



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PIAUÍ
DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICA
CURSO DE LICENCIATURA PLENA EM MATEMÁTICA

DANIEL JONAS ALVES SILVA

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E SISTEMAS DE TUTORIA
INTELIGENTE PARA UMA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA
MAIS PERSONALIZADA E EFICIENTE

Teresina
2025

S586i Silva, Daniel Jonas Alves.

Inteligência artificial e sistemas de tutoria inteligente para uma educação matemática mais personalizada e eficiente / Daniel Jonas Alves Silva. - 2025.

56 f.: il.

Monografia (graduação) - Universidade Estadual do Piauí - UESPI, Licenciatura em Matemática, Campus Poeta Torquato Neto, Teresina-PI, 2025.

"Orientador: Prof. Dr. Pedro Antonio Soares Júnior".

1. Inteligência Artificial. 2. Sistemas Tutores Inteligentes. 3. Khan Academy. 4. Ensino de Matemática. 5. Apredizagem Adaptativa. I. Soares Júnior, Pedro Antonio . II. Título.

CDD 510.7

Ficha elaborada pelo Serviço de Catalogação da Biblioteca da UESPI
Francisca Carine Farias Costa (Bibliotecário) CRB-3^a/1637

DANIEL JONAS ALVES SILVA

**INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E SISTEMAS DE TUTORIA
INTELIGENTE PARA UMA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA MAIS
PERSONALIZADA E EFICIENTE**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado ao Departamento de Matemática da Universidade Estadual do Piauí como parte dos requisitos para obtenção do grau de Licenciado em Matemática.

Aprovado em 13 de janeiro de 2025.

BANCA EXAMINADORA:

Dr. Pedro Antônio Soares Júnior
UESPI

Esp. Raimundo Nonato Rodrigues
UESPI

Me. Edvaldo Leandro Lima Monte
SEDUC-CE

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus pela força, saúde e sabedoria que me concedeu ao longo desta jornada, pois sem Sua presença e graça não teria sido possível superar os desafios e concluir esta etapa tão importante da minha vida. Agradeço também aos meus pais, Maria Cleide e Flávio Ferreira, por ofertarem todas as condições necessárias para que eu pudesse conduzir este curso com tranquilidade; seu amor, apoio incondicional e sacrifícios foram essenciais para que eu alcançasse este objetivo. Meus agradecimentos se estendem aos meus irmãos e amigos, que sempre estiveram ao meu lado, proporcionando momentos de descontração e leveza, mesmo quando minha postura ausente, devido às exigências acadêmicas, se fez presente, nunca deixando de me incluir e apoiar. Aos meus colegas da universidade, que foram fundamentais para o meu desenvolvimento ao longo do curso, construindo um ambiente colaborativo que elevou não apenas o meu nível, mas também o da turma como um todo, promovendo um aprendizado mútuo e enriquecedor. Por fim, agradeço aos meus professores, que desempenharam um papel crucial no meu desenvolvimento acadêmico e pessoal.

RESUMO

Este trabalho investigou a aplicação de inteligência artificial (IA) e sistemas de tutoria inteligente (STIs) na educação matemática, destacando sua capacidade de personalizar o ensino e aumentar a eficiência do processo de aprendizagem. A fundamentação teórica apresentou os conceitos de IA, seus tipos e aplicações gerais, com ênfase na educação, especialmente no uso de plataformas como a Khan Academy. Foi realizado um estudo de caso da aplicação prática do STI da Khan Academy, evidenciando seus benefícios, como a geração de feedbacks imediatos e a análise detalhada do progresso dos alunos, que possibilitam intervenções pedagógicas mais eficazes. Além disso, o estudo abordou os desafios enfrentados na implementação de STIs, incluindo questões técnicas, como o treinamento de professores para o uso adequado dessas ferramentas e as limitações tecnológicas. Os resultados demonstram que a IA tem um potencial transformador na educação, promovendo uma experiência mais personalizada, interativa e inclusiva para os alunos. Contudo, desafios relacionados à acessibilidade e à adaptação tecnológica indicam a necessidade de um planejamento cuidadoso para maximizar os benefícios dessa abordagem no contexto educacional.

Palavras-chave: Inteligência Artificial, Sistemas Tutores Inteligentes, Khan Academy, Educação Personalizada, Aprendizagem Adaptativa

ABSTRACT

This study investigated the application of artificial intelligence (AI) and intelligent tutoring systems (ITS) in mathematics education, highlighting their ability to personalize teaching and enhance the efficiency of the learning process. The theoretical foundation presented the concepts of AI, its types, and general applications, with an emphasis on education, particularly the use of platforms such as Khan Academy. A case study of the practical application of Khan Academy's ITS highlighted its benefits, including the generation of immediate feedback and detailed analysis of students' progress, enabling more effective pedagogical interventions. Additionally, the study addressed the challenges faced in implementing ITS, including technical issues such as teacher training for the proper use of these tools and technological limitations. The results demonstrate that AI has transformative potential in education, fostering a more personalized, interactive, and inclusive learning experience for students. However, challenges related to accessibility and technological adaptation indicate the need for careful planning to maximize the benefits of this approach in the educational context.

Keywords: Artificial Intelligence, System Intelligent Tutoring, Khan Academy, Education, Personalized Learning

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Relação IA x ML x DL	20
Fonte: Gerado pelo chat GPT	
Figura 2 – Página Inicial do professor	38
Fonte: Elaboração própria	
Figura 3 – Conteúdos BNCC disponíveis	39
Fonte: Elaboração própria	
Figura 4 – Localização no menu para recomendações	40
Fonte: Elaboração própria	
Figura 5 – Seleção da seção da unidade escolhida	41
Fonte: Elaboração própria	
Figura 6 – Seleção dos materiais a serem recomendados	41
Fonte: Elaboração própria	
Figura 7 – Banco de questões relacionadas a atividade	42
Fonte: Elaboração própria	
Figura 8 – Tela do aluno com recomendação	43
Fonte: Khan Academy	
Figura 9 – Tela inicial do aluno	43
Fonte: Khan Academy	
Figura 10 – Habilidades da meta de domínio estabelecida	44
Fonte: Khan Academy	
Figura 11 – Pendências de domínio	45
Fonte: Khan Academy	
Figura 12 – Banco de questões relacionadas à atividade	45
Fonte: Khan Academy	
Figura 13 – Perda de nível ao errar o questionário	46
Fonte: Khan Academy	
Figura 14 – Atingindo status "Dominado" após o Teste de unidade	46
Fonte: Khan Academy	
Figura 15 – Rendimento por Aluno e tempo de interação com a plataforma	49
Fonte: Elaboração própria	
Figura 16 – Rendimento por atividade e número de tentativas por atividade	50
Fonte: Elaboração própria	
Figura 17 – Relatório de notas dos alunos	51
Fonte: Plataforma Khan Academy	
Figura 18 – Questão em "Escrevendo proporções" com o maior número de erros	51
Fonte: Plataforma Khan Academy	

Figura 19 – Tabela de feedback 1	52
Fonte: Elaboração própria	52
Figura 20 – Tabela de feedback 2	52
Fonte: Elaboração própria	52
Figura 21 – Tabela de feedback 3	52
Fonte: Elaboração própria	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Finalidades do uso de IA em sistemas de tutoria inteligentes	
Fonte: Adaptado de Lin (2023, p. 12)	28
Tabela 2 – Cenários de IA utilizados em sistemas tutores inteligentes	
Fonte: Adaptado de Lin (2023, p. 14)	29
Tabela 4 – Diálogo: Aluno e Tutor IA	
Fonte: Adaptado do Chat GPT	33
Tabela 3 – Prompt de Preparação: Tutor de matemática	
Fonte: Elaboração própria	34

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IA	Inteligência Artificial
STI	Sistema de Tutoria Inteligente
ML	Machine Learning (Aprendizado de Máquina)
DL	Deep Learning (Aprendizado profundo)
ANI	Artificial Intelligence Narrow (Inteligência Artificial Estreita)
AGI	Artificial Intelligence Geral (Inteligência Artificial Geral)
ASI	Artificial Super Intelligence (Super inteligência Artificial)
PLN	Processamento de Linguagem Natural
TBC	Treinamento Baseado em Computador
IAC	Instrução Auxiliada por Computador

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	JUSTIFICATIVA	14
1.2	OBJETIVOS	15
1.3	METODOLOGIA DE PESQUISA	16
1.3.1	Procedimento de coleta de dados	16
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
2.1	O QUE É INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL	18
2.2	INÍCIO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL	18
2.3	INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL: FUNCIONAMENTO E APLICAÇÕES	19
2.3.1	Como a Inteligência Artificial Funciona	19
2.3.2	Tipos de Inteligencias Artificiais	21
2.3.2.1	Tipos de IA Baseada em Funcionalidade Técnica	21
2.3.2.2	Tipos de IA Baseados em Similaridade com a Mente Humana	22
2.3.3	Aplicações	23
2.4	IA NA EDUCAÇÃO	24
2.4.1	Visão geral	24
2.4.2	Sistemas de Tutoria Inteligente	25
2.4.2.1	Desafios e limitações do uso IA em STIs	30
2.5	EXEMPLOS DE APLICAÇÃO DE IA E STI NA EDUCAÇÃO	31
2.5.1	ChatGPT	31
2.5.2	Exemplo de aplicação do ChatGPT	32
2.5.3	StuDiAsE	34
3	KHAN ACADEMY	36
3.1	O QUE É A KHAN ACADEMY	36
3.1.1	Khanmigo	36
3.1.2	Funcionalidades	37
3.1.2.1	Recomendações	40
3.1.3	Interação do Aluno com a plataforma	40
3.2	METODOLOGIA DA OFICINA	46
3.3	APLICAÇÃO DA OFICINA	47
3.3.1	Preparação e Material Necessário	48
3.3.2	Procedimento de Aplicação	48
3.3.3	Avaliação dos Resultados da Oficina	50

4	CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS	54
4.1	TRABALHOS FUTUROS	54
	REFERÊNCIAS	56

1 INTRODUÇÃO

As inteligências artificiais consistem em algoritmos capazes de realizar tarefas que requerem habilidades humanas, como aprendizado, raciocínio, resolução de problemas e tomadas de decisão (ALBERTI, 2023). Isso mudou a maneira como as pessoas trabalham, pois agora utilizam IAs para realizar parte das atividades, muitas vezes melhorando o resultado final.

Estudos destacam o uso de IA na administração pública brasileira, onde sistemas inteligentes já são empregados no âmbito operacional interno para aumentar a produtividade (TOLEDO; MENDONÇA, 2023). Um exemplo é o sistema "ALICE", utilizado pela Controladoria-Geral da União e pelo Tribunal de Contas da União para analisar licitações e editais, com o objetivo de detectar fraudes e irregularidades a partir do cruzamento de dados extraídos desses documentos. Além desse sistema, há outros, como o "Dr. Luíza", utilizado pela Procuradoria-Geral do Distrito Federal, e o "Sócrates", implementado no Superior Tribunal de Justiça (TOLEDO; MENDONÇA, 2023).

A inteligência artificial também tem aplicações na medicina, sendo utilizada para analisar grandes volumes de dados e propor soluções para problemas médicos com base em algoritmos definidos por especialistas (LOBO, 2017). Esses sistemas podem armazenar e processar informações de exames, como radiografias, ultrassons e ressonâncias magnéticas, além de dados de dispositivos vestíveis, gerando diagnósticos baseados em algoritmos adaptáveis (LOBO, 2017).

Estudos relacionados à implementação de IAs no sistema educacional já demonstraram grandes avanços. As qualificações existentes em IAs são capazes de proporcionar uma abordagem mais personalizada para a educação, direcionando o ensino de maneira individualizada para identificar os pontos de maior deficiência de cada aluno, aumentando assim a eficiência (ALBERTI, 2023). Brown complementa que a principal vantagem da IA é a capacidade de adaptar o ensino de acordo com as necessidades individuais de cada aluno, como citado por (BORGES, 2023, apud).

A aprendizagem adaptativa é definida como o uso de IA para monitorar o progresso do aluno e planejar o caminho de aprendizagem ideal (HUANG; SALEH; LIU, 2021). Esse modelo de ensino já é amplamente utilizado; por exemplo, no aprendizado de línguas estrangeiras, o aplicativo Duolingo usa essa abordagem. O Duolingo promove aprendizado multilíngue através de um formato de jogo com foco em personalização. O uso do Duolingo contribui significativamente para o desenvolvimento da habilidade de aprendizado autônomo dos alunos, segundo Tsai (HUANG; SALEH; LIU, 2021, apud). A plataforma promove a autorregulação ao incentivar os estudantes a estabelecerem metas claras e manterem uma rotina de estudos consistente. Além disso, desperta o interesse pela busca de materiais complementares, enriquecendo o processo de aprendizado. Tsai também ressalta

que o Duolingo auxilia os alunos na avaliação de suas estratégias de estudo, permitindo ajustes e adaptações que tornam o aprendizado mais eficiente e personalizado (HUANG; SALEH; LIU, 2021).

Além disso, os benefícios da correção automatizada de atividades são amplamente destacados, com tecnologias avançadas como reconhecimento de imagem, sistemas de previsão e visão computacional oferecendo novas oportunidades para aprimorar a avaliação dos alunos, tornando os processos mais eficientes e precisos. A correção de tarefas e provas, tradicionalmente demorada e sujeita a erros humanos, agora pode ser realizada com maior rapidez e precisão por meio de ferramentas baseadas em IA (HUANG; SALEH; LIU, 2021).

