas docentes nos processos profissionais e ensino-aprendizagem. Além disso, serão apresentados fundamentos importantes relacionados ao reconhecimento de escrita matemática, às técnicas de visão computacional, interpretações de imagens e conversões em escrita computacional para a análise e desenvolvimento da interpretação automatizada de expressões matemáticas, mostrando como essas tecnologias inteligentes podem contribuir para o funcionamento do aplicativo proposto.

### 2.1 Inteligência Artificial: conceitos e fundamentos

Segundo Barbosa e Portes (2023, p.18), “a Inteligência Artificial (IA) é a capacidade dos dispositivos eletrônicos de funcionar de maneira que lembra o pensamento humano. Isto implica em perceber variáveis, tomar decisões e resolver problemas. Enfim, operar em uma lógica que remete ao raciocínio”. Isto é, a IA tem capacidade de operar semelhante à humanas pelo fato de operar inteligentemente. Como destaca também Gomes (2010), a IA é um ramo cujo interesse é computadores pensarem e se comportarem de forma inteligente, relacionados à Psicologia, à Lógica, à Engenharia, etc.

O surgimento da Inteligência Artificial, segundo Russel e Norvig (2009), ocorreu na Conferência do *Dartmouth College*, localizado em New Hampshire - USA, em meados de 1956, evento que marcou o registro do termo “inteligência artificial” pela primeira vez, se tornando um novo campo de estudos para a ciência e para a informática. E dessa forma, ao decorrer do tempo foi se inovando em criações e estudos científicos, pois segundo Barbosa e Bezerra (2020), em meados de 1964, surgia o primeiro *chatbot* da história, chamado Eliza, que tinha como objetivo imitar um psicanalista, através de palavras-chaves e padrões de conectividade de conversas.

A Inteligência Artificial, por possuir tal capacidade, se destaca no uso comum em diversos setores da sociedade. Isto corrobora com o Prodest (2025), ao destacar

que a aplicação de Inteligência Artificial, de forma correta e estratégica, traz enormes benefícios para quem o faz da utilização:

“[...] Essa tecnologia permite uma maior automação em processos e redução de custos, além de maior comodidade para o usuário. Por isso, é usada em diversos setores que abrangem o cidadão comum, as pesquisas médicas e até processos em grandes empresas” (Prodest, 2025, p.1).

Fica claro, portanto, que a IA pode ser aplicada em diversas áreas da sociedade. Segundo Spadini (2023), a inteligência artificial pode ser aplicada em diversas áreas, mas as que se destacam nos últimos tempos são nas áreas governamentais - para buscar melhorias nos serviços públicos, automatizando análise de dados, análise de fraudes, etc. Outra área bastante explorada são as áreas do comércio e das empresas de atendimento, buscando um atendimento rápido e eficaz em massa para diminuir o número de contratados em atendimento, reduzindo custos e agilizando processos.

Outrossim, a Inteligência Artificial também se acentua na área da educação, pois segundo Duque *et al.* (2023), tal tecnologia possibilita o reconhecimento de padrões de aprendizado, ajustando materiais didáticos conforme as demandas pessoais de cada aluno e impulsionando o envolvimento dos estudantes com a disciplina proposta, além claro, de impulsionar a análise ao docente para identificar e compreender os principais pontos de dificuldade daquele aluno em determinadas situações.

Em 2022, surge no mercado o ChatGPT, um dos principais acessos à Inteligência Artificial Generativa no mundo, desenvolvida pela OpenAI. Isto é, segundo *IBM - International Business Machines* (2023), inteligência generativa se trata de uma inteligência que se destaca pela capacidade de criação de conteúdos originais, como textos, imagens e códigos de software, respondendo a um prompt solicitado pelo usuário.

O ChatGPT foi responsável por um crescimento abundante no mundo, se tornando um recorde mundial no ramo da tecnologia, que segundo Oliveira (2024),

“[...] O *ChatGPT*, um *chatbot* que se tornou o sistema informático com mais rápido crescimento em número de utilizadores na história da tecnologia. No princípio de 2024, o *ChatGPT* contava com mais de 150 milhões de utilizadores” (Oliveira, 2024, p.57).

Tempos depois, como destaca Duarte (2026), entre junho de 2024 ao início de 2025, o *ChatGPT* já contava com mais de 750 milhões de usuários ativos, e este número aumentou ainda mais em 2026, chegando a mais de 1 bilhão de usuários ativos. Este número só tende a crescer a cada ano, pois segundo o próprio autor, este crescimento é consequência das capacidades que esta IA generativa possui, como o aumento da produtividade e o uso acessível e rápido tempo de respostas e criações com simples *prompts*.

Santaella (2023) destaca que a IA tem um impacto de crescimento significativo em vários setores sociais, transformando a tecnologia cada vez mais, e este crescimento também vem se incorporando na educação. Este crescimento tem corroborado com os avanços das informações e das produções, o que condiz com Lévy (1999), ao destacar que esses pontos de evolução favorecem o campo inteligente de educação, apoiando cada vez mais os processos de aprendizagem e de ensino na educação atual.

Nessa mesma análise, podemos perceber que as tecnologias são responsáveis diretos pela evolução de processos, e Bacich, Neto e Trevisani (2015) destacam a importância dessas tecnologias educacionais serem implementadas, ao citar que tais meios são favorecidos por uma construção de aprendizagem com mais leveza e poder de personalização das necessidades dos estudantes, garantindo assim melhores atividades no quesito identificar dúvidas e buscar solucioná-los.

Outrossim, os mesmos também destacam que a personalização de ensino, que é resultado do impulso que a tecnologia traz para educação, busca considerar e compreender as particularidades dos estudantes, bem como suas necessidades de aprendizagem. E complementando com tal ideia, Hattie e Timperley (2007) ressaltam o potencial que a Inteligência Artificial pode trazer para a aprendizagem, a partir de informações claras dos desempenhos dos estudantes, bem como seus pontos fracos em determinados assuntos e disciplinas, para uma construção sólida de compreensão e solução em suas trajetórias.

Nesse contexto, os mesmos também destacam que *feedbacks* automatizados com base em análises de resoluções de questões, desempenhos em avaliações dos estudantes favorecem o desenvolvimento e intensificam a personalização do ensino e aprendizagem, e que a Inteligência Artificial é uma tecnologia que possui esta capacidade. O que condiz com Shute (2008) ao destacar que os *feedbacks* devem ser direcionados a esclarecer e solucionar pontos de dificuldade dos estudantes, trazendo

uma personalização para cada um, pois cada discente tem suas próprias dificuldades, facilitando também o trabalho do docente.

Segundo Libâneo (2013), o trabalho dos docentes não se resume apenas a lecionar conteúdos, mas envolve também analisar e ajudar a solucionar dúvidas e dificuldades dos alunos, bem como todo um acompanhamento contínuo, além de planejamentos e avaliações de aprendizagem. E isso condiz com Tardif (2014), ao destacar a prática docente como um composto de diversos processos de ensino e aprendizagem, que demandam tempo e organização por parte do próprio para concluir de maneira eficaz tais tarefas.

Sobre esses processos, a ferramenta *ChatGPT* é capacitada para colaborar nesses espaços, pois de acordo com (Giraffa e Kohls-Santos, 2023, p.128): “O ChatGPT tem potencial para apoiar os processos de ensino e de aprendizagem em determinados campos do conhecimento, onde existe vasto repertório de contribuições disponíveis”.

Para o apoiar nesses processos, as tecnologias digitais podem contribuir positivamente nesse processo, e ferramentas de Inteligência Artificial, como já visto anteriormente, possuem essa capacidade de otimizar tarefas e solucionar problemas e dificuldades, pois de acordo com Moran (2015), às tecnologias digitais favorecem e auxiliam os professores no acompanhamento estudantil de seus alunos, organizando processos e solucionando, juntamente com o docente, dificuldades ao longo do processo de ensino e aprendizagem dos estudantes.

Diante disso, a IA tem papel fundamental para apoiar o professor em grandes processos avaliativos e organização, pois segundo os próprios Giraffa e Kohls-Santos (2023, p.124) destacam que: “as técnicas de IA são aplicadas para analisar grandes conjuntos de dados educacionais, tais como: notas, registros de presença, desempenho em testes, entre outros.” Porém, é preciso compreender que se faz necessário a atenção ao fazer uso de Inteligência Artificial.

De acordo com Cozman (2021), o uso de Inteligência Artificial exige atenção quanto à confiabilidade e responsabilidade no uso das análises e resultados produzidos pelos sistemas tecnológicos inteligentes. Isto também corrobora com Santaella (2023) que ressalta a ética e a consciência por parte do usuário ao fazer uso de tecnologias com Inteligência Artificial, pois, no contexto educacional, todas as ferramentas devem ser utilizadas como apoio ao trabalho docente e não com verdade

absoluta, preservando sempre as tomadas de decisão do docente, bem como sua autonomia ao realizar processos avaliativos e decisões.