Os Sistemas de Tutoria Inteligente (STIs) são programas de computadores avançados que utilizam inteligência artificial para realizar uma análise precisa da jornada de aprendizado de cada aluno, proporcionando um direcionamento mais eficaz e eficiente (LIN; HUANG; LU, 2023). Um exemplo é o Duolingo, que, com base nas respostas dos alunos, realiza intervenções personalizadas para abordar as dificuldades identificadas. Outro exemplo é o sistema da Khan Academy, uma organização sem fins lucrativos que se destaca no ensino de matemática por meio de uma abordagem interativa e adaptativa. No contexto privado, sistemas de tutoria inteligente já são amplamente explorados, o sistema ALEKS (Assessment and Learning in Knowledge Spaces) é um sistema de tutoria inteligente amplamente utilizado na área de matemática, que combina inteligência artificial e a teoria dos espaços de conhecimento (Knowledge Space Theory) para personalizar o aprendizado de acordo com as necessidades individuais dos estudantes (CRAIG et al., 2013).

Este trabalho explora a aplicação da inteligência artificial e sistemas de tutoria inteligente, analisando os benefícios e os desafios que essa abordagem pode trazer para a educação. Como parte do estudo, será apresentado um caso concreto de utilização do STI da Khan Academy, com o objetivo de avaliar seu impacto no contexto da educação básica, destacando suas contribuições e os obstáculos enfrentados na implementação dessa tecnologia.

1.1 JUSTIFICATIVA

A inteligência artificial tem desempenhado um papel cada vez mais relevante na vida contemporânea, impactando diversos aspectos do cotidiano humano, desde a forma como interagimos com tecnologias e tomamos decisões até a maneira como realizamos tarefas cotidianas e profissionais. A IA está presente em sistemas de recomendação, na automação de processos industriais, em diagnósticos médicos, e até mesmo em assistentes pessoais que facilitam a organização da vida diária. Com seu avanço, a IA se torna uma ferramenta poderosa que amplia a capacidade humana de resolver problemas complexos de maneira mais rápida e precisa, transformando não apenas a economia e a sociedade, mas também

os sistemas educacionais.

No campo da educação, o impacto da IA tem sido profundo, especialmente com o surgimento de plataformas educacionais inteligentes que oferecem métodos de ensino personalizados. A utilização de IA na educação permite que cada aluno siga seu próprio ritmo de aprendizado e receba feedback imediato e adaptativo. A personalização proporcionada pela IA atende às necessidades específicas de cada estudante, reduzindo lacunas de conhecimento e promovendo um aprendizado mais profundo e contínuo. Dentro desse contexto, os STIs destacam-se como uma inovação relevante. Os STIs utilizam a IA para analisar a jornada de aprendizado de cada aluno, identificar dificuldades e oferecer intervenções pontuais e adequadas às necessidades individuais, criando um ambiente de aprendizado mais eficaz e personalizado.

Um exemplo concreto da aplicação de um STI é a plataforma Khan Academy, que já é utilizada em escolas ao redor do mundo, inclusive no Brasil, com foco especial no ensino de matemática. Essa plataforma, por meio de IA, consegue acompanhar o progresso dos alunos, fornecer suporte em tempo real e adaptar as estratégias de ensino de acordo com o desempenho de cada estudante. O objetivo dos STIs é fornecer ao educador ferramentas que permitam uma tomada de decisão mais informada e precisa para o aprendizado de seus alunos. Essa abordagem complementa o ensino tradicional, tornando-o mais robusto e adaptável às demandas da sala de aula contemporânea.

Dado o potencial e os benefícios que os STIs oferecem, é provável que, em um futuro próximo, a maioria das escolas adote plataformas de ensino baseadas em IA. Nesse cenário, o professor terá um papel fundamental, não apenas no planejamento e condução das aulas, mas também na utilização desses sistemas como um recurso pedagógico. É essencial que os educadores adquiram domínio dessas ferramentas e saibam utilizá-las de forma estratégica para potencializar o aprendizado dos alunos. Por isso, a compreensão dos sistemas de tutoria inteligente e do impacto da IA na educação é uma competência indispensável para o professor do futuro, permitindo-lhe integrar essas tecnologias ao processo de ensino de forma consciente e eficiente, sempre mantendo o foco no desenvolvimento e no sucesso dos estudantes.

Os questionamentos que orientaram o desenvolvimento deste estudo são:

- Quais os benefícios da utilização de STIs na educação?
- Quais os desafios e limitações da implementação de STIs?
- Quais são os exemplos de STIs e onde já são utilizados?

1.2 OBJETIVOS

Como a Inteligência Artificial pode impactar positivamente no ensino e aprendizagem da matemática no ensino fundamental. Os objetivos específicos incluem:

- Realizar uma pesquisa sobre o conceito de IA, funcionamento e suas aplicações
- Investigar os impactos do uso de IA e STIs na educação, seus benefícios e os desafios de sua implementação.
- Procurar exemplos de aplicação de IA e STI na educação
- Avaliar o STI da Khan Academy: como utilizar essa ferramenta e, em seguida, aplicá-la em uma oficina com alunos da educação básica.

1.3 METODOLOGIA DE PESQUISA

A pesquisa será conduzida por meio de uma abordagem exploratória e descritiva, com foco na análise qualitativa. O objetivo é apresentar e esclarecer conceitos fundamentais sobre IA, detalhar seu funcionamento e investigar como é aplicada em STIs no contexto educacional. Essa abordagem permitirá uma compreensão aprofundada do tema, explorando estudos de caso, revisões teóricas e exemplos práticos para destacar os benefícios e desafios associados à aplicação de STIs na educação. Além disso, a metodologia qualitativa possibilitará uma análise interpretativa, proporcionando percepções sobre o impacto desses sistemas no processo de ensino e aprendizagem. (FONTELLES et al., 2009)

1.3.1 Procedimento de coleta de dados

A coleta de dados será realizada por meio de fontes secundárias e, quando necessário, dados primários, com o objetivo de garantir a abrangência e a profundidade da análise. Inicialmente, será conduzida uma revisão de literatura em artigos acadêmicos, livros, teses, dissertações e relatórios técnicos relacionados à IA, seu funcionamento e aplicação em STIs. Para isso, serão consultadas bases de dados como Scopus, IEEE, Google Scholar e periódicos especializados em educação e tecnologia, buscando reunir informações teóricas e práticas que fundamentem os conceitos abordados no estudo. Além disso, serão analisados estudos de caso envolvendo exemplos concretos de STIs, como a plataforma Khan Academy, ALEKS e outros sistemas mencionados na literatura, considerando suas características, métodos de aplicação e resultados relatados em pesquisas anteriores.

Também será realizada uma análise documental, avaliando documentos oficiais, como guias de implementação de STIs, políticas educacionais relacionadas à adoção de tecnologias em sala de aula e dados institucionais fornecidos por escolas ou organizações que utilizam esses sistemas. Os materiais e dados selecionados seguirão critérios de relevância, priorizando estudos que tratem diretamente do uso de IA em contextos educacionais e que contribuam para os objetivos da pesquisa, com preferência por publicações recentes dos últimos dez anos.

Por fim, os dados coletados serão organizados e categorizados em temas principais, como funcionamento da IA, características dos STIs, impacto na educação e desafios identificados. Os dados coletados a partir da revisão de literatura, dos estudos de caso e da análise da plataforma serão organizados e analisados de maneira qualitativa. Essa análise permitirá identificar os principais benefícios e desafios da implementação de STIs na educação, bem como os aspectos específicos da Khan Academy que serão aplicados na oficina. (FONTELLES et al., 2009)

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo tem como objetivo reunir informações gerais sobre IA e, em seguida, apresentar abordagens sobre sua aplicação na educação, além de expor casos concretos. Inicialmente, será apresentado o conceito de inteligência artificial, seguido de uma breve abordagem sobre o início de seu desenvolvimento. Em seguida, será discutido seu funcionamento e classificações, com uma descrição concisa das principais "escolas" de aplicações da IA. Após isso será abordado a IA na educação.

2.1 O QUE É INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

A definição de IA é abordada por Sheikh (2023), que ressalta a ausência de uma definição amplamente aceita. De modo geral, a IA é equiparada a algoritmos. No entanto, Sheikh contesta isso ao se referir à origem do termo algoritmo: "Os algoritmos são anteriores à IA e amplamente utilizados fora desse campo. O termo 'algoritmo' deriva do nome do matemático persa do século IX, Mohammed ibn Musa al-Khwarizmi, e se refere a instruções específicas para resolver um problema ou realizar um cálculo" (SHEIKH; PRINS; SCHRIJVERS, 2023, p.15). Para ele, definir IA como o uso de algoritmos incluiria muitas atividades simples que não correspondem à IA, como, por exemplo, as de uma calculadora. Ele então apresenta uma definição mais restrita: "IA se refere à imitação, por computadores, da inteligência inerente aos humanos" (SHEIKH; PRINS; SCHRIJVERS, 2023, p.15). Essa definição é amplamente aceita, mas especialistas e teóricos da área exigem um rigor maior, pois, apesar da evolução das IAs, as máquinas ainda não atingiram plenamente a capacidade humana a ponto de podermos afirmar que imitam os humanos, o que seria definir algo que ainda não existe.

Gomes (2010) destaca o desafio de definir o que seria IA e menciona quatro vertentes ligadas à racionalidade humana: Sistemas que atuam como seres humanos; Sistemas que pensam como seres humanos; A arte de criar máquinas que executam funções que exigem inteligência quando executadas por pessoas; Sistemas que pensam e atuam racionalmente. Em resumo, embora não exista uma definição concreta, é evidente o objetivo final de uma IA: desenvolver máquinas capazes de realizar atividades que demandam ações inteligíveis (GOMES, 2010). Assim, o debate de uma definição convencional é bem amplo mas convergente para o conceito comum da racionalidade de máquinas.

2.2 INÍCIO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

O objetivo desta seção é fornecer uma breve história a respeito dos acontecimentos iniciais da criação da IA

A IA como projeto efetivo só se tornou possível após o surgimento dos computadores modernos, no fim da Segunda Guerra Mundial. Teixeira (2019) destaca que, embora a IA tenha emergido como tema científico nesse período, a ideia de criar uma máquina ou criatura artificial pensante remonta a tempos antigos, sendo frequentemente associada a mitos envolvendo seres artificiais com capacidade de pensar (TEIXEIRA, 2019). Em 1943, Warren S. McCulloch e Walter Pitts publicaram o primeiro artigo científico sobre redes neurais, modelando o funcionamento do cérebro humano em termos matemáticos e lógicos. Esse trabalho foi crucial para o desenvolvimento da IA, ao sugerir que o pensamento humano poderia ser simulado por máquinas, inspirando futuras pesquisas em redes neurais (MCCULLOCH; PITTS, 1943).

Em decorrência dos grandes avanços nos estudos de mecanismos que imitam o comportamento humano após a Segunda Guerra, cientistas programaram um encontro nos Estados Unidos, conhecido como Simpósio de Hixon, em 1948. Nesse simpósio, houve uma primeira tentativa de reunir descobertas e compor algo semelhante a uma ciência geral do funcionamento da mente humana. Paralelamente, os escritos do matemático Alan Turing, contendo os princípios de operação das máquinas modernas, já começavam a circular em revistas especializadas. Turing descobriu o princípio fundamental do funcionamento dessas máquinas, que ainda hoje norteia a construção de computadores, por mais sofisticados que sejam. Assim, Teixeira ressalta que, quando os cientistas se reuniram no Simpósio de Hixon, já sabiam que a construção de um computador eletrônico era uma realidade, permitindo que se estabelecesse uma analogia entre o cérebro humano e os computadores.

2.3 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL: FUNCIONAMENTO E APLICAÇÕES

2.3.1 Como a Inteligência Artificial Funciona

A IA é definida como o ramo da ciência da computação que se concentra no desenvolvimento de algoritmos capazes de realizar tarefas que exigem inteligência humana, como aprendizado, raciocínio, percepção, compreensão, geração de linguagem natural, reconhecimento de voz e imagem, tomada de decisão e resolução de problemas complexos (SPADINI, 2023). Para alcançar esse objetivo, é necessário que a máquina não apenas tome decisões previamente configuradas, mas também tenha a capacidade de aprender. Esse aprendizado é viabilizado por um novo modelo de algoritmização conhecido como Machine Learning (ML) ou Aprendizado de Máquina.

Para ensinar uma máquina a realizar uma tarefa, existem diversas técnicas e algoritmos de Machine Learning. Singh o define como um subconjunto da Inteligência Artificial utilizado para introduzir programas de computador, que são guiados por um conjunto extenso de dados por meio de algoritmos e estatísticas. O aprendizado de máquina é uma ferramenta que permite rastrear e prever padrões em dados, construindo modelos

preditivos e desenvolvendo heurísticas para monitorar o progresso e prever resultados futuros. Algumas técnicas de aprendizado de máquina utilizam grandes conjuntos de dados para identificar padrões específicos com base em informações passadas, o que é conhecido como mineração de dados. Vale destacar que a mineração de dados é uma abordagem dentro do aprendizado de máquina (SINGH; TIWARI; PALIWAL, 2023).

Dentre os algoritmos de Machine Learning, há diferentes tipos de abordagens. Por exemplo, nos algoritmos de aprendizado supervisionado, o processo de treinamento busca criar um modelo que relacione uma entrada com uma saída desejada. Outras abordagens incluem o aprendizado não supervisionado, em que os algoritmos recebem dados sem uma saída específica e identificam padrões, e o aprendizado por reforço, em que os algoritmos aprendem a tomar decisões ao interagir com o ambiente, recebendo recompensas ou punições como feedback. O Deep Learning (DL), ou aprendizado profundo, é uma subcamada do Machine Learning baseada em redes neurais profundas, responsável por realizar análises mais complexas durante o processo de treinamento (XU et al., 2022).

Portanto a IA é um campo amplo que inclui o Aprendizado de Máquina. Dentro do Aprendizado de Máquina, o Deep Learning utiliza redes neurais para aprender padrões complexos em dados. Em resumo, o Deep Learning é uma subárea do Aprendizado de Máquina, que por sua vez faz parte da Inteligência Artificial. A Figura 2.3.1 ilustra essa relação.