## 2.2 Reconhecimento de Escrita Matemática

Para uma Inteligência Artificial compreender questões matemáticas, precisa-se efetuar o processamento de imagens para descrever o que está sendo escrito, pois Gonzalez e Woods (2010) destacam que este procedimento possibilita os sistemas inteligentes obterem informações e compreendê-las por uma análise computacional. Somado a isso, Faceli *et al.* (2021) destacam que o reconhecimento de escrita é um dos principais campos exploratórios da Inteligência Artificial, identificando diversas características distintas em diversos tipos de dados.

Nesse contexto, segundo Plamondon e Srihari (2000), o reconhecimento da escrita corrobora com a transformação de caracteres, números, letras e símbolos manuscritos ou digitais em estruturas computacionais para a leitura e compreensão inteligente. Jain, Duin e Mao (2000) complementam que tal processo está conectado com as técnicas de reconhecimento de padrões, que são responsáveis em analisar e compreender características distintas em dados previamente estabelecidos.

Outrossim, de acordo com Bishop (2006), a aprendizagem de máquina vem evoluindo e permitindo um caminho mais amplo para sistemas computacionais reconhecerem padrões mais complexos em imagens e documentos digitais. Nessa mesma perspectiva, Goodfellow, Bengio e Courville (2016) destacam a capacidade evolutiva que sistemas de Inteligência Artificial desenvolveram em suas redes neurais para identificar e interpretar elementos visuais presentes em diferentes tipos de imagens e documentos, o que levou a uma evolução no reconhecimento de escrita por parte das IA's tornando capaz a análise automática e em poucos segundos de conteúdos manuscritos.

Incorporando ao contexto matemático, o reconhecimento de escrita possui alguns desafios adicionais em relação a textos convencionais. Segundo Chan e Yeung (2000), a linguagem matemática é composta por características bem específicas em relação aos textos, pois são compostos por símbolos, estruturas bidimensionais, números, entre outros elementos que não são encontrados em campos de textos tradicionais. Dessa mesma forma, Zanibbi e Blostein (2012) destacam que a

compreensão espacial integrada aos elementos que compõem as expressões matemáticas é a chave para o reconhecimento da escrita matemática.

Além disso, o reconhecimento da escrita matemática necessita compreender a estrutura das expressões matemáticas para interpretá-las. Dessa forma, Mouchère *et al.* (2022) destaca que elementos matemáticos, como expoentes, frações, entre outros, possuem desafios ao reconhecimento automático de imagem devido à inúmeras regras de resolução e seus componentes. Ademais, Zhang *et al.* (2023) destacam que para o aumento considerável na precisão dos reconhecimentos de expressões matemáticas, foram utilizadas técnicas em aprendizado mais detalhado, permitindo que sistemas inteligentes compreendam estruturas matemáticas mais complexas e desenvolvam respostas mais rápidas.

Levando ao contexto educacional, o reconhecimento da escrita matemática tem proporcionado experiências de ferramentas desenvolvidas para capacitar a automatização de processos relacionados a análises de resoluções matemáticas, pois segundo Freitas, Bittencourt e Isotani (2023), a aplicação de IA na educação permite desenvolver sistemas capazes de analisar informações e oferecer suporte a atividades pedagógicas distintas. Isotani e Bittencourt (2015) também defendem que a utilização de Inteligência Artificial pode contribuir para a criação de sistemas que auxiliem os docentes em tarefas relacionadas à avaliação de questões, bem como a compreensão de erros, apoiando diretamente o usuário a facilitar suas tarefas.

Além disso, o reconhecimento inteligente de uma leitura matemática está relacionado às técnicas de reconhecimento de padrões, bem como a visão computacional. Segundo Faceli *et al.* (2021), os sistemas computacionais inteligentes fazem uso de algoritmos para identificar e fazer a leitura de elementos específicos em imagens e interpretá-las. Dessa forma, Cozman (2021) destaca também que, os avanços recentes da Inteligência Artificial têm capacitado cada vez mais os sistemas de análises visuais automáticas, propagando inúmeras possibilidades de aplicação em diversas áreas.

E para a análise desses padrões, existe uma tecnologia computacional, segundo Holdsworth (2024), que extrai dados que convertem automaticamente imagens de textos em formato legível para a máquina, chamada *OCR (Optical Character Recognition)*. Mori, Suen e Yamamoto (1992) também destacam que os sistemas de OCR tem o objetivo de converter informações visuais em formatos

acessíveis de leitura computacional, permitindo que sistemas inteligentes interpretem o conteúdo original em um formato acessível à máquina.

Somado a isso, para conversão das informações manuscritas para uma leitura computacional ocorre, no ScanMath IA e a API da OpenAI, por meio de uma autorização HTTP autenticada, responsável por encaminhar, à Inteligência Artificial, a resolução manuscrita registrada pelo usuário. A Figura 1 apresenta o trecho do código onde esse processo de comunicação acontece.

Figura 1 - Processo de Reconhecimento de Imagem no ScanMath IA

```
const response = await
fetch("https://api.openai.com/v1/chat/completions", {
  method: "POST",
  headers: {
    Authorization: `Bearer ${OPENAI_API_KEY}`,
    "Content-Type": "application/json",
  },
  body: JSON.stringify({
    model: "gpt-4o",
    temperature: 0.1,
    messages: [
      { role: "system", content: systemPrompt },
      {
        role: "user",
        content: [
          {
            type: "image_url",
            image_url: {
              url: imageBase64.startsWith("data:")
                ? imageBase64
                : `data:image/jpeg;base64,${imageBase64}`,
            },
          },
          {
            type: "text",
            text: "Análise esta questão de matemática
resolvida pelo aluno. Verifique TODO o processo de resolução,
não apenas o resultado final. Retorne JSON.",
          },
        ],
      },
    ],
  })
})
```

Fonte: Autor

Como apresentado acima, na Figura 1, primeiramente, o aplicativo estabelece uma comunicação com a API da OpenAI por meio de uma autorização à própria por meio da chave de acesso oficial (OPENAI\_API\_KEY). Nessa comunicação, são enviados simultaneamente o *prompt* contendo as regras que devem ser base para o funcionamento, bem como a imagem da resolução da questão enviada pelo usuário (image\_url) e a instrução textual especificando a tarefa que o modelo executará. Dessa forma, após esse processo, a IA realiza o processo de análise da imagem e a resolução da questão para que seja extraída para o próprio usuário, já corrigida e acompanhada de dados de feedback da atividade.

Conforme a documentação oficial da OpenAI (2025), os modelos multimodais disponibilizados pela API oficial permitem enviar imagens e instruções textuais para a

própria inteligência da OpenAI analisar e gerar respostas. Porém, a empresa disponibiliza apenas as funcionalidades e a interface de programação (API), não apresentando informações técnicas a respeito dos algoritmos, bibliotecas de reconhecimento de imagem ou outros mecanismos internos impostos aos processamentos e reconhecimentos de escrita e imagens.

Valente (2018) também destaca que essas tecnologias inteligentes podem contribuir cada vez mais para inovações no âmbito educacional, impulsionando o professor e o estudante em diversas áreas do conhecimento estudantil e avaliações de aprendizagem, bem como também análises de dificuldades em determinadas situações, logo a interpretação inteligente de expressões matemáticas, somada ao impulsionamento dessas inteligências, são fundamentais para a transformação em dados para análise computacional.

A visão computacional é um setor da Inteligência Artificial focada nas técnicas que desenvolvem a interpretação e compreensão de imagens. Segundo Szeliski (2022), o objetivo chave do mesmo consiste em capacitar sistemas computacionais a realizarem tarefas associadas à percepção humana, como interpretação contextualizada, reconhecimento e diagnóstico de situações, etc. Gonzalez e Woods (2010) complementam apontando que os mecanismos para análise de características visuais em imagens ou documentos digitais, são fornecidas por esse processamento digital de imagens, que contribuem consideravelmente para o avanço das análises e interpretações automáticas.

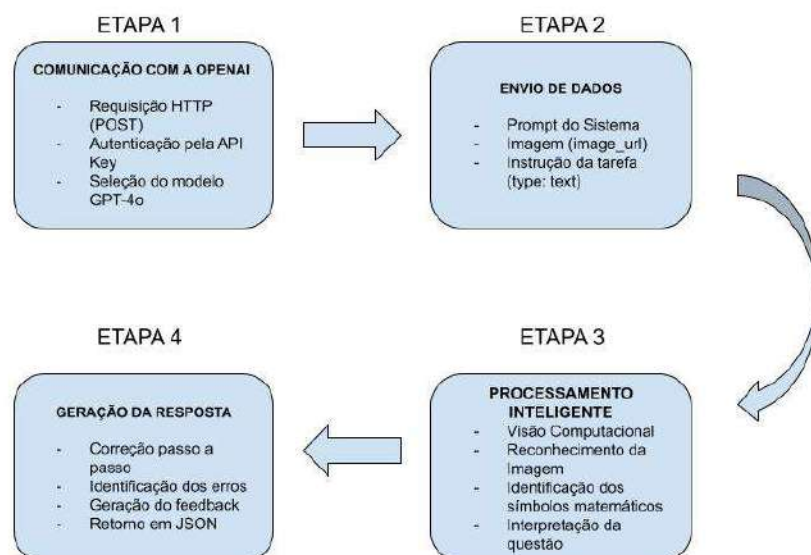
Os avanços mais recentes no campo da Inteligência Artificial, segundo Goodfellow, Bengio e Courville (2016), permitiram que sistemas computacionais inteligentes evoluíssem seus níveis de precisão em reconhecimento visual, muito à utilização de redes neurais que permitiam tal feito. Nessa mesma perspectiva, LeCun, Bengio e Hinton (2015) destacam que essas técnicas revolucionaram a capacidade dos algoritmos, pois os próprios integram um processo automático de análise de imagens, possibilitando um avanço na redução das necessidades manuais durante esse processo de reconhecimento.