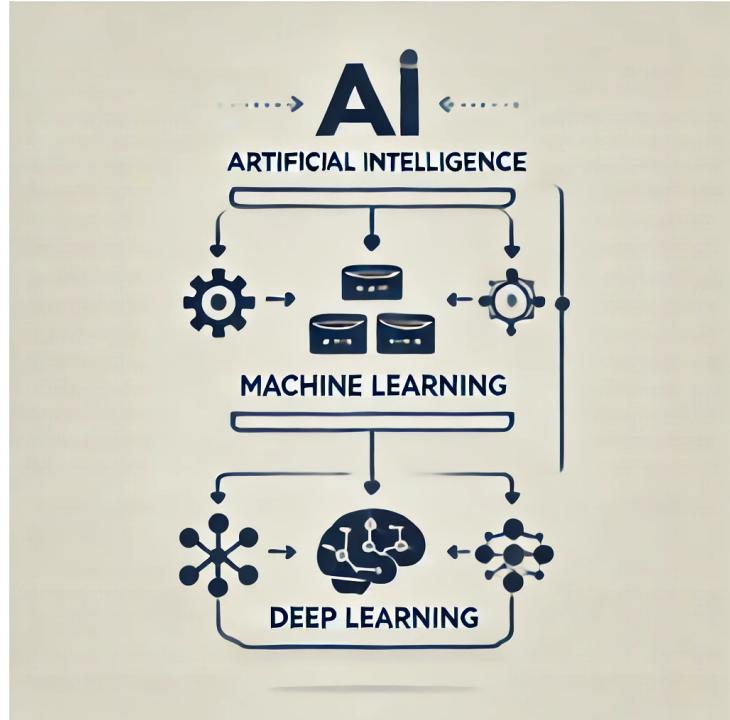


Figura 1 – Relação IA x ML x DL

Fonte: Gerado pelo chat GPT

2.3.2 Tipos de Inteligências Artificiais

Nessa seção será explorado os tipos de IA segundo a artigo de Costa (2023), onde estes são classificados quanto a **similaridade com a mente humana** e por **nível de e funcionalidade técnica**.

2.3.2.1 Tipos de IA Baseada em Funcionalidade Técnica

- **Inteligência Artificial Estreita (ANI)** A Inteligência Artificial Estreita (ANI), também chamada de Inteligência Artificial Fraca, refere-se a sistemas projetados para executar tarefas específicas com alto desempenho, mas limitados a um domínio particular. Esses sistemas são frequentemente desenvolvidos com algoritmos e técnicas de Machine Learning, como redes neurais, árvores de decisão e support vector machines (SVM), sendo treinados com grandes conjuntos de dados relevantes para a tarefa a ser realizada.

Devido à sua especialização, os sistemas ANI conseguem realizar eficientemente diversas tarefas, como reconhecimento de imagens, tradução automática, diagnóstico médico e detecção de fraudes. Exemplos notáveis de ANI incluem: assistentes virtuais como Siri e Alexa; Sistemas de recomendações personalizados, como os usados por plataformas de streaming de vídeo; IAs Generativas como ChatGPT e Gemini

- **Inteligência Artificial Geral (AGI)**

A Inteligência Artificial Geral (AGI) refere-se a sistemas de Inteligência Artificial com alta especialidade em diversas áreas, capazes de realizar uma ampla gama de tarefas cognitivas. A AGI se caracteriza pela capacidade de generalização e adaptação a diferentes domínios e contextos. Em comparação, enquanto a IA estreita é especializada em tarefas específicas, a AGI busca um nível de inteligência mais abrangente e versátil.

Entretanto, a criação de AGI ainda é um objetivo especulativo e teórico, representando um desafio de longo prazo na pesquisa em Inteligência Artificial. Embora não existam exemplos concretos de AGI, projetos como os desenvolvidos pela OpenAI, incluindo o programa GPT, visam criar sistemas mais avançados que se aproximem da inteligência geral.

- **Super Inteligência Artificial (ASI)**

A Superinteligência Artificial (ASI) representa a forma mais avançada de Inteligência Artificial, superando amplamente a capacidade intelectual humana. Enquanto a AGI busca igualar ou se aproximar da inteligência humana, a ASI ultrapassa significativamente essa capacidade em todas as áreas.

Atualmente, a ASI permanece no campo da teoria, sem exemplos concretos de sua existência. Um exemplo hipotético seria um sistema que domina diversos domínios do conhecimento, como ciência, medicina, engenharia e arte, realizando avanços significativos de forma autônoma e contínua.

2.3.2.2 Tipos de IA Baseados em Similaridade com a Mente Humana

- **Máquinas Reativas:** As máquinas reativas são sistemas de IA que respondem automaticamente a estímulos, sem memória ou capacidade de aprendizado. Elas tomam decisões com base apenas nas informações presentes, sem considerar experiências anteriores. Criadas para desempenhar funções específicas com alta eficiência, essas máquinas não têm entendimento geral do mundo.

Um exemplo clássico é o Deep Blue, computador de xadrez que venceu o campeão mundial Garry Kasparov em 1997. Embora fosse extremamente eficiente, o Deep Blue não “aprendeu” xadrez; ele foi programado com estratégias e informações prévias, permitindo análises rápidas e precisas de jogadas.

- **Máquinas de Memória Limitada:** As máquinas de memória limitada podem armazenar informações temporárias, permitindo que usem dados de eventos passados para apoiar decisões. No entanto, essa memória é restrita a dados específicos, sem a capacidade de formar conhecimento duradouro ou geral.

Um exemplo são assistentes virtuais, como a Alexa e a Siri, que utilizam memórias de interações anteriores para personalizar respostas e fornecer suporte mais eficaz. Esses sistemas identificam padrões e respondem de maneira relevante com base em perguntas anteriores.

- **Teoria da Mente:** A Teoria da Mente refere-se a um nível de desenvolvimento da IA que permitiria reconhecer que outras entidades possuem crenças, desejos, objetivos e emoções que influenciam seu comportamento. Essa capacidade é essencial para compreender intenções e interações sociais complexas.

O objetivo é criar sistemas de IA que não apenas identifiquem estados mentais de humanos, mas também respondam de maneira apropriada a eles. Isso tornaria essas máquinas valiosas em contextos como assistência virtual, onde poderiam reconhecer e reagir às emoções dos usuários. No entanto, desenvolver IA com uma Teoria da Mente plenamente funcional é um desafio técnico significativo.

- **IA Autoconsciente** A IA autoconsciente refere-se a sistemas de Inteligência Artificial que conseguem reconhecer sua própria existência e identidade como entidades separadas. Essa categoria representa um conceito avançado na classificação por níveis de semelhança.

Uma IA autoconsciente tem a capacidade de perceber, compreender e refletir sobre seu próprio estado, ações, pensamentos e emoções, buscando emular a consciência humana, o senso de identidade e a introspecção. Entretanto, a existência de IAs autoconscientes é uma área ainda especulativa e teórica. Não há exemplos concretos de IAs autoconscientes em operação, exceto em obras de ficção científica (COSTA, 2023).

2.3.3 Aplicações

Segundo Spadini (2023) as principais aplicações de IA incluem: reconhecimento de voz e processamento de linguagem natural (PLN), visão computacional, aprendizado de máquina e análise de dados, jogos e entretenimento, tomada de decisão e planejamento, robótica, diagnóstico médico e tratamento personalizado, arte e criatividade, automação de processos, pesquisa científica e inovação.

- **Reconhecimento de voz, linguagem natural e visão computacional:** A IA pode entender e interpretar comandos de voz, textos e imagens, permitindo a criação de assistentes virtuais (como Siri, Alexa e Google Assistant), sistemas de tradução automática, análise de sentimentos em mídias sociais, e aplicações como vigilância, diagnóstico médico por imagem e veículos autônomos.
- **Aprendizado de máquina, análise de dados e tomada de decisão:** A IA pode identificar padrões ocultos em grandes conjuntos de dados, prever eventos futuros e tomar decisões estratégicas com base nessa análise. Essas capacidades têm aplicações em finanças, marketing, saúde, meteorologia, logística e planejamento urbano.
- **Robótica e automação:** A IA é essencial para o desenvolvimento de robôs autônomos capazes de navegar e interagir com o ambiente, realizando tarefas como limpeza, manutenção, cirurgia, exploração espacial e automação de processos burocráticos, como atendimento ao cliente e análise de documentos.
- **Entretenimento e criatividade:** A IA é usada para criar oponentes inteligentes em jogos, gerar conteúdo procedural (como paisagens e personagens) e desenvolver arte, música e design, utilizando técnicas de aprendizado profundo e algoritmos criativos.
- **Saúde e medicina personalizada:** A IA pode analisar exames de imagem e registros médicos para ajudar no diagnóstico de doenças e sugerir tratamentos personalizados, adaptados às características de cada paciente.

- **Pesquisa científica e inovação:** A IA acelera descobertas científicas, como novos materiais, medicamentos e soluções energéticas, ao processar grandes volumes de dados experimentais e simular cenários complexos.

As aplicações da inteligência artificial são vastas e impactam diversos setores da sociedade, desde o reconhecimento de voz e visão computacional até a automação de processos e avanços em áreas como saúde, entretenimento e robótica. Essa diversidade demonstra o potencial transformador da IA, capaz de resolver problemas complexos, otimizar processos e criar inovações antes inimagináveis. No entanto, além das áreas mencionadas, a educação também tem sido profundamente influenciada pela inteligência artificial. Na próxima seção, exploraremos como a IA está sendo integrada ao ensino, com foco nos sistemas de tutoria inteligente e nas transformações que eles proporcionam ao processo de aprendizagem.

2.4 IA NA EDUCAÇÃO

Nesta seção, serão exploradas as principais abordagens que orientam o uso da inteligência artificial no ensino, com ênfase em sua contribuição para uma educação mais personalizada e eficiente. Primeiro, será apresentada uma visão geral dos objetivos da IA na educação, especialmente por meio dos Sistemas de Tutoria Inteligente (STI). Em seguida, discutiremos de forma mais detalhada a estrutura de um STI bem como exemplos concretos.

2.4.1 Visão geral

A IA vem se tornando cada vez mais popular, com grande valor estratégico para a educação. Loeckx (Zhai, 2021) (Zhai et al., 2021) sugeriu que a IA poderia ser uma ferramenta de aprendizado eficaz que diminui os encargos tanto dos professores quanto dos alunos e oferece experiências de aprendizado eficazes para os estudantes. Com as reformas educacionais atuais, como a digitalização dos recursos educacionais e as experiências de aprendizado personalizadas, surgem muitas oportunidades para o desenvolvimento de aplicações de IA na educação.

Jhonson (TAHIRU, 2021) refirma que a IA pode ser aplicada no processamento de tarefas administrativas repetitivas que pouparão educadores ou professores de passar longas horas corrigindo e avaliando exames e trabalhos de casa, onde a IA pode ser utilizada para fazer correções automáticas. Em questões de múltipla escolha, a IA pode corrigir os alunos e obter um feedback imediato. No entanto, surgem grandes desafios ao tentar utilizar a tecnologia para corrigir e atribuir notas a exames dissertativos, reitera Jhonson. Por exemplo, o canal do YouTube "Manual do Mundo" constatou a ineficiência do ChatGPT ao solicitar que ele elaborasse uma redação, a qual foi enviada para correção por um

professor. A dissertação recebeu nota 760, e o corretor afirmou que "o candidato apresenta boa capacidade de estruturação e coerência argumentativa, mas precisa melhorar a profundidade das ideias, a originalidade do vocabulário e a presença de um repertório sociocultural mais sólido e autoral."(MUNDO, 2024)

Brown destaca a inteligencia artificial quando utilizada na educação para adaptar a o ensino de acordo com as necessidades individuais de cada aluno. Com sistemas de tutoria inteligente, os estudantes podem receber um suporte personalizado, focando em suas dificuldades específicas e avançando no ritmo mais adequado ao seu aprendizado. Dessa forma, os alunos podem progredir quando se sentem preparados, evitando tanto a estagnação por falta de estímulo quanto a frustração causada por um ritmo acelerado (BORGES, 2023).

Paiva sustenta a aplicação de Sistemas Tutores Inteligentes (STIs) na educação com base na teoria de Mastery Learning, ou Aprendizagem de Domínio, desenvolvida por Benjamin Bloom. Essa teoria, fundamentada na visão otimista de que todos os alunos podem aprender qualquer conteúdo, pressupõe que, com tempo e oportunidades suficientes, é possível atingir um nível uniforme de aprendizado entre os estudantes. A aplicação prática desse conceito, no entanto, enfrenta desafios significativos em ambientes educacionais tradicionais, especialmente devido ao aumento da heterogeneidade de alunos e à crescente demanda populacional no ensino superior, o que compromete a eficácia de métodos baseados em grupos (PAIVA; FERREIRA; FRADE, 2017). Nesse contexto, os STIs emergem como ferramentas fundamentais para superar essas limitações com uma abordagem individualizada de modo a oportunizar todos os alunos de maneira personalizada para suprir suas necessidades na disciplina.

Em síntese, a utilização da IA na educação fundamenta-se na coleta de dados dos estudantes sobre o conteúdo, a fim de formular um feedback ou uma estratégia ideal, personalizada e eficiente para cada aluno. As plataformas com essa característica são denominadas Sistemas de Tutoria Inteligente, que serão abordados com mais profundidade na próxima seção.