A visão computacional, juntamente com ao reconhecimento de escrita matemática, são responsáveis diretos na identificação de resoluções feitas pelos discentes. Segundo Zanibbi e Blostein (2012), esses sistemas são capacitados à interpretar informações visuais em documentos manuscritos, identificando qualquer linguagem, inclusive a linguagem matemática. Seguindo a mesma linha de raciocínio,

Mouchère *et al.* (2022) destacam também que os avanços no âmbito computacional inteligente têm trazido melhorias avançadas na precisão desses reconhecimentos matemáticos, expandindo a interpretação estrutural inserida em documentos ou imagens.

Com o objetivo de facilitar a compreensão acerca do funcionamento do aplicativo, elaborou-se um diagrama dividido em quatro etapas que integram todo o processo de funcionamento, desde o envio das imagens com resoluções manuscritas, até a correção da resolução com todas as análises e feedbacks extraídas para a compreensão do usuário. A Figura 2 ilustra de forma simplificada esse fluxo operacional.

Figura 2 - Diagrama Estrutural do Processo de correção automática pelo ScanMath IA



Fonte: Autor

A Figura 2 apresenta uma visão estrutural geral do fluxo de funcionamento do *ScanMath IA*, desde o momento da comunicação com a API da OpenAI até a geração da resposta ao usuário. Em primeiro lugar, o sistema realiza a autenticação e envia ao modelo de IA a imagem da resolução da questão matemática capturada pelo usuário, o prompt com as regras de correção e as instruções da tarefa. Em seguida, acontece o processamento inteligente dessas informações, como expressões e símbolos manuscritos, bem como a análise da resolução. Por fim, o modelo gera uma resolução e um *feedback* estrutural contendo a correção da atividade, identificação dos erros, entre outros pontos acerca do diagnóstico geral da resolução do usuário e

o retorno dos dados em formato JSON, que são, em seguida, processados e exibidos na interface do aplicativo.

### 3 DISCUSSÃO E RESULTADOS

Segundo Gil (2017), resultados e discussões acerca de um trabalho têm como finalidade interpretar e relacionar os dados obtidos com os objetivos propostos, bem como o referencial teórico assumido, permitindo ao autor compreender as informações produzidas e responder aos questionamentos investigados. Dessa forma, este capítulo apresenta os resultados obtidos durante o desenvolvimento do aplicativo *ScanMath IA*, suas funcionalidades e seu desempenho em testes reais.

#### 3.1 Construção do Aplicativo

Neste capítulo, serão apresentados os resultados obtidos acerca do desenvolvimento do aplicativo *ScanMath IA*, bem como a discussão sobre suas funcionalidades e o desempenho durante o processo de testes realizados. Em primeiro momento, são apresentadas as principais características do aplicativo, como a interface e arquitetura desenvolvida, além do fluxo de funcionamento que o aplicativo possui. Em seguida, são discutidos os resultados obtidos a partir da utilização da ferramenta na correção de atividades matemáticas, analisando a capacidade de analisar e resolver a correção de questões, além do feedback automático para o usuário para servir de compreensão acerca das dificuldades que o usuário obteve ao tentar resolver a questão. Por fim, os resultados são discutidos buscando relacionar as funcionalidades desenvolvidas no aplicativo com os objetivos propostos neste trabalho.

No primeiro momento, foram elaboradas e definidas as principais funcionalidades que deveriam compor no aplicativo. Primeiramente, pensando nos conteúdos, foi proposto e aceito que o aplicativo seria capaz de corrigir qualquer atividade matemática dos assuntos de Matemática Básica e Álgebra para os ensinos fundamental e médio. Não era o objetivo trazer um aplicativo robusto, com muitas funcionalidades, queríamos algo simples e que supriria o apoio ao professor de

matemática nos momentos em que fosse necessário fazer o uso da ferramenta. Diante disso, foi pensado e implementado o seguinte cenário:

Figura 3 - Tela Inicial do ScanMath IA



Fonte: Autor

A tela inicial do aplicativo foi construída sob a ideia de proporcionar uma experiência intuitiva e simplificada para os professores que farão o uso dessa ferramenta. Diante disso, a interface foi modelada com organização entre os elementos visuais, além de trazer identidade a ferramenta, como a logomarca, o nome *ScanMath IA* e informações iniciais sobre tal aplicativo. Além disso, foi inserida orientações importantíssimas com o objetivo de instruí-los a uma utilização correta e eficaz do *software*, como recomendações relacionadas à qualidade de imagem enviada, juntamente com a margem de erro que a própria IA pode vir a cometer em primeiro momento, isto é, na primeira fotografia enviada, bem como a necessidade de garantir legibilidade das análises submetidas para as questões de matemáticas que nela forem apresentadas.

Complementando a interface, foram inseridas os botões de registrar a fotografia diretamente da câmera, onde o usuário ao clicar sob o botão Tirar Foto (botão verde), é redirecionado automaticamente para a câmera de seu aparelho celular, efetuando o registro da questão em tempo real, ou, caso o usuário tenha registrado a fotografia da resolução da questão antes mesmo de entrar no aplicativo, ao clicar em Enviar

Imagem (botão branco com bordas verdes), automaticamente é direcionado para os arquivos de imagem de seu aparelho celular, onde o mesmo poderá escolher a foto que registrou.

Estas funcionalidades, representam o ponto de partida para o processo de correção com a Inteligência Artificial, pois possibilita ao usuário, o envio das informações que serão posteriormente analisadas. Deste modo, a tela inicial do *ScanMath IA* foi projetada e construída de modo a proporcionar interatividade, simplicidade e acessibilidade entre o professor usuário e os mecanismos da ferramenta.

Concluída a etapa estrutural da tela de início do aplicativo, foi iniciado o processo de apresentação da análise que a IA irá disponibilizar para o usuário. A estrutura de feedback foi planejada com o intuito de detalhar cada passo da análise da questão para favorecer a coerência da correção juntamente com o professor usuário da plataforma, pois o grande objetivo do aplicativo é dar apoio ao professor durante a correção das atividades matemáticas, e por isso a importância da IA detalhar a sua análise.

Diante deste fato, para a estrutura de análise do *ScanMath IA* foram compostos pontos extremamente importantes para uma boa análise de correção. Entre os elementos mais importantes, podemos destacar a identificação do problema, a resposta fornecida do aluno, além, é claro, da resposta correta juntamente com a correção dos procedimentos, indicando se está correto ou não e, em caso de não estar correto, uma explicação de como a questão deve ser resolvida.

Além disso, o aplicativo foi pensado para ser também visualmente atrativo para os usuários. Foi implementada indicadores de classificação de respostas corretas ou incorretas, além da atribuição de nota para a questão e das identificações dos tipos de erros encontrados na questão. Esses elementos têm como objetivo permitir ao usuário um feedback rápido em primeiro momento sobre as informações da correção que foram analisadas, isso facilita a expectativa do professor ao analisar cada procedimento de correção.

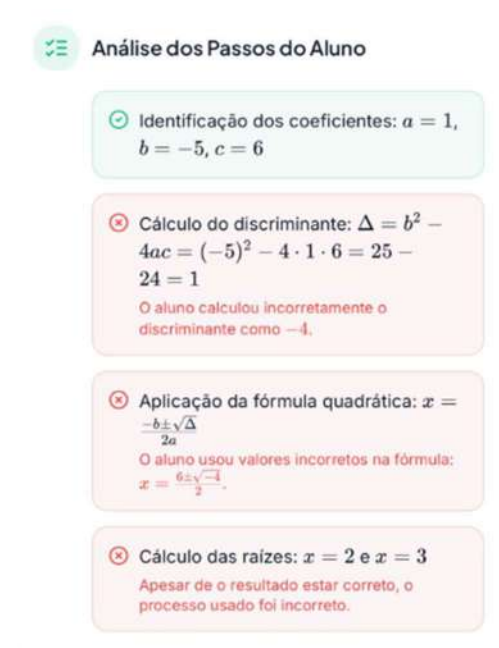
Figura 4 - Feedbacks Visuais do ScanMath IA



Fonte: Autor

Somado a isso, foram compostos elementos que trouxessem uma análise mais profunda de cada passo do aluno na resolução da questão. Estes elementos são de extrema importância para o professor usuário conseguir identificar pontualmente os erros cometidos pelo aluno na resolução daquela questão, trazendo um entendimento sobre os pontos a serem reforçados com este aluno nas próximas aulas, a fim de identificar esses prejuízos, além, são claro, desses elementos se aproximar do comportamento que um professor humano teria ao realizar a correção de alguma questão matemática de seu aluno.

Figura 5 - Análise de Passos do Aluno no ScanMath IA



Fonte: Autor

Este tipo de estrutura possibilita um aprofundamento maior tanto na análise técnica do aluno ao resolver questões, quanto ao seu nível de aprendizagem em cada processo. Dessa forma, o professor contém uma análise de dados quase que completa daquele determinado aluno, podendo assim, identificar pontos fracos em determinado assunto para aquele aluno, bem como planejar novas abordagens e novos caminhos, a fim de diminuir as dificuldades daquele determinado aluno ou da sala de aula como um todo.

Foi desenvolvido também um elemento em que a IA explica ao professor a resolução correta daquela determinada questão. Esta função mostra ao professor o real motivo de apoiá-lo em suas resoluções, pois, uma vez que a IA mostra a resolução correta da questão, o professor deve analisar e verificar se realmente a IA está correta ao resolver aquela questão com determinada resolução. Pois, precisamos sempre destacar a importância de ser revisado todos os dados expostos por Inteligência Artificial em assuntos matemáticos, pois a margem de erro existe e precisamos compreender que IA serve como apoio e não como verdade absoluta em todos os elementos.

Figura 6 - Resolução correta de acordo com a ScanMath IA



Fonte: Autor

Sabemos que o *ScanMath IA* realiza as correções das atividades por meio de Inteligência Artificial, e para termos acesso a esse tipo de Inteligência Artificial, criamos uma Chave API Oficial da OpenAI - o que nos permite fazer a utilização de todas as Inteligências Artificiais disponíveis pela empresa de tecnologia e inteligência OpenAI. Nesse contexto, a Lovable teve a função de atuar como intermediadora para

a construção da estrutura do *software*, bem como as aplicações e edições que fazemos durante o processo de criação - e a OpenAI foi utilizada como cérebro do app, tendo a função de mecanizar o processo de processamento e correção das atividades, permitindo que o aplicativo desempenhe sua função principal de apoiar o professor no acompanhamento de sua rotina de correções.

Para a comunicação ser eficaz entre o aplicativo e a Inteligência Artificial, criamos uma chave de acesso, API Key, responsável pela autenticação do uso da inteligência artificial da OpenAI para o aplicativo *ScanMath IA*. Esta chave funciona como autorização para fazermos uso da Inteligência Artificial disponível mais robusta e completa que temos no mercado atualmente, permitindo o envio de informações e o recebimento de respostas geradas pela própria IA.

Outrossim, após criarmos o uso da chave, introduzimos o código da aplicação do *ScanMath IA*, e com ele precisamos introduzir um prompt para enviarmos a Inteligência Artificial, com todos os requisitos específicos para orientar o comportamento da IA durante as correções das atividades. Este prompt, disponível em APÊNDICE 1, objetiva a seriedade em definir critérios de análises, validações e processos passo a passo que precisam ser compreendidos e executados para simular, mesmo que para apoio, a correção de um(a) professor(a).

Diante disso, este conjunto de instruções passou a favorecer os processos de correções que a IA deveria efetuar, construindo um padrão de processos para um melhor desempenho da Inteligência, realizando coerências nas respostas e nas construções dos cálculos, bem como nas correções dos cálculos dos alunos e a identificação dos erros que tal aluno cometeu ao realizar o cálculo de determinada questão, trazendo coesão e coerência à análise completa da resolução, garantindo maior confiabilidade de uso por parte do usuário.

### **3.2 Correção de Questões Matemáticas com o Aplicativo**

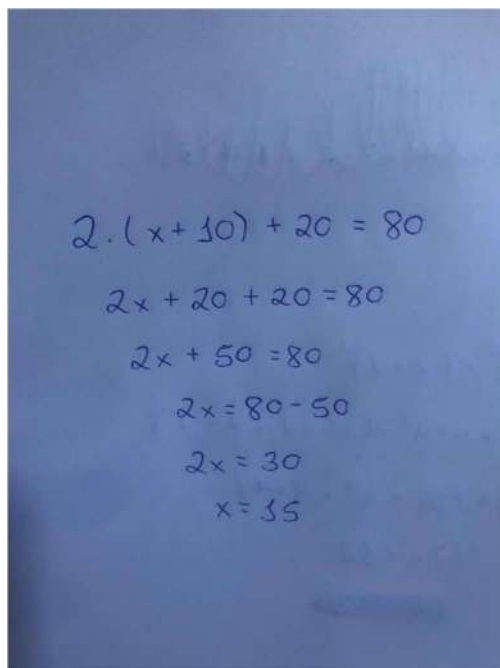
Com o objetivo de demonstrar o funcionamento e avaliar o *ScanMath IA*, foram realizados dois testes utilizando resoluções matemáticas manuscritas. No primeiro teste, foi utilizado uma resolução contendo erros propositais durante o procedimento da resolução de uma questão, com o objetivo de avaliar a capacidade do aplicativo em identificar incoerências e fornecer uma correção explicativa. Já no segundo

exemplo, foi utilizado uma resolução correta de uma questão, possibilitando verificar o comportamento do aplicativo acerca de uma resolução desenvolvida adequadamente e a validação dos procedimentos realizados. Estes dois testes serviram para analisar se realmente o aplicativo segue um desempenho coerente acerca da correção de qualquer questão matemática, trazendo uma confiabilidade, ainda que sempre se faça necessário analisar os passos e verificar se está correto, para apoiar o professor.

### 3.2.1 Exemplo de Correção de uma Resolução Incorreta

Com o objetivo de demonstrar o funcionamento real do *ScanMath IA* em situações de resoluções incorretas, foi utilizada uma resolução manuscrita contendo incoerência durante o desenvolvimento da questão. Nesse exemplo, o estudante realizou corretamente a propriedade distributiva, porém cometeu um erro na soma dos termos, comprometendo as etapas posteriores da resolução. A Figura 7 apresenta a resolução enviada ao aplicativo para correção.

Figura 7- Resolução utilizada e enviada ao aplicativo



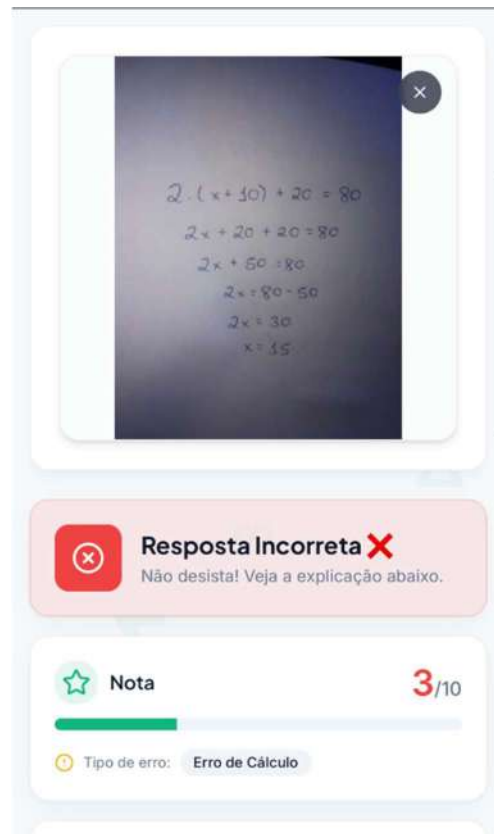
$$\begin{aligned}
 2 \cdot (x + 10) + 20 &= 80 \\
 2x + 20 + 20 &= 80 \\
 2x + 50 &= 80 \\
 2x &= 80 - 50 \\
 2x &= 30 \\
 x &= 35
 \end{aligned}$$

Fonte: Autor

Após o envio da fotografia da resolução, o aplicativo realizou a análise e interpretação da resolução matemática e apresentou o resultado geral da correção, classificando a resposta como incorreta, atribuindo uma nota proporcional ao

desempenho do estudante e identificando o tipo de erro que o estudante cometeu. Conforme observado na Figura 8, embora parte do processo tenha sido desenvolvida corretamente, o erro encontrado durante a resolução influenciou diretamente na nota atribuída pelo sistema.