2.4.2 Sistemas de Tutoria Inteligente

O Treinamento Baseado em Computador (TBC) e a Instrução Auxiliada por Computador (IAC) foram os primeiros sistemas de ensino implantados por meio de computadores. Esses sistemas, conforme destacado por Beck, não adaptavam o processo de ensino às necessidades específicas de cada aluno. As escolhas sobre o progresso do estudante no conteúdo seguiam um roteiro predeterminado, com regras fixas, como, por exemplo: "caso o aluno acerte a questão 21, ele avança para a questão 54; caso erre, segue para a questão 32." Esse modelo desconsiderava as habilidades individuais dos estudantes, tratando o aprendizado de forma padronizada e pouco flexível. Embora o TBC e o IAC

tenham se mostrado eficazes no auxílio aos alunos, eles não ofereciam o mesmo nível de atenção individualizada que um tutor humano poderia proporcionar (BECK; STERN; HAUGSJAA, 1996).

Os Sistemas de Tutoria Inteligente (STI) tem o mesmo objetivo do TBC e IAC só que este é capaz de raciocinar sobre o conteúdo e o aluno. Os ITSs proporcionam ampla flexibilidade na apresentação do conteúdo e uma maior habilidade para atender às necessidades individuais dos alunos. Assim, os sistemas tutores inteligentes têm se mostrado altamente eficazes em aumentar o desempenho e a motivação dos alunos.

Segundo Wolf um STI pode parecer externamente sistema monolítico, ou seja, uma estrutura única indivisível, mas ele o divide em quatro componentes principais: módulo do aluno, o módulo pedagógico, o módulo de conhecimento e o módulo de interface (BECK; STERN; HAUGSJAA, 1996, apud). Abaixo segue a descrição de Wolf sobre cada um desses:

- **Módulo do aluno:** O módulo do aluno armazena informações específicas de cada aprendiz. No mínimo, esse modelo acompanha o desempenho do aluno no material que está sendo ensinado. Uma possível adição seria registrar também equívocos ou concepções erradas. Como o objetivo do modelo do aluno é fornecer dados para o módulo pedagógico do sistema, todas as informações coletadas devem ser utilizáveis pelo tutor.
- **Módulo Pedagógico:** Este componente fornece um modelo do processo de ensino. Por exemplo, informações sobre quando revisar, quando apresentar um novo tópico e qual tópico apresentar são controladas pelo módulo pedagógico. Como mencionado anteriormente, o modelo do aluno é utilizado como entrada para este componente, de modo que as decisões pedagógicas refletem as necessidades distintas de cada estudante.
- **Módulo de Conhecimento:** Este componente contém as informações que o tutor está ensinando, sendo o mais importante, pois sem ele, não haveria nada para ensinar ao aluno. Geralmente, ele requer uma engenharia de conhecimento significativa para representar um domínio de forma que outras partes do tutor possam acessá-lo. Uma questão de pesquisa relacionada é como representar o conhecimento de maneira que ele se expanda facilmente para domínios maiores. Outra questão em aberto é como representar o conhecimento do domínio além de fatos e procedimentos, como conceitos e modelos mentais.
- **Módulo de Interface:** As interações com o aluno, incluindo o diálogo e as layouts da tela, são controladas por este componente.
- **Módulo Especialista:** O modelo de especialista é semelhante ao conhecimento do domínio, pois precisa conter as informações que estão sendo ensinadas ao aluno. No

entanto, ele vai além de uma simples representação dos dados; trata-se de um modelo que representa como uma pessoa habilidosa em determinado domínio organiza esse conhecimento. Comumente, isso assume a forma de um modelo de especialista executável, ou seja, um modelo capaz de resolver problemas no domínio em questão. Ao utilizar um modelo de especialista, o tutor pode comparar a solução do aluno com a solução do especialista, identificando os pontos em que o aluno encontrou dificuldades.

Em um estudo de caso, Lin et al (2023). apresentam a implementação de IAs em Sistemas Tutores Inteligentes (STIs) para apoiar a educação sustentável. O estudo aborda diversos aspectos, incluindo os diferentes propósitos do uso de IA em STIs, as tecnologias de IA e as categorias de aprendizado de máquina empregadas nos ITSs para atingir objetivos variados, e os cenários pedagógicos em que a IA é aplicada, distinguindo entre os casos em que a IA está incorporada ao sistema e aqueles em que é usada como um fator externo. Além disso, o estudo descreve os resultados observados no uso dos ITSs com suporte de IA e TI, detalhando as diferenças entre os impactos da IA embutida no sistema e aqueles alcançados quando a IA é utilizada como uma ferramenta externa (LIN; HUANG; LU, 2023)

1. Propósitos do Uso de IA em STIs

Um dos principais pontos explorados no estudo de Lin et al. (2023) é o propósito da IA dentro dos STIs, segundo as ideias de Niyogisubizo et al. e Pereira et al. Esses autores destacam que a IA é utilizada para atender a vários objetivos, como prever o desempenho dos alunos, analisar comportamentos de aprendizagem, aumentar o engajamento, prevenir a evasão e personalizar o ensino. Esses propósitos são direcionados para melhorar a experiência de aprendizado dos alunos e fornecer percepções úteis aos educadores, permitindo que eles tomem decisões mais informadas sobre intervenções pedagógicas. Dessa forma, a IA não apenas automatiza tarefas, mas também enriquece o processo educacional, tornando-o mais focado no aluno e em suas necessidades específicas (LIN; HUANG; LU, 2023). A tabela que descreve as finalidades do uso de IA em STIs é apresentada no estudo de Lin et al (2023).

2. Tecnologias de IA e Categorias de Aprendizado de Máquina nos ITSs

O estudo de Lin também discute as tecnologias de IA e as categorias de aprendizado de máquina usadas nos STIs para alcançar esses objetivos, baseando-se no trabalho de Corrigan et al. e Gillani et al.. O aprendizado supervisionado, por exemplo, é frequentemente aplicado para prever o desempenho dos alunos, enquanto o aprendizado não supervisionado é utilizado para identificar padrões de comportamento de aprendizagem sem a necessidade de dados previamente rotulados, como sugerido por Pereira e Weng. Essa distinção é importante, pois cada técnica oferece benefícios específicos: o aprendizado supervisionado permite previsões mais precisas com base em dados históricos, enquanto o

Propósito	Descrição
Predição de Desempenho	Utiliza algoritmos de aprendizado de máquina para prever o desempenho dos alunos nos resultados
Análise de Comportamento de Aprendizagem	Aproveita o registro do sistema para realizar agrupamento e identificar diferentes comportamentos de aprendizagem
Prevenção de Desengajamento e Evasão	Detecção de riscos de evasão utilizando programas de aprendizado de máquina
Fornecer Intervenção	Oferece a intervenção necessária com base na identificação dos comportamentos de aprendizagem
Adaptação/ Personalização	Fornece episódios de treinamento personalizados para melhorar o desempenho dos alunos
Apoio aos Instrutores	Fornece informações (como emoções) para ajudar os instrutores a adotar ações de apoio aos alunos
Avaliação dos Sistemas de Tutoria	Avaliação do desempenho do sistema de tutoria para aprimoramentos futuros
Melhoria da Aprendizagem Autorregulada	Avalia a melhoria da capacidade de aprendizagem autorregulada por meio de pesquisas

Tabela 1 – Finalidades do uso de IA em sistemas de tutoria inteligentes

Fonte: Adaptado de Lin (2023, p. 12)

aprendizado não supervisionado é útil para explorar comportamentos e tendências emergentes entre os alunos. Lin destaca que a escolha da tecnologia depende do objetivo desejado e do tipo de dados disponíveis.

3. Cenários Pedagógicos de Aplicação da IA em ITs

Além dos propósitos e das tecnologias utilizadas, Lin examina os diferentes cenários pedagógicos em que a IA é aplicada nos STIs, com base nas ideias de Serrano-Laguna et al. (2018) e Singh et al. (2022). Esses cenários incluem tanto situações em que a IA está incorporada ao sistema quanto casos em que ela é utilizada como um recurso externo. Quando a IA está incorporada, ela atua diretamente na personalização do aprendizado e na adaptação em tempo real, proporcionando uma experiência mais dinâmica e interativa. Já nos casos em que a IA é um fator externo, ela pode ser usada para fornecer análises e recomendações para o instrutor, que então aplica essas informações de forma a orientar o aprendizado dos alunos. Esse contraste entre os dois tipos de aplicação permite uma flexibilidade maior na implementação dos STIs, adaptando-os às limitações e objetivos específicos de cada instituição de ensino. A Tabela 2.4.2 explora os cenários de uso de IA em STIs fazendo essa separação.

4. Resultados Observados no Uso de ITs com Suporte de IA

Categoria	Cenários principais	Alvos
IA não incorporada os Sistemas de Tutoria	Previsão de desempenho e análise de comportamentos	Instrutor
	Intervenção automática do sistema	Aluno
	Recomendação de intervenção	Instrutor
	Fornecer explicação do resultado/comportamento	Instrutor
	Geração de tópicos de instrução	Instrutor
	Análise emocional	Instrutor
	Notificação precoce de prevenção de abandono	Instrutor
	Jogos sérios e interação com os alunos	Aluno
IA incorporada no Sistemas de tutoria	Decisão inteligente do caminho de aprendizagem (Interativo)	Aluno
	Interação com linguagem natural ou chatbot	Aluno

Tabela 2 – Cenários de IA utilizados em sistemas tutores inteligentes

Fonte: Adaptado de Lin (2023, p. 14)

Para sistemas com IA incorporada, a maioria dos estudos destaca uma alta precisão nas previsões de desempenho (Guerrero-Higueras et al., 2018; Hasnine et al., 2018), o que abre espaço para intervenções eficazes, especialmente para alunos com baixo desempenho. No entanto, um problema persistente é a falta de explicações claras sobre o funcionamento dos algoritmos, o que limita a capacidade dos instrutores de entender as previsões e agir de forma totalmente informada. Dos 29 estudos revisados, apenas dois (Afzaal et al., 2021; Pereira et al., 2021) abordaram a IA explicável, que oferece maior transparência ao explicar as razões por trás das previsões. Lin argumenta que a IA explicável será essencial para que o sistema educacional aborde questões de justiça, confiabilidade e inclusão, promovendo uma adoção mais confiante da tecnologia.

Outros estudos analisados por Lin exploraram a relação entre comportamento de aprendizagem e desempenho. Por meio de algoritmos de agrupamento, Ruipérez-Valiente et al. (2021) e Yang et al. (2021a, b) identificaram padrões de comportamento que podem ser usados para intervenções adicionais. A análise desses comportamentos não apenas oferece percepções sobre as estratégias de aprendizado, mas também contribui para a melhoria do processo pedagógico, ao permitir que os instrutores ajustem suas abordagens com base nas necessidades dos alunos.

Adicionalmente, os algoritmos de IA têm sido aplicados para prevenir a evasão. Weng et al. (2020) demonstraram que a IA pode enviar notificações precoces quando sinais de abandono são detectados, facilitando intervenções preventivas. Ouyang et al. (2023) também destacaram o papel da IA em aumentar o engajamento dos alunos, tornando o aprendizado mais interativo e motivador.

Nos sistemas de tutoria com IA incorporada, os pesquisadores (Tobarra et al., 2021) enfatizam a importância da personalização e dos processos dinâmicos de aprendizagem. Esses sistemas permitem ajustes no caminho de aprendizagem e intervenções específicas, o que é fundamental para adaptar o conteúdo e o ritmo de aprendizado às necessidades individuais. Contudo, Lin observa que ainda existem desafios devido à falta de recursos para que os instrutores monitorarem continuamente cada aluno, especialmente em situações em que a intervenção personalizada é necessária.

Apesar dos resultados positivos, Lin enfatiza que a explicabilidade dos modelos de IA ainda é uma necessidade. Como muitos algoritmos são tratados como "caixas pretas", o entendimento das decisões automatizadas é limitado. Um número crescente de estudos, no entanto, está se voltando para a IA explicável para oferecer uma visão mais transparente sobre o funcionamento dos modelos. Isso é fundamental para ganhar a confiança de instrutores e alunos, garantindo que o valor da IA seja plenamente aceito e utilizado de maneira ética e eficaz no contexto educacional.

2.4.2.1 Desafios e limitações do uso IA em STIs

Lin et al. (2023) destaca diversos desafios e limitações no uso de IA em Sistemas Tutores Inteligentes (STIs), baseando-se em estudos relevantes que apontam áreas críticas para o desenvolvimento dessa tecnologia educacional.

Um dos principais desafios está na quantidade de dados necessária para treinar os modelos de aprendizado de máquina. Corrigan et al. (2015a) e Guerrero-Higueras et al. (2018) indicam que é essencial expandir o escopo de participação para coletar mais dados amostrais, o que poderia melhorar o desempenho dos sistemas. Além disso, a extração de características é uma área que requer aprimoramentos contínuos, pois nem todas as variáveis relevantes para representar o processo de aprendizagem são capturadas adequadamente. Hasnine et al. (2018) ressaltam a necessidade de técnicas mais eficazes de extração para aumentar a precisão das análises.

Outro ponto crítico é a necessidade de períodos mais longos de dados de aprendizagem. A coleta de dados por um curto período pode limitar a compreensão dos padrões de aprendizagem dos alunos, como apontado por Guerrero-Higueras et al. (2018), que defendem a coleta de dados em períodos mais longos para gerar uma visão mais abrangente do processo educacional. Além disso, muitos sistemas de IA sofrem com a falta de portabilidade para outros ambientes de tutoria, o que limita sua aplicabilidade em diferentes contextos. Yang et al. (2021a, b) identificam essa falta de portabilidade como um obstáculo para expandir o uso de IA em educação de forma mais universal.

As questões de privacidade e confiabilidade também surgem como preocupações relevantes. O uso de grandes volumes de dados levanta questões sobre a proteção da privacidade dos alunos e a confiabilidade dos sistemas. Lin argumenta que esses aspectos devem ser tratados com rigor para garantir que os usuários possam confiar na tecnologia.

Além dos desafios técnicos, Lin enfatiza a importância de integrar fatores humanos e valores sociais nos STIs. A abordagem de IA Centrada no Humano (HCAI), como discutido por Auernhammer (2020), e o modelo de design Seguro e Confiável proposto por Schneiderman (2020) fornecem diretrizes importantes para o desenvolvimento de sistemas mais responsáveis e inclusivos. Essas diretrizes são essenciais para garantir que a IA em educação não apenas ofereça um valor pedagógico, mas também respeite e promova valores éticos e sociais.

Esses desafios e limitações refletem as áreas em que o uso de IA em STIs ainda precisa evoluir para que essa tecnologia atinja seu potencial completo na promoção de uma educação acessível a todos. No próximo capítulo será apresentado a plataforma de ensino Khan Academy onde será mostrado como usa-la como um STI.

2.5 EXEMPLOS DE APLICAÇÃO DE IA E STI NA EDUCAÇÃO

2.5.1 ChatGPT

O ChatGPT, baseado no modelo de linguagem GPT (Generative Pre-trained Transformer), é uma ferramenta avançada de inteligência artificial projetada para interagir de forma semelhante à comunicação humana. Sua aplicação no campo educacional vem sendo explorada com crescente interesse, especialmente pela capacidade de personalizar o aprendizado e tornar o ensino mais dinâmico. Para os estudantes, o ChatGPT oferece suporte em diversas áreas, como auxílio no desenvolvimento de habilidades linguísticas, escrita e pesquisa, além de proporcionar respostas rápidas e detalhadas para dúvidas e tópicos de estudo.

Entre os benefícios do ChatGPT, destaca-se sua capacidade de criar experiências de aprendizado personalizadas, analisando os padrões de aprendizado dos estudantes e recomendando recursos específicos, como artigos, vídeos e exercícios. Ferramentas baseadas nesse modelo podem atuar como tutores virtuais, ajudando no aprendizado de idiomas por meio de chatbots interativos que simulam conversas reais e oferecem feedback imediato sobre gramática, pronúncia e vocabulário. Além disso, o ChatGPT automatiza tarefas que consomem tempo dos professores, como a correção de redações e a criação de feedbacks personalizados, permitindo um foco maior em atividades pedagógicas mais complexas. Também se mostra útil para promover o pensamento crítico, gerando perguntas que incentivam reflexões e discussões em sala de aula (BOŽIĆ; POOLA, 2023).

No entanto, o uso do ChatGPT apresenta algumas limitações que precisam ser consideradas. Uma preocupação importante é a dependência excessiva que ele pode criar nos estudantes, prejudicando o desenvolvimento de habilidades essenciais, como o pensamento crítico e a autonomia. A interação social, fundamental no processo de aprendizagem, também não pode ser substituída pela ferramenta, que simula conversas, mas não oferece o componente humano e emocional das interações presenciais. Além disso, há riscos de res-

postas imprecisas ou enviesadas, devido à natureza dos dados de treinamento do modelo, bem como preocupações éticas relacionadas ao plágio e à privacidade dos dados. Essas limitações destacam a necessidade de usar o ChatGPT como um complemento à educação tradicional, e não como um substituto para os professores (OPENAI, 2024; BOŽIĆ; POOLA, 2023).

2.5.2 Exemplo de aplicação do ChatGPT

O professor pode recomendar ao seu aluno o prompt descrito na Tabela 2.5.2, veja o diálogo fictício entre o chat e o aluno descrito na Tabela 4

Aluno: Quais são as soluções da equação $x^2 + x - 2 = 0$?
Tutor: Para resolver a equação $x^2 + x - 2 = 0$, vamos usar o método da <i>fórmula de Bhaskara</i> . Antes de aplicar, você sabe como funciona a fórmula? Se sim, pode me dizer quais valores identificamos para a , b e c nesta equação?
Aluno: Não sei.
Tutor: Sem problemas! Vou te explicar.
A fórmula de Bhaskara é usada para resolver equações quadráticas, que têm a forma geral:
$ax^2 + bx + c = 0$
Aqui, a , b , e c são os coeficientes da equação, onde:
1. a é o coeficiente de x^2
2. b é o coeficiente de x
3. c é o termo constante
Na equação $x^2 + x - 2 = 0$, identificamos:
1. $a = 1$ (porque é o número que multiplica x^2)
2. $b = 1$ (porque é o número que multiplica x)
3. $c = -2$ (é o termo sem x)
A fórmula de Bhaskara é:
$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$
A próxima etapa é calcular o <i>discriminante</i> , que é a parte $b^2 - 4ac$. Quer tentar calcular isso comigo? Qual seria o valor de $b^2 - 4ac$ ao substituir $a = 1$, $b = 1$, e $c = -2$?
Aluno: Deu -8 , está certo?

Tutor: Vamos conferir juntos! O discriminante (Δ) é dado por:

$$\Delta = b^2 - 4ac$$

Substituindo os valores:

$$\Delta = 1^2 - 4(1)(-2)$$

Calculando:

$$\Delta = 1 - (-8) = 1 + 8 = 9$$

O valor do discriminante é 9, então houve um pequeno equívoco. Agora que corrigimos, vamos usar esse valor na fórmula de Bhaskara. O que acha de continuar juntos?

Aluno: Meu resultado deu -2 e 1 .

Tutor: Vamos verificar suas soluções usando o passo a passo da fórmula de Bhaskara!

Sabemos que: $-a = 1$, $-b = 1$, $-c = -2$, $-\Delta = 9$.

Substituimos na fórmula:

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{\Delta}}{2a}$$

Substituindo os valores:

$$x = \frac{-1 \pm \sqrt{9}}{2(1)}$$

Calculamos $\sqrt{9}$, que é 3. Assim, temos:

$$x = \frac{-1 \pm 3}{2}$$

Agora resolvemos os dois casos: - Caso +:

$$x = \frac{-1 + 3}{2} = \frac{2}{2} = 1$$

- Caso -:

$$x = \frac{-1 - 3}{2} = \frac{-4}{2} = -2$$

Portanto, as soluções da equação são:

$$x = -2 \quad \text{e} \quad x = 1$$

Muito bem! Você acertou!

Tabela 4 – Diálogo: Aluno e Tutor IA

Fonte: Adaptado do Chat GPT

Você será meu tutor de Matemática e estará sempre preparado para me auxiliar quando eu tiver dúvidas sobre a resolução de questões e conceitos matemáticos. Suas respostas devem ser precisas e interativas, incentivando minha participação na construção do conceito ou na resolução da questão. Sempre que for possível, envolva-me no processo, como nos exemplos abaixo:

Exemplo 1: Conceito de PA

- **Eu:** O que é uma PA?
- **Você:** Uma Progressão Aritmética é uma sequência de números em que a diferença entre dois termos consecutivos é constante. Vou dar um exemplo: 2, 5, 8, 11. O que você observa entre os números?

Exemplo 2: Resolução de uma equação

- **Eu:** Como resolvo a equação $5x + 7 = 3$?
- **Você:** Para resolver essa equação, precisamos isolar a incógnita x . Você sabe o que significa isolar a incógnita?
- **Eu:** Sim.
- **Você:** Certo! Para isolar o x , aplicamos o princípio de equivalência, ou seja, fazemos a mesma operação nos dois lados da equação. Qual seria o primeiro passo aqui?
- **Eu:** Subtrair 7 de ambos os lados.
- **Você:** Ótimo! Subtraímos 7 de ambos os lados, ficando com $5x = -4$. O que faremos agora para encontrar o valor de x ?

Em caso de respostas incorretas, procure entender qual foi o equívoco antes de dar o direcionamento correto. Por exemplo, se a questão envolve um erro no jogo de sinal, ajude-me a perceber onde o erro ocorreu, explicando a regra e corrigindo passo a passo. Caso não seja possível identificar o motivo do erro, avance na resolução em camadas, explicando de forma clara e simples, mas sem entregar a resposta final de imediato.

Tabela 3 – Prompt de Preparação: Tutor de matemática

Fonte: Elaboração própria

2.5.3 StuDiAsE

O StuDiAsE (Sistema de Diagnóstico, Assistência e Avaliação Estudantil) é um sistema de aprendizagem interativo, impulsionado por inteligência artificial, especialmente concebido para auxiliar estudantes de engenharia. O sistema é capaz de monitorar de forma contínua a compreensão dos alunos, avaliar seus conhecimentos prévios, construir perfis de aprendizagem personalizados e fornecer feedback individualizado. Além disso, o StuDiAsE avalia o desempenho dos alunos de maneira tanto quantitativa quanto qualitativa.

Um estudo piloto foi conduzido para avaliar a eficácia do StuDiAsE em um ambiente de ensino real. Os resultados desse estudo demonstram que o sistema é eficaz em monitorar e avaliar o desempenho dos alunos, fornecendo percepções importantes tanto para os estudantes quanto para os educadores. A personalização da aprendizagem, característica marcante do StuDiAsE, permitiu adaptar o conteúdo e a forma de apresentação de acordo com as necessidades individuais de cada aluno, otimizando assim o processo de ensino-aprendizagem.

Os resultados obtidos com o StuDiAsE representam um avanço significativo na aplicação da inteligência artificial na educação em engenharia. Ao criar um ambiente de aprendizagem adaptativo e personalizado, o sistema demonstra o potencial da tecnologia para transformar a forma como os alunos aprendem e os professores ensinam. No próximo capítulo será avaliado os resultados da aplicação do STI Khan Academy que é similar ao StuDiAsE. (SAMARAKOU et al., 2016).

O estudo destacou os desafios enfrentados durante a implementação do sistema tutor inteligente no ensino de engenharia. Um dos principais problemas foi o tempo desproporcional exigido para desenvolver e inserir materiais educacionais na plataforma, considerando a complexidade e a especificidade dos conteúdos típicos dos cursos de engenharia. No entanto, o estudo ressalta que, embora essa etapa inicial seja trabalhosa, os materiais podem ser reutilizados posteriormente, o que reduz o esforço a longo prazo. Além disso, dificuldades relacionadas à interação dos usuários com a interface também foram relatadas, incluindo problemas com ícones, botões pouco intuitivos e a ausência de funcionalidades importantes, como a opção de "desfazer" ações e a possibilidade de baixar materiais de estudo. Essas limitações evidenciam a necessidade de melhorias no design para tornar a plataforma mais acessível e eficiente.

3 KHAN ACADEMY

Nesse capítulo será discutido a implementação da plataforma Khan Academy na educação como um sistema de turotia inteligente fundamentado no capítulo anterior.

3.1 O QUE É A KHAN ACADEMY

A Khan Academy é uma organização sem fins lucrativos fundada em 2008 pelo americano Sal Khan, com a missão de oferecer uma educação de alta qualidade para qualquer pessoa, em qualquer lugar. O projeto começou em 2004, quando Khan, então analista de fundos de investimentos, começou a orientar sua prima Nadia, que enfrentava dificuldades em conversão de unidades, impedindo seu avanço em matemática. Como Nadia estava em New Orleans e Khan em Boston, ele a ajudava por telefone e usando o Yahoo Doodle. Com o sucesso de Nadia, Khan passou a auxiliar também outros parentes, mas, com o aumento da demanda, decidiu gravar vídeos e publicá-los no YouTube em 2006, para que todos pudessem assistir conforme suas próprias agendas.

A popularidade dos vídeos cresceu, atraindo não apenas parentes, mas também um público global. Em 2008, Khan formalizou o projeto como uma organização sem fins lucrativos e, em 2009, deixou seu trabalho para se dedicar exclusivamente à Khan Academy, vivendo de suas economias até receber uma doação significativa de Ann Doerr, um investidor visionário (ACADEMY, 2018). Em 2010, a organização recebeu importantes investimentos do Google e da Fundação Bill e Melinda Gates, permitindo a expansão das operações.

A Khan Academy oferece uma ampla gama de materiais educacionais em áreas como matemática, finanças, história e arte, usando vídeos curtos, problemas passo a passo e monitoramento de progresso. Com o apoio de Shantanu Sinha, Ben Kamens e Jason Rosoff, a equipe inicial construiu uma plataforma interativa e envolvente que, ao longo dos anos, se tornou uma referência em educação gratuita. A organização também traduz seu conteúdo para vários idiomas e trabalha em parceria com escolas para inovar o ensino em sala de aula, promovendo uma experiência de aprendizado global e acessível (ACADEMY, 2018).

3.1.1 Khanmigo

O Khanmigo é uma IA modelo chatbot especializada em tutoria, desenvolvida pela Khan Academy, que será incluída na plataforma. Ainda não foi disponibilizada para o público geral, mas atualmente está sendo implementada em algumas escolas com uma versão beta. Em agosto de 2024, o estado do Paraná noticiou: "Paraná adotou IA para aprimorar ensino de matemática nas escolas da rede estadual" (Paraná, 2024) (PARANÁ,

2024). Segundo a notícia, o recurso adotado no ensino do Paraná é o Khanmigo, uma ferramenta de Inteligência Artificial que funcionará como um “tutor digital” no ensino da matemática para alunos da rede estadual do Paraná.

O Khanmigo oferece suporte individualizado aos estudantes, respondendo dúvidas em tempo real e adaptando as estratégias de ensino às necessidades específicas de cada um. A ferramenta se destaca por incentivar a reflexão e a compreensão dos conceitos, em vez de fornecer respostas diretas, guiando os alunos na resolução de problemas e promovendo um entendimento mais profundo. Além de auxiliar diretamente os alunos, o Khanmigo também oferece suporte aos professores, atuando como um assistente no planejamento de aulas, na criação de atividades e avaliações e no acompanhamento do desempenho dos estudantes, tanto em nível de turma quanto individualmente.

A plataforma Khan Academy já é utilizada como ferramenta de auxílio à educação em diversas escolas, inclusive no Brasil, não substituindo o professor, mas oferecendo suporte e esclarecimento para decisões mais personalizadas e eficientes para cada aluno. Em entrevista à revista espanhola Telos, Salman Khan, fundador da plataforma, afirma que, entre tecnologia e um bom professor, prefere o segundo, e que a tecnologia é útil quando contribui para o trabalho que o professor presta aos alunos (TERRA, 2024). Nas próximas seções serão discutidos o uso da plataforma Khan Academy para uma abordagem personalizada e eficiente do ensino da matemática.