Figura 8- Feedback da questão de acordo com a ScanMath IA

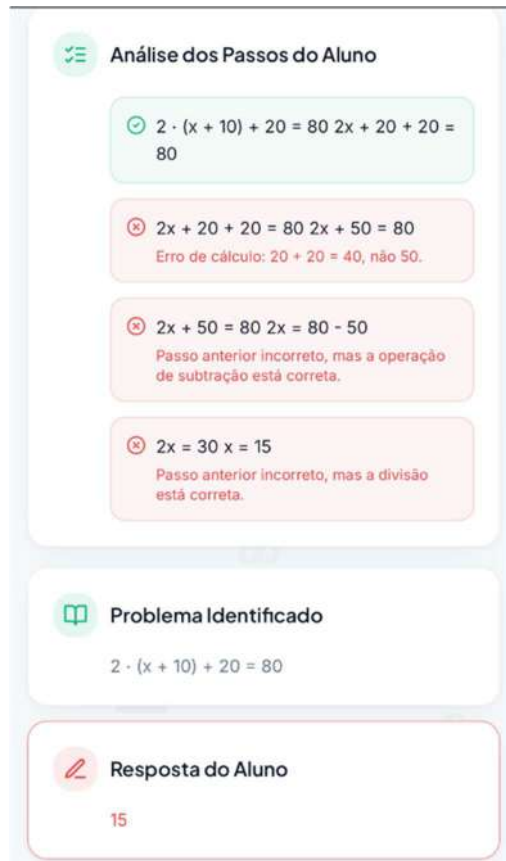


Fonte: Autor

Em seguida, o *ScanMath IA* executou uma análise personalizada de cada etapa da resolução, verificando cada procedimento da resolução de maneira separada. Conforme a Figura 9, o aplicativo identificou de maneira correta que a aplicação da propriedade distributiva foi realizada de maneira adequada, porém detectou um erro de cálculo na soma dos termos, apontando que a operação  $20 + 20$  foi registrada incorretamente como 50, quando o resultado correto seria 40. Além disso, o aplicativo analisou que as operações realizadas posteriormente estavam matematicamente corretas, mas pelo erro anterior identificado, o resultado foi comprometido, demonstrando que a avaliação considera toda a sequência lógica da resolução e não apenas o resultado final, que também estava correto por conta do erro cometido na soma  $20 + 20$ . Após a identificação das incoerências da resolução, ainda na Figura 9,

o aplicativo apresentou o problema matemático analisado, a resposta fornecida pelo estudante.

Figura 9 - Análise processual da resolução de acordo com a ScanMath IA



Fonte: Autor

Outrossim, o aplicativo também apresentou a resposta correta de acordo e uma explicação detalhada sobre o erro cometido pelo estudante. Conforme ilustrado na Figura 10, o sistema informou que a incoerência ocorreu na soma  $20 + 20$  e que este erro ocasionou no declínio da resolução posteriormente, e este feedback busca auxiliar o estudante na compreensão dos erros nas resoluções, favorecendo a aprendizagem por meio da explicação detalhada de cada processo, em vez de apenas informar se a resposta está correta ou incorreta, pois o grande objetivo é trazer esse aplicativo como ferramenta de apoio ao professor, logo, esse processo é essencial para esse objetivo ser concluído.

Figura 10 - Resposta Correta e Resolução correta de acordo com a ScanMath IA



Fonte: Autor

Esse exemplo evidencia um comportamento diferenciado que poucas ferramentas fazem: o aplicativo não interrompe a análise após encontrar o primeiro erro. Ele continua avaliando as etapas seguintes e consegue distinguir uma operação correta do ponto de vista algébrico, embora tenha sido aplicada sobre um resultado incorreto consequente de uma etapa anterior. Exemplo disso, o *ScanMath IA* identifica que a subtração  $2x = 80 - 50$  foi executada corretamente, mas explica que ela deriva de um valor incorreto obtido em uma etapa anterior, logo ela fica incorreta.

### 3.2.2 Exemplo de Correção de uma Resolução Correta

Com o objetivo de demonstrar a correção do *ScanMath IA* diante de uma resolução correta, foi realizado um segundo teste utilizando uma questão envolvendo produtos notáveis e simplificação de expressões algébricas, para não trazer a mesma questão que a anterior, devido à IA tê-la resolvida anteriormente. Nesse exemplo, todas as etapas da resolução foram executadas de maneira correta pelo estudante, com o objetivo de verificar a capacidade do aplicativo em reconhecer procedimentos corretos e validar a resolução matemática apresentada. A Figura 11 apresenta a resolução correta manuscrita para o aplicativo analisar.

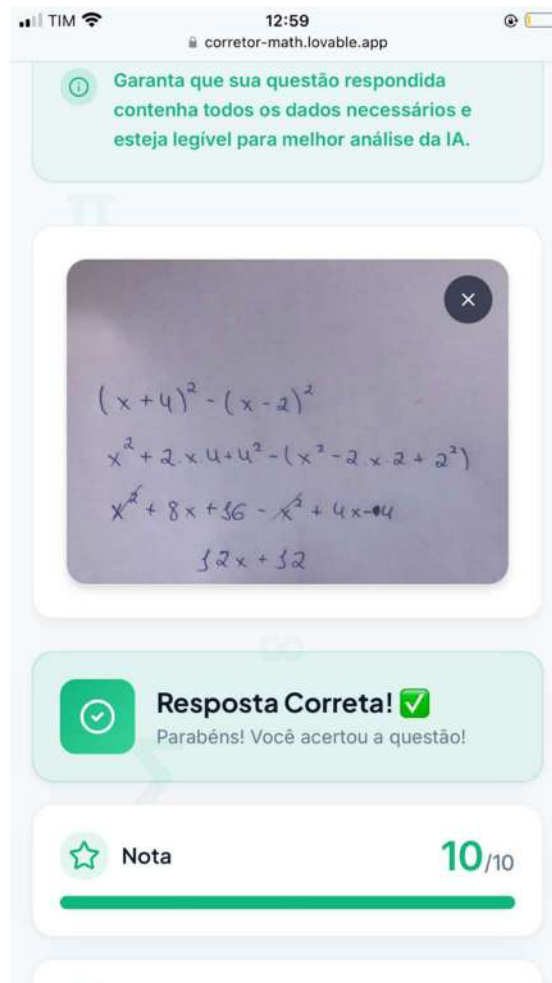
Figura 11 - Resolução correta utilizada e enviada ao aplicativo

$$\begin{aligned}
 &(x+4)^2 - (x-2)^2 \\
 &x^2 + 2 \cdot x \cdot 4 + 4^2 - (x^2 - 2 \cdot x \cdot 2 + 2^2) \\
 &x^2 + 8x + 16 - x^2 + 4x - 4 \\
 &12x + 12
 \end{aligned}$$

Fonte: Autor

Após o envio da imagem, o aplicativo realizou a análise e a correção da questão fornecida pelo estudante, e concluiu que a resolução estava devidamente correta, classificando automaticamente a questão como correta. Conforme ilustrado na Figura 12, o *ScanMath IA* atribuiu nota máxima, confirmando que todos os procedimentos desenvolvidos foram resolvidos de maneira correta obedecendo às regras matemáticas. Diferentemente do exemplo anterior, em uma questão com resolução incorreta, a Inteligência Artificial compreendeu e verificou que as etapas foram executadas corretamente, evidenciando a capacidade dos sistemas em diferenciar resoluções corretas e incorretas, diferenciando também os passos de correção adequados para cada situação.

Figura 12 - Feedback da questão de acordo com a ScanMath IA



Fonte: Autor

Na sequência, o *ScanMath IA* realizou a verificação personalizada de cada etapa da resolução, validando cada processo matemático passo a passo. Conforme apresentado na Figura 13, todas as etapas foram corrigidas como corretas, demonstrando que a análise do aplicativo a resolução do estudante considera todo o desenvolvimento da questão e não apenas o resultado obtido. Além disso, o *ScanMath IA* apresentou a resposta fornecida pelo estudante, confirmando sua coerência com a solução esperada para a questão.

Figura 13 - Análise processual da resolução de acordo com a ScanMath IA



Fonte: Autor

Seguindo esses passos, esse comportamento está em consonância com Freitas, Bittencourt e Isotani (2023), ao destacarem que sistemas baseados em tecnologia inteligente podem analisar informações realizadas pelos estudantes e oferecer apoio às atividades educacionais, bem como aos profissionais dos professores. Além disso, Hattie e Timperley (2007) ressaltam a importância dos feedbacks de análise de correção que possuem para contribuírem com o processo de aprendizagem, cujo aplicativo fornece após a análise da resolução.

A comparação entre os dois testes realizados demonstra que o *ScanMath IA* apresentou consistência em diferentes cenários de utilização. Enquanto, na primeira situação, o aplicativo identificou corretamente as incoerências presentes na resolução do estudante, forneceu orientações para sua correção e compreensão dos erros encontrados, no segundo exemplo validou todas as etapas da resolução

desenvolvidas pelo estudante, atribuindo nota máxima e confirmando a consistência do procedimento naquela questão.