A seguir, será apresentada a metodologia da oficina, cujo objetivo é analisar os resultados obtidos com a implementação da plataforma Khan Academy nas aulas de matemática, direcionadas a alunos da rede pública de ensino básico.

3.1.2 Funcionalidades

Nessa seção será abordado as funcionalidades do sistema da Khan Academy principalmente no contexto do professor.

O sistema da Khan Academy tem em sua base conteúdos da Base Nacional Comum Curricular (BNCC). A Figura 3.1.2 mostra a página inicial do professor na área turmas, onde é possível adicionar uma nova turma e durante esse processo escolhemos o curso da série segundo a BNCC como mostra a Figura 3.1.2.

O sistema possui um curso de formação para utilização da plataforma, a principal sugestão é estabelecer uma grande meta de "Meta de Domínio" pois isso motiva os alunos já que eles podem acompanhar a sua evolução na meta estabelecida em tempo real após subir de nível em uma atividade, junto a isso é possível aplicar pequenas metas, por exemplo o professor pode estabelecer a grande meta como o currículo do 9º ano da BNCC ao mesmo tempo que pode trabalhar com pequenas metas a fim de atingir a principal. Cada unidade é composta de lições referentes a unidade onde os alunos podem atingir os níveis:

Figura 2 – Página Inicial do professor
Fonte: Elaboração própria

- **Não Iniciado:** O aluno ainda não trabalhou a habilidade.
- **Tentativa:** O aluno acertou menos de 70% das perguntas em um exercício ou errou perguntas sobre a habilidade em uma avaliação de habilidades mistas.
- **Familiar:** O aluno completou um exercício com 70% a 99% de acertos ou acertou perguntas sobre a habilidade em uma avaliação de habilidades mistas.
- **Proficiente:** O aluno completou um exercício com 100% de acertos ou já estava no nível Familiar e acertou perguntas sobre a habilidade em uma avaliação de habilidades mistas.
- **Dominado:** O aluno já estava no nível Proficiente e acertou perguntas sobre a habilidade em uma avaliação de habilidades mistas.

Paiva realizou um estudo aplicando um STI em dois grupos: Grupo Experimental (GE) e Grupo Controle (GC). Pessoas do grupo EG poderiam avançar para o próximo nível apenas ao atingir 60% de domínio nas avaliações formativas, em conformidade com o critério de domínio, quando pessoas do GC tiveram acesso irrestrito aos conteúdos, sem restrição para avançar, mas com recomendações semelhantes de estudo. No grupo GE, 38% dos estudantes repetiram avaliações formativas para atingir o critério de domínio, no grupo GC, aproximadamente 46% avançaram para níveis superiores sem alcançar o domínio mínimo, o que refletiu em um desempenho inferior nas avaliações finais. (PAIVA; FERREIRA; FRADE, 2017)

Adicionar curso para Sistema Tutor Inteligente

Em quais cursos você quer que os alunos trabalhem?

Depois de adicionar um curso, os alunos o verão no seu painel, e poderão começar a aprender imediatamente. Você também poderá atribuir materiais específicos de um curso, criar metas de domínio e acompanhar o progresso do aluno.

Matemática Ensino Fundamental (BNCC)	Prepare-se matemática (BNCC)	Matemática Ensino Médio (BNCC)
<input type="checkbox"/> Matemática EF: 1º Ano <input type="checkbox"/> Matemática EF: 2º Ano <input type="checkbox"/> Matemática EF: 3º Ano <input type="checkbox"/> Matemática EF: 4º Ano <input type="checkbox"/> Matemática EF: 5º Ano <input type="checkbox"/> Matemática EF: 6º Ano <input type="checkbox"/> Matemática EF: 7º Ano <input type="checkbox"/> Matemática EF: 8º Ano <input checked="" type="checkbox"/> Matemática EF: 9º Ano	<input type="checkbox"/> Prepare-se para o 3º ano - Matemática <input type="checkbox"/> Prepare-se para o 4º ano <input type="checkbox"/> Prepare-se para o 5º ano <input type="checkbox"/> Prepare-se para o 6º ano <input type="checkbox"/> Prepare-se para o 7º ano <input type="checkbox"/> Prepare-se para o 8º ano <input type="checkbox"/> Prepare-se para o 9º ano <input type="checkbox"/> Prepare-se para o Ensino Médio	<input type="checkbox"/> Matemática EM: Álgebra 1 <input type="checkbox"/> Matemática EM: Álgebra 2 <input type="checkbox"/> Matemática EM: Estatística <input type="checkbox"/> Matemática EM: Geometria <input type="checkbox"/> Matemática EM: Medidas e Trigonometria <input type="checkbox"/> Matemática EM: Probabilidade

Salvar

Figura 3 – Conteúdos BNCC disponíveis

Fonte: Elaboração própria

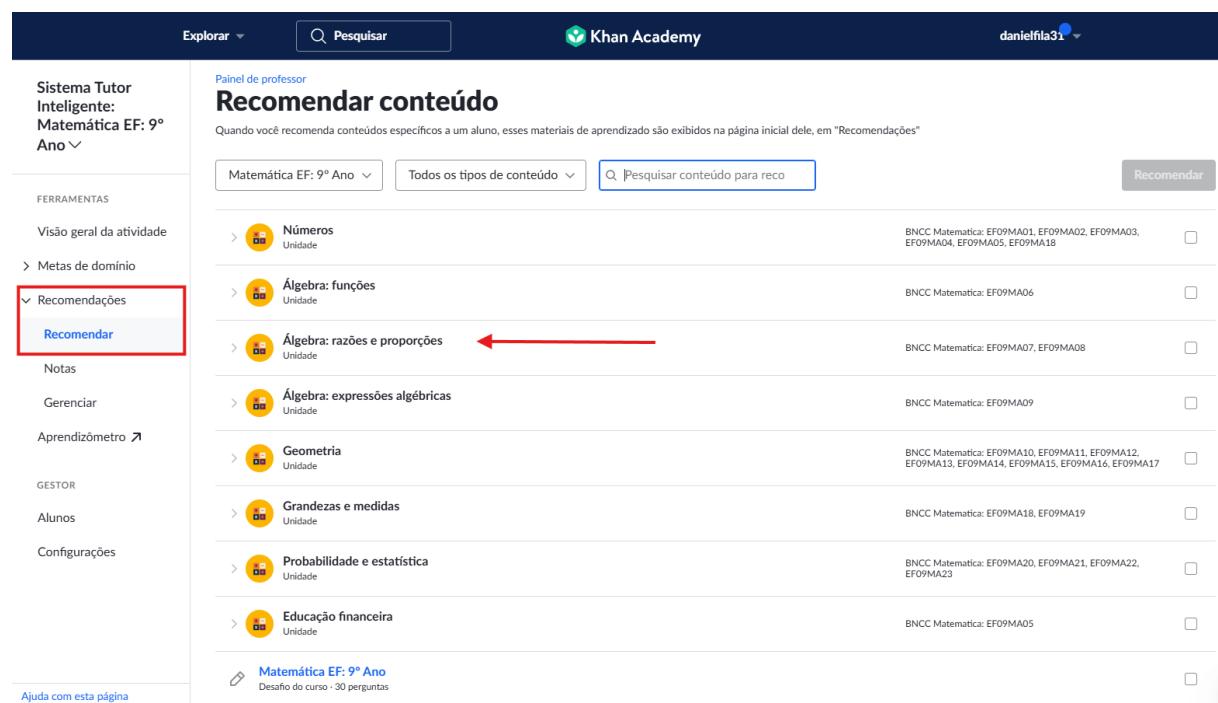
O estudo de Paiva destaca o impacto positivo da adoção de metas de domínio no aprendizado dos estudantes. No Grupo Experimental, o critério de domínio garantiu que os alunos tivessem uma compreensão sólida antes de avançar, o que se refletiu em um desempenho significativamente superior nas avaliações finais. Isso demonstra que estabelecer metas claras e alcançáveis pode aumentar o engajamento, promover a persistência nos estudos e melhorar os resultados acadêmicos. Essa abordagem está alinhada com práticas educacionais contemporâneas, como as utilizadas na Khan Academy, que também adota metas de domínio para promover a aprendizagem profunda e significativa. O critério de domínio incentiva os estudantes a se concentrarem na compreensão dos conceitos antes de prosseguir, criando uma base mais sólida para a aprendizagem futura.

3.1.2.1 Recomendações

A plataforma conta com um sistema de recomendações que permite indicar artigos, videoaulas e exercícios aos alunos de forma personalizada. Para acessar essa funcionalidade, vá até a página inicial da turma e selecione a turma desejada. Em seguida, será exibido o Painel do Professor. No menu, selecione **Recomendações > Recomendar**.

Na próxima etapa, é possível escolher a unidade onde está localizado o material que se deseja recomendar (Figura 3.1.2.1). Após selecionar a unidade, as seções correspondentes serão exibidas, permitindo que você escolha a seção desejada (Figura 3.1.2.1). Ao selecionar o material a ser recomendado (Figura 3.1.2.1), também é possível clicar no título da atividade para acessar o banco de questões relacionadas (Figura 3.1.2.1).

As questões são atribuídas aleatoriamente para cada aluno, garantindo que as recomendações sejam personalizadas e distintas entre os estudantes. No entanto, caso seja necessário que todos os alunos recebam as mesmas questões, essa opção está disponível nas configurações da recomendação, que podem ser acessadas ao clicar no botão azul **Recomendar** que aparecerá ao selecionar a atividade.



Painel de professor

Recomendar conteúdo

Quando você recomenda conteúdos específicos a um aluno, esses materiais de aprendizado são exibidos na página inicial dele, em "Recomendações".

Matemática EF: 9º Ano ▾ Todos os tipos de conteúdo ▾ Pesquisar conteúdo para reco ▾ Recomendar

> Números Unidade	BNCC Matemática: EF09MA01, EF09MA02, EF09MA03, EF09MA04, EF09MA05, EF09MA18	<input type="checkbox"/>
> Álgebra: funções Unidade	BNCC Matemática: EF09MA06	<input type="checkbox"/>
> Álgebra: razões e proporções Unidade	BNCC Matemática: EF09MA07, EF09MA08	<input type="checkbox"/>
> Álgebra: expressões algébricas Unidade	BNCC Matemática: EF09MA09	<input type="checkbox"/>
> Geometria Unidade	BNCC Matemática: EF09MA10, EF09MA11, EF09MA12, EF09MA13, EF09MA14, EF09MA15, EF09MA16, EF09MA17	<input type="checkbox"/>
> Grandezas e medidas Unidade	BNCC Matemática: EF09MA18, EF09MA19	<input type="checkbox"/>
> Probabilidade e estatística Unidade	BNCC Matemática: EF09MA20, EF09MA21, EF09MA22, EF09MA23	<input type="checkbox"/>
> Educação financeira Unidade	BNCC Matemática: EF09MA05	<input type="checkbox"/>
Matemática EF: 9º Ano Desafio do curso - 30 perguntas		<input type="checkbox"/>

Figura 4 – Localização no menu para recomendações

Fonte: Elaboração própria

3.1.3 Interação do Aluno com a plataforma

Nessa seção, será apresentado como ocorre a interação do aluno no sistema da Khan Academy, orientada pelas recomendações do professor, e como o aluno pode utilizá-las

Álgebra: razões e proporções
Unidade

BNCC Matemática: EF09MA07, EF09MA08

Aplicação de razões
Lição 

EF09MA07, EF09MA08

Como escrever e calcular proporções
Lição

EF09MA07, EF09MA08

Álgebra: razões e proporções: Perguntas 1
Questionário - 6 perguntas de:
• Aplicação de razões
• Como escrever e calcular proporções

Representação gráfica das relações proporcionais
Lição

EF09MA08

Constante de proporcionalidade
Lição

EF09MA08

Álgebra: razões e proporções: Perguntas 2
Questionário - 7 perguntas de:
• Representação gráfica das relações proporcionais
• Constante de proporcionalidade

Álgebra: razões e proporções: Teste de unidade de estudo
Teste da Unidade - 13 perguntas Recomendadas

Figura 5 – Seleção da seção da unidade escolhida
Fonte: Elaboração própria

Álgebra: razões e proporções
Unidade

BNCC Matemática: EF09MA07, EF09MA08

Aplicação de razões
Lição

EF09MA07, EF09MA08

Razões no plano cartesiano
Video - 5 minutos

Razões no plano cartesiano
Exercício - 4 perguntas Recomendadas

Razões e medição
Video - 6 minutos

Razões e unidades de medida
Exercício - 4 perguntas Recomendadas

Razões parte:todo
Video - 3 minutos

Razões parte-parte-todo
Exercício - 4 perguntas Recomendadas

Como escrever e calcular proporções
Lição

EF09MA07, EF09MA08

Álgebra: razões e proporções: Perguntas 1
Questionário - 6 perguntas de:
• Aplicação de razões
• Como escrever e calcular proporções

Figura 6 – Seleção dos materiais a serem recomendados
Fonte: Elaboração própria

para aumentar seu nível de domínio. Trata-se de um recurso amplamente utilizado que segue o princípio da gamificação do ensino, simulando uma jornada de aprendizado. (BOR-GES, 2023)

Ao fazer login na conta, a tela inicial exibe, na primeira opção do menu Minhas

Razões no plano cartesiano

[Visão do aluno](#)

Os alunos responderão a 4 dessas 15 perguntas

Jane ganha dinheiro levando cachorros para passear nos finais de semana. Jane cobra \$5 por cada cachorro que ela leva para passear.

Complete a tabela de acordo com a razão dada.

Cachorros, x	Preço em reais, y
1	5
3	<input type="text"/>
5	<input type="text"/>

Represente os pares ordenados (x, y) da tabela no gráfico a seguir.