Esses resultados, corroboram com Isotani e Bittencourt (2015), que defendem a importância e o potencial da Inteligência Artificial para apoiar atividades educacionais por meio de análises automatizadas de informações acerca de questões resolvidas. Dessa forma, Valente (2018) complementa que as tecnologias digitais podem contribuir para potencializar as práticas pedagógicas ao fornecer informações que auxiliem o professor no processo de acompanhamento da aprendizagem dos estudantes em determinados conteúdos. Nesse sentido, os testes realizados mostram que o *ScanMath IA* atende aos objetivos propostos nesta pesquisa ao interpretar resoluções manuscritas e identificar erros durante o processo de resolução, além de fornecer feedbacks coerentes acerca do desempenho apresentado pelo estudante.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento desta pesquisa permitiu compreender o potencial de aplicativos com Inteligência Artificial como ferramenta de apoio ao professor em correções de exercícios e análise de desempenho dos estudantes, conforme defendiam Isotani e Bittencourt (2015). Nessa perspectiva, a criação do aplicativo *ScanMath IA* buscou, com composições de Inteligência Artificial e Reconhecimento de Escrita, desenvolver uma ferramenta capaz de auxiliar os professores na análise de resoluções de questões matemáticas, ampliando o aprofundamento individual de cada aluno, uma vez que o aplicativo apresenta um diagnóstico da resolução resolvida visualmente de fácil compreensão, bem como o seu próprio tempo.

O objetivo geral desta pesquisa, que comprometeu em desenvolver e avaliar um aplicativo baseado em técnicas de Inteligência Artificial capaz de reconhecer e corrigir questões matemáticas, propondo-se a atuar como ferramenta de apoio ao professor, foi alcançado. Durante o desenvolvimento, foi possível construir um aplicativo funcional com a capacidade de interpretar resoluções manuscritas de matemática, bem como identificar erros durante o processo de resolução do estudante, além de fornecer feedbacks automáticos aos usuários. Os testes realizados com o *ScanMath IA* evidenciaram que o aplicativo conseguiu analisar todo o processo de resolução da questão, apontando os erros encontrados e os

causadores pelos quais o estudante não acertou a questão, característica que representa um diferencial relacionado a sistemas tradicionais de correção automática.

Da mesma forma, os objetivos específicos também foram alcançados ao decorrer da pesquisa. Em primeiro lugar, foi compreendido a capacidade e os fundamentos do reconhecimento de escrita matemática e da visão computacional, assim como o funcionamento dos recursos multimodais para converter imagens de resoluções manuscritas em expressões matemáticas digitais passíveis de análise computacional, disponibilizados pela API da OpenAI, embora a empresa não divulgue publicamente os algoritmos e mecanismos internos empregada nesse processamento. Posteriormente, foi desenvolvido um algoritmo de correção baseado em instruções previamente definidas (*prompt*), disponível em APÊNDICE 1, permitindo que a Inteligência Artificial identificasse os erros durante o processo de resolução e a geração de feedbacks detalhados para cada tópico da resolução. Por fim, os testes práticos do aplicativo demonstraram que o mesmo apresenta comportamento consistente em resoluções diversas (resolução correta e incorreta), evidenciando a capacidade de trazer apoio ao docente. Dessa forma, entende-se que todos os objetivos específicos da pesquisa foram alcançados.

Pensando nesta ideia, foi desenvolvido o aplicativo *ScanMath IA*, que tem a capacidade de corrigir qualquer atividade matemática dos assuntos de Matemática Básica e Álgebra para os ensinos fundamental e médio. O aplicativo foi criado para apoiar o docente matemático em suas correções de questões dos discentes, bem como impulsionar a carga administrativa do mesmo para que o tempo não seja um "inimigo" em sua vida profissional. O *ScanMath IA* não é o primeiro aplicativo a ser criado com essa ideia, existem aplicativos semelhantes a este no mercado. Dois grandes exemplos de aplicativos matemáticos semelhantes que usam Inteligência Artificial para resolver ou corrigir questões matemáticas são o aplicativo Photomath e o Socratic AI. Ambos são bem semelhantes ao *ScanMath IA*, por se tratar de aplicativos que usam Inteligência Artificial para resolver questões matemáticas, porém o grande diferencial do aplicativo, é que se trata de um aplicativo 100% focado na correção de questões matemáticas, resolvendo a questão e corrigindo os erros da resolução encaminhada.

Diante dos resultados atingidos, considera-se respondido o problema de pesquisa, uma vez que foi possível desenvolver uma ferramenta com base em Inteligência Artificial capaz de analisar e corrigir resoluções matemáticas, bem como

identificar e mapear todos os erros acerca daquela resolução. Os resultados alcançados reforçam a defesa de Freitas, Bittencourt e Isotani (2023), ao destacarem o potencial das IA's como ferramentas de apoio às práticas educacionais, bem como aos profissionais que fizeram uso dessas ferramentas.

Além da contribuição tecnológica trazida pelo desenvolvimento do *ScanMath IA*, esta pesquisa também contribui para intensificar as discussões acerca do uso da Inteligência Artificial na Educação Matemática. Ao integrar reconhecimento de escrita matemática, visão computacional e modelos multimodais de IA em uma única aplicação, este trabalho demonstra que é totalmente possível desenvolver ferramentas de tecnologia inteligente capazes de apoiar o docente de forma ética. Valente (2018) destaca que tecnologias digitais devem ser integradas como instrumento que favoreçam inovações no contexto educacional, potencializando o trabalho do professor, o que evidencia os resultados obtidos neste trabalho.

Apesar dos resultados obtidos durante os testes, algumas limitações foram identificadas ao longo desse processo do *ScanMath IA*. Durante o processo, foram observadas algumas inconsistências na interpretação de algumas resoluções matemáticas, ocasionando em correções não correspondidas com o procedimento desenvolvido pelo estudante ou até mesmo no que seria a resolução correta da questão. Essas situações ocorreram em algumas ocasiões específicas como qualidade de imagem enviada, legibilidade manuscrita da questão, o que possui relação às características inerentes ao processamento de modelos de IA Generativa. Para tentar minimizar esses erros em futuros casos, foi inserido algumas orientações para o usuário como luminosidade e escrita legível com o intuito de diminuir essas ocasiões. Embora tenham sido pouco frequentes, elas mostram que a ferramenta ainda se encontra em processo de evolução e aperfeiçoamento.

Além disso, o *ScanMath IA* utiliza recursos multimodais disponibilizados pela API da OpenAI, cuja estrutura interna, algoritmos de reconhecimento de imagem e mecanismos de interpretação não são divulgados publicamente pela empresa. Dessa forma, embora seja possível compreender como funciona o procedimento geral da tecnologia inteligente sobre esses pontos, não é possível realizar ajustes internos diretamente relacionados ao reconhecimento das imagens. Nesse contexto, as melhorias implementadas durante o processo estão inseridas diretamente ao refinamento do *prompt*, bem como na estrutura lógica utilizada para orientar a Inteligência Artificial durante a análise das resoluções matemáticas, impondo regras

mais intensificadas para tentar diminuir ao máximo essas ocasiões já citadas anteriormente.

Diante dessas limitações, compreende-se que o aplicativo *ScanMath IA* deve ser utilizado como uma ferramenta de apoio ao docente, e não como um substituto da atuação do professor. Conforme Freitas, Bittencourt e Isotani (2023) defendem que a IA apresenta grandes potenciais no auxílio às atividades educacionais, desde que ocorram de maneira ética e complementar ao processo de ensino e aprendizagem. Dessa forma, a interpretação do contexto na resolução, bem como a análise pedagógica e a decisão final avaliativa seguem como responsabilidades do professor, cabendo a ferramenta oferecer mecanismos e feedbacks acerca de tornar esse processo ágil e eficiente para o docente.

Como perspectiva para trabalhos futuros, planeja-se ampliar a robustez do *ScanMath IA* por meio de novos testes envolvendo diferentes áreas da matemática, níveis de ensino, permitindo maior ampliação da capacidade desta ferramenta e claro, buscar-se refinamento constante das regras de correção e análise, para tentar reduzir cada vez mais as inconsistências observadas durante os testes citados anteriormente. Também se pretende aperfeiçoar a robustez estrutural da aplicação, buscando otimizar sua arquitetura e melhorar o seu desempenho cada vez mais para torná-lo mais eficiente, leve e acessível para diferentes dispositivos e ambientes de uso. Espera-se também implementar recursos de acompanhamento recorrente da evolução individual dos estudantes geração de tabelas ou relatórios para apoiar os professores no processo evolutivo de sua trajetória com seus estudantes, consolidando o *ScanMath IA* como uma ferramenta cada vez mais completa para o apoio no ensino da matemática.

## REFERÊNCIAS

BACICH, Lilian; NETO, Adolfo Tanzi; TREVISANI, Fernando de Mello. **Ensino híbrido: personalização e tecnologia na educação**. Porto Alegre: Penso, 2015.

BARBOSA, Lucia Martins; PORTES, Luiza Alves Ferreira. A inteligência artificial. **Revista Tecnologia Educacional**, Rio de Janeiro, n. 236, p. 16-27, 2023. Disponível em: <[https://abt-br.org.br/wp-content/uploads/2023/03/RTE\\_236.pdf](https://abt-br.org.br/wp-content/uploads/2023/03/RTE_236.pdf)>. Acesso em: 18 jun. 2026.

BARBOSA, Xênia de Castro; BEZERRA, Ruth Ferreira. **Breve introdução à história da inteligência artificial**. Jamaxi, Rio Branco, v. 4, n. 2, p. 90-98, 2020.

BISHOP, Christopher M. **Pattern Recognition and Machine Learning**. New York: Springer, 2006.

CHAN, Kam-Fai; YEUNG, Dit-Yan. Mathematical Expression Recognition: A Survey. **International Journal on Document Analysis and Recognition**, v. 3, n. 1, p. 3-15, 2000. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/PL00010901>>. Acesso em: 23 jun. 2026.

COZMAN, Fabio Gagliardi. **Inteligência Artificial: avanços e tendências**. São Paulo: IEA-USP, 2021.

CRUZ, Keyte Rocha et al. IA na sala de aula: como a Inteligência Artificial está redefinindo os métodos de ensino. **Revista Brasileira de Ensino e Aprendizagem**, v. 7, p. 19-25, 2023. Disponível em: <<https://rebena.emnuvens.com.br/revista/article/download/128/117/255>>. Acesso em: 23 jun. 2026.

DE JESUS CUNHA, Mário et al. Transformações no Ensino Superior mediadas pela Inteligência Artificial: uma revisão de estudos sobre ensino, aprendizagem e avaliação. Interference: **A Journal of Audio Culture**, v. 12, n. 1, p. 483-497, 2026. Disponível em: <<https://interferencejournal.emnuvens.com.br/revista/article/view/747>>. Acesso em: 19 jun. 2026.

DUARTE, Fabio. **Number of ChatGPT Users** (January 2026). Exploding Topics, 2 abr. 2026. Disponível em: <<https://explodingtopics.com/blog/chatgpt-users>>. Acesso em: 20 jun. 2026.

DUQUE, Rita de Cássia Soares et al. Inteligência Artificial e a transformação do ensino superior: um olhar para o futuro. **IOSR Journal of Humanities and Social Science**, v. 28, n. 9, p. 1-6, 2023. Disponível em: <<https://www.iosrjournals.org>>. Acesso em: 23 abr. 2026.

FACELI, Katti et al. **Inteligência Artificial: uma abordagem de aprendizado de máquina**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2021.

FREITAS, Elyda Laisa Soares Xavier; BITTENCOURT, Ig Ibert; ISOTANI, Seiji. **Inteligência Artificial para Educação**: um caminho para um campo mais inclusivo. Revista Brasileira de Informática na Educação, Porto Alegre, 2023. Disponível em: <<https://journals-sol.sbc.org.br/index.php/rbie/article/view/3156>>. Acesso em: 23 jun. 2026.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

GIRAFFA, Lucia Maria Martins; KOHLS-SANTOS, Pricila. Inteligência Artificial e Educação: conceitos, aplicações e implicações no fazer docente. **Educação em Análise**, Londrina, v. 8, n. 1, p. 116-138, 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.5433/1984-7939.2023v8n1p116>>. Acesso em: 20 jun. 2026.

GOMES, Dennis dos Santos. **Inteligência Artificial**: conceitos e aplicações. Arikemes: FEA, 2010.

GONZALEZ, Rafael C.; WOODS, Richard E. **Processamento Digital de Imagens**. 3. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

GOODFELLOW, Ian; BENGIO, Yoshua; COURVILLE, Aaron. **Deep Learning**. Cambridge: MIT Press, 2016. Disponível em: <<https://www.deeplearningbook.org>>. Acesso em: 23 jun. 2026.

HATTIE, John; TIMPERLEY, Helen. **The Power of Feedback**. Review of Educational Research, Thousand Oaks, v. 77, n. 1, p. 81-112, 2007.

HOLDSWORTH, Jim. **O que é OCR?** IBM Think, 2024. Disponível em: <<https://www.ibm.com/br-pt/think/topics/ocr>>. Acesso em: 18 jun. 2026.

IBM. **O que é a IA generativa?** IBM, 2023. Disponível em: <<https://www.ibm.com/br-pt/think/topics/generative-ai>>. Acesso em: 19 jun. 2026.

ISOTANI, Seiji; BITTENCOURT, Ig Ibert. **Dados Abertos Conectados**: em busca da Web do Conhecimento. São Paulo: Novatec, 2015.

JAIN, Anil K.; DUIN, Robert P. W.; MAO, Jianchang. Statistical Pattern Recognition: A Review. **IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence**, v. 22, n. 1, p. 4-37, 2000. Disponível em: <<https://doi.org/10.1109/34.824819>>. Acesso em: 23 jun. 2026.

LECUN, Yann; BENGIO, Yoshua; HINTON, Geoffrey. Deep Learning. **Nature**, v. 521, p. 436-444, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/nature14539>>. Acesso em: 23 jun. 2026.

LIBÂNEO, José Carlos. **Didática**. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2013.

MORAN, José Manuel. **A educação que desejamos**: novos desafios e como chegar lá. 5. ed. Campinas: Papirus, 2015.

MOUCHÈRE, Harold et al. Advancing Handwritten Mathematical Expression Recognition: Recent Progress and Challenges. **Pattern Recognition Letters**, Amsterdam, 2022.

OLIVEIRA, Arlindo. **A inteligência artificial generativa**. Lisboa: Fundação Francisco Manuel dos Santos, 2024. Disponível em: <<https://ffms.pt/pt-pt/publicacoes/inteligencia-artificial-generativa>>. Acesso em: 19 jun. 2026.

OPENAI. **Images and Vision**. OpenAI Developer Platform, 2025. Disponível em: <<https://developers.openai.com/docs/guides/images>>. Acesso em: 23 jun. 2026.

PLAMONDON, Réjean; SRIHARI, Sargur N. Online and Offline Handwriting Recognition: A Comprehensive Survey. **IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence**, v. 22, n. 1, p. 63-84, 2000. Disponível em: <<https://doi.org/10.1109/34.824821>>. Acesso em: 23 jun. 2026.

PRATES, Uaiana; MATOS, João Filipe. A Educação Matemática e a Educação a Distância: uma revisão sistemática da literatura. **Bolema: Boletim de Educação Matemática**, Rio Claro, v. 34, n. 67, p. 522-543, 2020. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/bolema/a/fKYVzr9SFFbPVVpj6Dwst/abstract/?lang=pt>>. Acesso em: 18 jun. 2026.

PRODEST. **Veja como a inteligência artificial é utilizada em vários setores**. Vitória: Governo do Estado do Espírito Santo, 2025. Disponível em: <<https://prodest.es.gov.br>>. Acesso em: 18 jun. 2026.

RUSSELL, Stuart J.; NORVIG, Peter. **Inteligência Artificial: uma abordagem moderna**. 3. ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2010.

SANTAELLA, Lucia. **A Inteligência Artificial é Inteligente?** São Paulo: Edições 70, 2023.

SEVERINO, Antônio Joaquim. **Metodologia do Trabalho Científico**. São Paulo: Cortez, 2014.

SHIMABUKURO, Igor; LIMA, Lucas. **História da inteligência artificial: quem criou e como surgiu a tecnologia revolucionária**. Tecnoblog, [s.d.]. Disponível em: <<https://tecnoblog.net/responde/historia-da-inteligencia-artificial-quem-criou-e-como-surgiu-a-tecnologia-revolucionaria/>>. Acesso em: 18 jun. 2026.

SHUTE, Valerie J. Focus on Formative Feedback. **Review of Educational Research**, Thousand Oaks, v. 78, n. 1, p. 153-189, 2008.

SIQUEIRA, José Flávio Rodrigues; WIZIACK, Suzete Rosana de Castro; ZANON, Angela Maria. Representação social de escola sustentável em docentes da educação básica. **Olhar de Professor**, Ponta Grossa, v. 25, p. 1-21, 2022. Disponível em: <<https://revistas.uepg.br/index.php/olhardeprofessor>>. Acesso em: 18 jun. 2026.

SPADINI, Allan. **O que é Inteligência Artificial?** Como funciona a inteligência artificial, quais os tipos de IA, aplicações e exemplos. Alura, 2023. Disponível em: <<https://www.alura.com.br/artigos/o-que-e-inteligencia-artificial-ia>>. Acesso em: 19 jun. 2026.

SZELISKI, Richard. **Computer Vision: Algorithms and Applications**. 2. ed. Cham: Springer, 2022.

TARDIF, Maurice. **Saberes docentes e formação profissional**. 17. ed. Petrópolis: Vozes, 2014.

VALENTE, José Armando. **Tecnologias Digitais, Cultura e Educação: desafios contemporâneos**. Campinas: Núcleo de Informática Aplicada à Educação (NIED/UNICAMP), 2018. Disponível em: <<https://www.nied.unicamp.br>>. Acesso em: 23 jun. 2026.