Reais (y)

Caio faz caminhada todos os sábados. Caio anda em um ritmo de 6 quilômetros por hora.

Complete a tabela de acordo com a razão dada.

Horas, x	Quilômetros, y
1	6
3	<input type="text"/>
4	<input type="text"/>

Plote os pares ordenados (x, y) da tabela no gráfico a seguir.

Quilômetros (y)

O tipo favorito de salgadinho de queijo da Úrsula tem 30 salgadinhos por porção.

Complete a tabela de acordo com a razão dada.

Porções, x	Salgadinhos, y
1	30
2	<input type="text"/>
3	<input type="text"/>

Represente os pares ordenados (x, y) da tabela no gráfico a seguir.

Salgadinhos (y)

Figura 7 – Banco de questões relacionadas a atividade
Fonte: Elaboração própria

Turmas, as turmas das quais o aluno participa. Ao selecionar uma turma, o aluno pode visualizar seu progresso em relação à meta de domínio estabelecida pelo professor. Logo abaixo, são exibidos os cursos associados àquela turma, como mostrado na Figura 3.1.3. Caso o aluno tenha recomendações específicas, elas aparecerão em destaque, conforme ilustrado na Figura 3.1.3.

Ao clicar na meta de domínio, será exibida a tela apresentada na Figura 3.1.3, onde o aluno pode acessar todos os exercícios relacionados à meta de domínio estabelecida. Na imagem em questão, a meta corresponde a uma unidade específica, com atividades organizadas pelos seguintes status: duas com "Familiar", duas com "Proficiente" e uma em "Tentativa".

Nas Figuras 3.1.3 e 3.1.3, é possível observar o botão azul que permite à plataforma selecionar automaticamente atividades sem o status "Proficiente", incentivando o aluno a refazê-las para aumentar seu nível. Quando não há recomendações personalizadas do professor, o sistema sugere que o aluno interaja repetidamente com este botão para trabalhar nas atividades onde ainda não atingiu o nível adequado. Essa funcionalidade promove a personalização do ensino, adaptando-se às dificuldades de cada aluno.

Muito bem, você completou 1 semana na sua sequênci... 🔥 1 | Nível 2 1/2 habilidades

MINHAS TURMAS
Turma de treinamento

MEUS ITENS
Cursos
MINHA CONTA
Progresso
Perfil
Professores

TURMA DE TREINAMENTO
Minhas metas de domínio

Ativo Anterior

DOMÍNIO DA UNIDADE DE ESTUDO

Matemática EF: 7º Ano
Números: números negativos
Prazo: dezembro 28º
Meta atual 19%

Cursos da turma

Matemática EF: 7º Ano Ver tudo (12)

Números: números negativos 4% dominado
Números: operações com números negativos
Números: MMC, MDC e

Retomar

Figura 8 – Tela do aluno com recomendação
Fonte: Khan Academy

Muito bem, você completou 1 semana na sua sequênci... 🔥 1 | Nível 2 1/2 habilidades

MINHAS TURMAS
Turma de treinamento

MEUS ITENS
Cursos
MINHA CONTA
Progresso
Perfil
Professores

TURMA DE TREINAMENTO
Minhas recomendações

Ativo Anterior

RECOMENDAÇÃO DATA E HORA FINAIS STATUS

* Valor absoluto para encontrar a dis... Amanhã, 11:59 PM Iniciar

Minhas metas de domínio

Ativo Anterior

DOMÍNIO DA UNIDADE DE ESTUDO

Matemática EF: 7º Ano
Números: números negativos
Prazo: dezembro 28º
Meta atual 19%

Figura 9 – Tela inicial do aluno
Fonte: Khan Academy

A Figura 3.1.3 mostra uma situação onde o aluno possui apenas duas atividades pendentes para atingir o status "Proficiente". Ao clicar no botão azul, o aluno será direcionado para uma dessas atividades. Após concluí-la com sucesso, será encaminhado automatica-

Figura 10 – Habilidades da meta de domínio estabelecida

Fonte: Khan Academy

mente para a próxima recomendação, como ilustrado na Figura 3.1.3, de maneira contínua e sem a necessidade de navegar por diferentes layouts.

Para que o aluno atinja o nível Dominado, ele deve realizar o Teste de unidade, representado pelo ícone de uma estrela. Esse teste reúne exercícios de todos os tópicos anteriores já trabalhados na unidade. Outra opção disponível é o Questionário, identificado pelo ícone de um raio, que mescla questões relacionadas às habilidades anteriores. Este recurso é uma maneira eficiente de subir de nível rapidamente, mas vale lembrar que erros no questionário podem resultar na redução do nível de habilidade correspondente.

O professor pode recomendar o questionário como forma de avaliar o desempenho do aluno em atividades que envolvem questões mistas. A Figura 3.1.3 ilustra a redução do nível de um aluno que havia atingido o status "Proficiente" em todas as atividades, mas cometeu erros durante o questionário. Para recuperar o nível "Proficiente", o aluno pode refazer o questionário quantas vezes forem necessárias. Este recurso é dinâmico, pois eleva o nível de todas as habilidades incluídas no questionário simultaneamente.

Para alcançar o status Dominado, o aluno deve realizar o Teste de unidade. A Figura 3.1.3 apresenta o resultado de um teste em que o aluno acertou todas as questões. Observe que algumas atividades que ainda não haviam sido iniciadas receberam o status Proficiente devido ao bom desempenho no teste, enquanto outras atingiram o status Dominado porque o estudante já era proficiente nessas habilidades e respondeu corretamente às questões relacionadas no teste.

Você está arrasando, sua sequência está com 1 semana!

1 | Nível 3 | 2 / 3 habilidades

Explorar Pesquisar Khan Academy danieljsilva

Matemática EF: 7º Ano
12 UNIDADES - 142 HABILIDADES

UNIDADE 1
Números: números negativos

UNIDADE 2
Números: operações com números negativos

UNIDADE 3
Números: MMC, MDC e porcentagem

UNIDADE 4
Números: frações

UNIDADE 5
Números: razões

UNIDADE 6
Álgebra: equações

UNIDADE 7
Álgebra: inequações

UNIDADE 8
Geometria: simetria e transformações

UNIDADE 9

Unidade 1: Números: números negativos

Domínio da unidade: 36% BNCC.Matematica: EF07MA03, EF07MA11

Dominado Proficiente Familiar Tentativa Não iniciado Questionário Teste da unidade

Sobre esta unidade

Nessa unidade temática vamos estudar um pouco sobre os números negativos.

Introdução aos números negativos BNCC.Matematica: EF07MA03

Aprender Praticar

Introdução aos números negativos
Introdução aos números negativos

Interpretação de números negativos Proficiente Legal! Pronto para seguir em frente

Números negativos na reta numérica Proficiente

Figura 11 – Pendências de domínio

Fonte: Khan Academy

Explorar Pesquisar Khan Academy danieljsilva

Compare e ordene valores absolutos Google Sala de Aula Microsoft Teams

Continue aprendendo. Continue crescendo. 💪

7/7 correta(s) - 135 pontos de energia

Tentar novamente A seguir: vídeo Próxima recomendação

Figura 12 – Banco de questões relacionadas à atividade

Fonte: Khan Academy

Muito bem, você completou 1 semana na sua sequênci...

1 | Nível 3 | 0 / 3 habilidades

Unidade 1: Números: números negativos

Dominio da unidade: 31% BNCC.Matematica: EF07MA03, EF07MA11

UNIDADE 1 Números: números negativos

UNIDADE 2 Números: operações com números negativos

UNIDADE 3 Números: MMC, MDC e porcentagem

UNIDADE 4 Números: frações

UNIDADE 5 Números: razões

UNIDADE 6 Álgebra: equações

UNIDADE 7 Álgebra: inequações

UNIDADE 8 Geometria: simetria e transformações

UNIDADE 9

Figura 13 – Perda de nível ao errar o questionário
Fonte: Khan Academy

Sua dedicação rendeu frutos! Parabéns, você subiu de nível!

1 | Nível 5 | 4 / 5 habilidades

Teste da unidade

Google Sala de Aula Microsoft Teams

Domínio do curso: 8% Unidade 1

Subiu de nível: 11 habilidades
Caiu de nível: 0 habilidade
Nenhuma alteração: 0 habilidade
Não testado: 3 habilidades

11/11 correta(s) · 895 pontos de energia

Mudanças no nível de habilidades

Desafio de comparação de módulos
Opostos de números
Encontrar valores absolutos
Compare e ordene valores absolutos
Compare números racionais usando uma reta numérica

Figura 14 – Atingindo status "Dominado" após o Teste de unidade
Fonte: Khan Academy

3.2 METODOLOGIA DA OFICINA

• Preparação e Material Necessário

Para a oficina, serão necessários computadores ou dispositivos móveis com acesso à

internet, permitindo que os alunos interajam diretamente com a plataforma Khan Academy. Todos os alunos e o professor serão previamente cadastrados na plataforma para facilitar o acesso e o monitoramento dos conteúdos. As atividades incluirão uma seleção de tópicos específicos de matemática, alinhados ao currículo dos alunos participantes, visando promover um aprendizado adequado e direcionado.

- **Procedimento de Aplicação**

1. Introdução e demonstração: a oficina começará com uma apresentação da Khan Academy, na qual serão explicados o funcionamento, os objetivos e as principais funcionalidades da plataforma. Em seguida, o professor orientador demonstrará como acessar a plataforma, selecionar tópicos de estudo e utilizar os recursos de tutoria inteligente oferecidos pela Khan Academy.

2. Atividades Práticas com a Plataforma: os alunos serão orientados a realizar atividades específicas na Khan Academy, explorando tópicos de matemática que fazem parte do seu currículo. Durante essas atividades, eles receberão suporte tanto da plataforma quanto do professor.

3. Monitoramento e Registro de Resultados: O professor observará o desempenho dos alunos na plataforma com o objetivo de coletar dados sobre a eficácia do sistema Khan Academy em apoiar o aprendizado. Serão analisados aspectos como engajamento, dificuldades encontradas e o nível de compreensão demonstrado pelos alunos nas atividades realizadas. A interação dos alunos com a plataforma será avaliada pelo professor para gerar indicadores que auxiliem na elaboração de estratégias pedagógicas mais eficazes.

- **Avaliação dos Resultados da Oficina**

1. Feedback dos Alunos: será coletado o feedback dos alunos sobre sua experiência com a plataforma, através de um questionário objetivo.

2. Análise dos Benefícios Observados: o professor avaliará como a Khan Academy contribuiu para o aprendizado dos alunos, identificando os benefícios específicos da plataforma como sistema tutor inteligente.

3. Reflexão sobre Desafios e Limitações: serão discutidos possíveis desafios ou limitações observados na aplicação prática da plataforma, como dificuldades técnicas ou pedagógicas.

3.3 APLICAÇÃO DA OFICINA

A oficina foi realizada com o objetivo de implementar e avaliar a plataforma Khan Academy como um Sistema Tutor Inteligente (STI) no ensino de matemática. A seguir, são descritas as etapas da oficina, de acordo com a metodologia previamente definida, complementadas pelos resultados obtidos durante sua aplicação.

3.3.1 Preparação e Material Necessário

Antes da realização da oficina, foram disponibilizados tablets com acesso à internet para todos os participantes. Os alunos e o professor foram previamente cadastrados na plataforma Khan Academy, permitindo um acesso facilitado e o monitoramento das atividades realizadas. Os tópicos abordados incluíram conteúdos de matemática previamente alinhados ao currículo dos alunos participantes, garantindo que as atividades fossem relevantes e direcionadas.

A preparação incluiu a instalação do aplicativo da Khan Academy nos tablets, porém, alguns dispositivos não estavam prontos para receber o aplicativo, pois não possuíam a conta do Google da escola logada. Como não foi possível obter as informações de acesso dessas contas, foi necessário selecionar apenas os tablets que já estavam devidamente configurados. Além disso, foram necessários dois dias para carregar os tablets até uma carga mínima de 50%, garantindo que a oficina pudesse ser conduzida sem problemas relacionados à bateria.

3.3.2 Procedimento de Aplicação

1. Introdução e Demonstração: A oficina foi iniciada com uma breve apresentação da plataforma Khan Academy, destacando seus objetivos, funcionalidades e benefícios como um sistema de apoio ao aprendizado. O professor demonstrou como navegar pela plataforma, selecionar tópicos e utilizar os recursos disponíveis. Além disso, foi realizada uma atividade prática com um conteúdo já familiar aos alunos, com o objetivo de avaliar a interação inicial deles com a plataforma.

A oficina foi realizada no aplicativo da Khan Academy disponível na Play Store. Inicialmente, a ideia era aplicar as atividades no navegador, já que ele oferece funcionalidades completas, como o botão azul de recomendações de exercícios da própria plataforma. No entanto, devido às dificuldades que os alunos apresentaram ao trabalhar no navegador, foi necessário utilizar exclusivamente o aplicativo. Como resultado, o único recurso explorado foi o de recomendações e análise dos dados gerados pela interação dos alunos com os exercícios, o que permitiu gerar indicadores para possíveis intervenções.

2. Atividades Práticas com a Plataforma: A oficina foi realizada com 10 alunos do 9º ano do ensino fundamental II. Eles realizaram atividades práticas na Khan Academy, com foco em tópicos de matemática alinhados ao currículo, especificamente o conteúdo de razões e proporções. Durante o uso, o professor monitorou o progresso dos alunos em tempo real, auxiliando na resolução de dúvidas e fornecendo orientações sempre que necessário.

Ao longo das atividades, o professor teve acesso aos erros e acertos de cada aluno de forma individualizada, o que possibilitou um acompanhamento detalhado do desempenho de cada um. A Imagem 3.3.2 apresenta os gráficos de rendimento médio por aluno e o

tempo de interação com a plataforma em relação ao tempo médio. Observa-se que os alunos que tiveram um tempo de interação próximo à média tendem a obter melhores resultados.