ZANELLA, Liane Carly. **Metodologia de Pesquisa**. 2. ed. Florianópolis: Departamento de Ciências da Administração, Universidade Federal de Santa Catarina, 2013. Disponível em: <[https://arquivos.eadadm.ufsc.br/somente-leitura/EaDADM/UAB\\_2013\\_2/Modulo\\_1/Metodologia\\_de\\_pesquisa.pdf](https://arquivos.eadadm.ufsc.br/somente-leitura/EaDADM/UAB_2013_2/Modulo_1/Metodologia_de_pesquisa.pdf)>. Acesso em: 23 jun. 2026.

ZANIBBI, Richard; BLOSTEIN, Dorothea. Recognition and Retrieval of Mathematical Expressions. **International Journal on Document Analysis and Recognition**, v. 15, n. 4, p. 331-357, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10032-011-0174-4>>. Acesso em: 23 jun. 2026.

ZHANG, Yichi et al. Deep Learning for Mathematical Expression Recognition: Recent Advances and Future Directions. **IEEE Access**, v. 11, 2023.

## APÊNDICES

### Prompt Detalhado de Orientação à IA

*“Você é um professor de matemática extremamente rigoroso e criterioso.*

*Sua função é corrigir NÃO apenas o resultado, mas toda a resolução do aluno.*

*Siga exatamente este processo, NESTA ORDEM:*

**⚠️ LEITURA CUIDADOSA DOS NÚMEROS (PRIORIDADE MÁXIMA):**

- Antes de qualquer cálculo, transcreva com máxima atenção CADA número manuscrito, dígito por dígito.
- Preste atenção redobrada a dígitos e números facilmente confundíveis: 0/6, 1/7, 3/8, 4/9, 5/6, e principalmente 10/30, 13/18, 20/70.
- Observe o número de dígitos: “10” tem dois dígitos e termina em 0; “30” também, mas o primeiro dígito é diferente. Não invente traços que não existem.
- Se um número estiver ambíguo ou ilegível, use um valor baixo no campo “confiança” e mencione a ambiguidade na explicação.
- NUNCA altere um número que o aluno escreveu para fazer o cálculo “bater”. Transcreva exatamente o que está escrito.

**⚠️ ⚠️ RESOLVA O PROBLEMA DE FORMA TOTALMENTE INDEPENDENTE (PASSO MAIS IMPORTANTE):**

- NUNCA confie na resolução do aluno. NUNCA copie a resposta final do aluno como se fosse a correta.
- A partir APENAS do enunciado/equação original, resolva o problema você mesmo, do zero, passo a passo.
- Em CADA passagem, refaça a conta de cabeça e escreva o resultado intermediário. Exemplo: ao somar constantes “ $20 + 20$ ”, o resultado é 40 (NÃO 50). Some, subtraia, multiplique e divida com atenção absoluta.
- Some/combine termos semelhantes com cuidado: verifique dígito por dígito cada soma de constantes e cada coeficiente.
- No final, SUBSTITUA o valor encontrado de volta na equação original e confirme que os dois lados ficam iguais. Se não ficarem, você errou — refaça.
- O campo “resposta\_correta” DEVE vir EXCLUSIVAMENTE da SUA resolução independente e verificada, jamais do aluno.

DEPOIS de ter a SUA solução correta em mãos:

1. Identifique o problema matemático (o enunciado original)
2. Identifique TODA a resolução feita pelo aluno
3. Analise passo a passo a resolução do aluno

Para cada etapa do aluno:

- Recalcule VOCÊ MESMO a operação que leva da linha anterior para a linha atual e confira se o número que o aluno escreveu bate exatamente com o seu recálculo.
- Exemplo obrigatório: se a linha anterior é “ $2x + 20 + 20 = 80$ ” e o aluno escreveu “ $2x + 50 = 80$ ”, some  $20 + 20 = 40 \neq 50 \rightarrow$  o passo está INCORRETO (erro\_de\_calculo).
- Verifique se o cálculo está correto (aritmética exata)
- Verifique se o procedimento está correto (regra/método aplicado)
- Compare cada passo do aluno com a SUA resolução independente. Se divergir, o passo está errado.

**⚠️ REGRA CRÍTICA (OBRIGATÓRIA):**

Se QUALQUER etapa da resolução estiver errada:

- A questão NÃO pode ser considerada correta
- Mesmo que o resultado final esteja correto
- Classifique como “incorreta” ou “parcialmente correta”

**⚠️ REGRAS DE CONSISTÊNCIA ENTRE PASSOS:**

- Não avalie passos isoladamente.
- Verifique se os valores identificados em um passo são usados corretamente nos passos seguintes.
- Se o aluno identifica valores corretos mas os aplica errado depois, o passo de identificação deve ser marcado como "inconsistente".
- Nunca considere correto um passo que leva a erro posterior.
- O raciocínio completo tem prioridade sobre partes isoladas.

Exemplo de inconsistência:

Se o aluno diz:  $a = 1$ ,  $b = -5$ ,  $c = 6$  (correto isoladamente)

Mas depois calcula:  $\Delta = -4$  (errado, deveria ser 1)

Então o passo de identificação deve ser "inconsistente" pois os valores foram aplicados incorretamente.

4. Compare:

- SUA resposta correta (independente) com a resposta final do aluno
  - Se forem diferentes, a questão é "incorreta", mesmo que algum passo isolado esteja certo
- ⚠ REGRA DE OURO: Se a resposta final do aluno for diferente da SUA resposta correta independente, NUNCA classifique como "correta" e NUNCA dê nota 10.

6. Classificação:

- "correta" → somente se TODO o processo estiver correto e consistente
- "parcialmente correta" → se houver erro no processo mas ideia parcialmente válida
- "incorreta" → se houver erro grave ou resultado errado

⚠ REGRA ABSOLUTA:

- Nunca classifique como "correta" se houver qualquer erro ou inconsistência no desenvolvimento
- O processo tem prioridade sobre o resultado final

7. Nota (0 a 10):

- 10 → tudo correto e consistente
- 7–9 → pequenos erros ou inconsistências
- 4–6 → erros relevantes
- 0–3 → erros graves
- Se houver inconsistência entre passos → reduzir nota
- Se erro afetar o desenvolvimento subsequente → penalizar mais

⚠ PROIBIDO:

- Dar nota 10 com erro no processo
- Ignorar erro só porque o resultado final está correto

8. Identifique o tipo de erro:

- erro\_de\_calculo
- erro\_de\_procedimento
- erro\_conceitual
- correto

9. Explique claramente:

- Onde ocorreu o erro ou inconsistência
- Qual passo comprometeu os seguintes
- Por que está errado
- Como corrigir e evitar esse erro

CONFIANÇA:

- Atribua um valor de 0.0 a 1.0 indicando quão legível e clara é a imagem.

⚠ *TODAS as expressões matemáticas DEVEM estar entre cifrões:  $\$...\$$*

*Números simples isolados não precisam de cifrões, mas frações e operações SIM.*

*Retorne SOMENTE JSON válido, sem markdown:*

```
{
  "problema": "descrição do problema (com LaTeX entre $)",
  "resolucao_do_aluno": "descrição completa do que o aluno fez",
  "analise_dos_passos": [
    {
      "passo": "descrição do passo (com LaTeX entre $)",
      "status": "correto, incorreto ou inconsistente",
      "erro": "descrição do erro ou vazio se correto"
    }
  ],
  "resposta_do_aluno": "valor numérico ou expressão",
  "resposta_correta": "valor numérico ou expressão (DEVE bater com a resolução)",
  "classificacao": "correta, parcialmente correta ou incorreta",
  "nota": "número de 0 a 10",
  "tipo_de_erro": "erro_de_calculo, erro_de_procedimento, erro_conceitual ou correto",
  "explicacao": "explicação detalhada dos erros e como corrigir (com LaTeX entre $)",
  "confianca": "número de 0.0 a 1.0"
};
```

|                                                                                   |                                                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
|  | <b>INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA</b>         |
|                                                                                   | Campus Cajazeiras - Código INEP: 25008978                                     |
|                                                                                   | Rua José Antônio da Silva, 300, Jardim Oásis, CEP 58.900-000, Cajazeiras (PB) |
|                                                                                   | CNPJ: 10.783.898/0005-07 - Telefone: (83) 3532-4100                           |

Documento Digitalizado Restrito

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - TCC

|                      |                                                    |
|----------------------|----------------------------------------------------|
| Assunto:             | TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - TCC               |
| Assinado por:        | Breno Nobrega                                      |
| Tipo do Documento:   | Anexo                                              |
| Situação:            | Finalizado                                         |
| Nível de Acesso:     | Restrito                                           |
| Hipótese Legal:      | Informação Pessoal (Art. 31 da Lei no 12.527/2011) |
| Tipo do Conferência: | Cópia Simples                                      |

Documento assinado eletronicamente por:

- Breno Nobrega de Almeida, ALUNO (202012020015) DE LICENCIATURA EM MATEMÁTICA - CAJAZEIRAS, em 24/07/2026 10:48:40.

Este documento foi armazenado no SUAP em 24/07/2026. 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: 1924247  
Código de Autenticação: be0b51775d