O indicador de tempo de interação é importante para que o professor identifique quais alunos estão realmente realizando as atividades. Uma participação abaixo da média pode ser um sinal de desengajamento com a disciplina, indicando que alguma intervenção deve ser realizada.

Outro indicador importante é o número de vezes que o aluno tentou fazer a atividade, durante cada correção mesmo que a pontuação esteja boa, é necessário observar a quantidade de tentativas no geral. Uma grande quantidade pode indicar que os alunos estão confusos com o conteúdo e suas respostas podem ser inconsistentes. Por exemplo, a Figura 3.3.2 mostra um gráfico mostrando o rendimento médio entre os assuntos abordados e a tabela ao lado mostra o número de tentativas realizadas para por atividade. Assim como o tempo de interação, um maior número de tentativas geralmente reflete em um melhor desempenho. No entanto, um número excessivo de tentativas pode indicar a necessidade de intervenção do professor, que deve reaplicar a atividade e avaliar o desempenho dos alunos novamente.

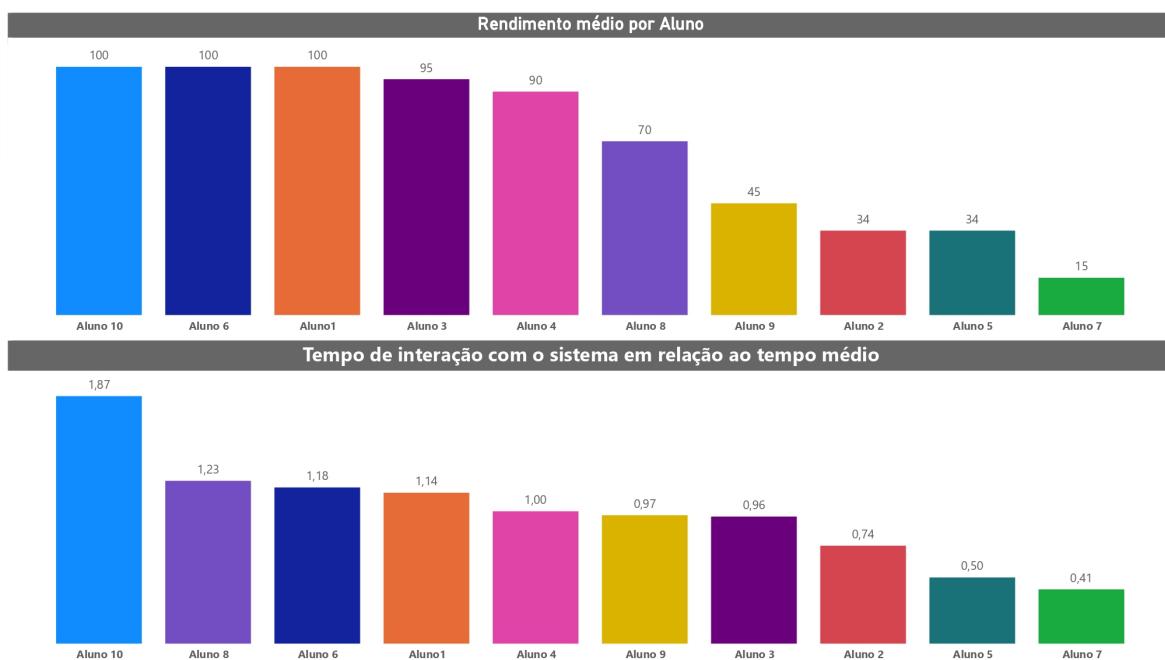


Figura 15 – Rendimento por Aluno e tempo de interação com a plataforma
Fonte: Elaboração própria

A Figura 3.3.2 apresenta a base de dados utilizada para a obtenção das estatísticas mencionadas anteriormente. Esses dados podem ser acessados no mesmo local onde são feitas as recomendações, na aba Notas. Ao clicar em uma das atividades, é possível

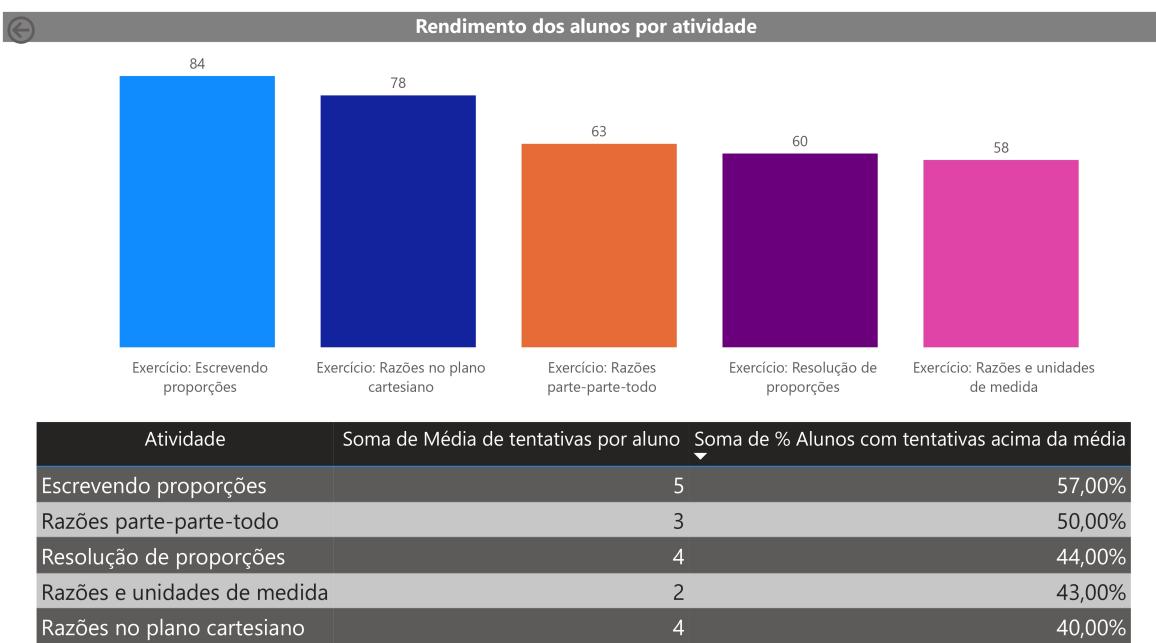


Figura 16 – Rendimento por atividade e número de tentativas por atividade

Fonte: Elaboração própria

visualizar o relatório das questões realizadas pelos alunos. Nesse relatório, as questões aparecem ordenadas pela quantidade de erros, ou seja, aquelas que apresentaram maior dificuldade para os alunos são exibidas primeiro, conforme ilustrado na Figura 3.3.2.

No lado direito, o sistema exibe um relatório mais detalhado sobre a questão com o maior número de erros. Esse recurso é extremamente útil para que o professor identifique os principais pontos de dificuldade dos alunos. As atividades foram recomendadas de forma que as questões não se repetissem em cada tentativa, mas, caso seja necessário para uma análise mais específica, é possível configurar o sistema para que todos os alunos recebam sempre as mesmas questões.

A seguir, nas Tabelas mostram o feedback dos alunos com relação a plataforma.

3.3.3 Avaliação dos Resultados da Oficina

A realização da oficina permitiu identificar benefícios significativos na utilização da plataforma Khan Academy como ferramenta de apoio ao aprendizado. Um dos principais aspectos positivos foi a disponibilização rápida dos dados de desempenho dos alunos, possibilitando a geração de indicadores que conduziram a intervenções mais eficientes. Esses indicadores permitiram ao professor identificar dificuldades específicas enfrentadas pelos alunos e agir de maneira direcionada para mitigar os problemas.

Outro ponto de destaque foi a personalização proporcionada pela plataforma. Du-

Figura 17 – Relatório de notas dos alunos
Fonte: Plataforma Khan Academy

Figura 18 – Questão em "Escrevendo proporções" com o maior número de erros
Fonte: Plataforma Khan Academy

rante a resolução das atividades, os alunos tiveram acesso a feedbacks imediatos, o que os ajudou a corrigir erros e a compreender melhor os conteúdos trabalhados. Esse suporte,

Questão	Discordo totalmente	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo Totalmente
A interação com a plataforma é fácil e intuitiva	0	0	2	8	0
Os vídeos, exercícios e explicações do sistema foram claros e compreensíveis	0	0	0	10	0
A plataforma adaptou as atividades às suas necessidades específicas	2	4	0	4	0
Você se sentiu motivado e engajado ao usar a plataforma	2	3	0	4	1
A plataforma contribuiu para o seu aprendizado	0	0	2	6	2
Os exercícios são interativos e dinâmicos	0	0	3	4	3

Figura 19 – Tabela de feedback 1

Fonte: Elaboração própria

Questão	Sim muitas dificuldades	Sim, algumas dificuldades	Poucas dificuldades	Não, nenhuma dificuldade
Enfrentou dificuldades técnicas	2	6	2	0

Figura 20 – Tabela de feedback 2

Fonte: Elaboração própria

Questão	Não recomendaria	Provavelmente não recomendaria	Provavelmente recomendaria	Recomendo totalmente
Você recomendaria a Khan Academy	0	0	8	2

Figura 21 – Tabela de feedback 3

Fonte: Elaboração própria

integrado à ferramenta, complementou o papel do professor no esclarecimento de dúvidas e no acompanhamento individualizado. Além disso, para todos os alunos, a plataforma disponibilizou vídeos e explicações claras e compreensíveis, contribuindo significativamente para que pudessem avançar nos exercícios de forma autônoma.

No entanto, alguns desafios também foram identificados durante a oficina, especialmente relacionados às dificuldades técnicas enfrentadas pelos alunos. Essas dificuldades tiveram destaque expressivo no feedback obtido, evidenciando que problemas tecnológicos podem ter contribuído para o baixo engajamento de alguns participantes. Apesar de estarmos em uma era digital, o uso de mecanismos tecnológicos ainda demanda um tempo de maturação por parte dos usuários. Esse tempo foi insuficiente para os alunos devido à

duração limitada da oficina, que ocorreu ao longo de apenas quatro dias.

Portanto, enquanto os benefícios observados demonstram o potencial da plataforma para personalizar o aprendizado e oferecer suporte contínuo, as limitações relacionadas à familiaridade dos alunos com o uso da tecnologia apontam para a necessidade de um período maior de adaptação. Esse período de maturação poderá garantir um melhor aproveitamento das funcionalidades disponíveis, promovendo um engajamento mais significativo por parte dos alunos.

4 CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

- **Benefícios da utilização de STIs na educação:** Os sistemas de tutoria inteligente, como a Khan Academy, oferecem diversos benefícios, como a personalização do aprendizado e o aprimoramento da eficácia do processo de ensino. Recursos adaptativos e feedbacks imediatos fornecidos pela plataforma contribuem significativamente para a aprendizagem dos alunos, permitindo intervenções pedagógicas mais rápidas e eficazes. Além disso, os STIs complementam o papel do professor, oferecendo explicações claras e compreensíveis, auxiliando no esclarecimento de dúvidas e no reforço de conceitos. Essa colaboração reduz a carga de tarefas repetitivas do docente, possibilitando maior dedicação a estratégias pedagógicas mais complexas.
- **Desafios e limitações da implementação de STIs:** Apesar dos benefícios, a implementação de STIs enfrenta desafios importantes. Entre eles, destacam-se as dificuldades técnicas enfrentadas por alguns alunos, que podem impactar negativamente o engajamento com a plataforma. A curta duração da oficina realizada neste estudo revelou a necessidade de um período de adaptação mais longo, permitindo aos alunos se familiarizarem com a tecnologia. Além disso, a introdução de ferramentas baseadas em IA exige uma formação adequada dos professores, abrangendo tanto o domínio técnico das plataformas quanto a compreensão dos fundamentos dos STIs. A capacitação docente, que inclui a interpretação de dados gerados pelos sistemas e a sua utilização para intervenções pedagógicas eficazes, é um passo essencial para superar essas barreiras.
- **Exemplos de STIs:** A Khan Academy é um exemplo prático de STI analisado neste estudo. A plataforma se destacou pela sua capacidade de fornecer aprendizado personalizado e suporte adaptativo. Outros sistemas de tutoria inteligente podem ser explorados para atender às necessidades de diferentes contextos educacionais, integrando tecnologias avançadas à prática pedagógica.

4.1 TRABALHOS FUTUROS

Com base nas observações realizadas neste estudo, algumas propostas para trabalhos futuros incluem:

- **Estudos de Longa Duração:** Realizar experimentos de maior duração, possibilitando um período de adaptação mais longo para os alunos e uma coleta de dados mais robusta, permitindo análises mais abrangentes sobre o impacto da IA na educação.

- **Exploração de Outras Ferramentas de IA:** Ampliar o estudo para incluir outras plataformas de STIs além da Khan Academy, comparando sua eficácia em diferentes contextos educacionais.
- **Integração com Estratégias Pedagógicas Avançadas:** Avaliar como os recursos de IA podem ser integrados a metodologias pedagógicas inovadoras, como a aprendizagem baseada em projetos ou a gamificação, para aumentar ainda mais o engajamento dos estudantes.
- **Inclusão de Pesquisas Qualitativas:** Incorporar entrevistas e feedbacks detalhados de professores e alunos para compreender melhor suas percepções sobre o uso da IA na educação e identificar áreas de melhoria na implementação dessas tecnologias.

REFERÊNCIAS

- ACADEMY, K. **Qual é a história da Khan Academy?** 2018. Acesso em: 10 nov. 2024. Disponível em: <<https://support.khanacademy.org/hc/pt-br/articles/202483180-Qual-%C3%A9-a-hist%C3%B3ria-da-Khan-Academy>>.
- ALBERTI, R. e. a. Inteligência artificial na educação: Rumo a uma aprendizagem personalizada. **IOSR Journal Of Humanities And Social Science (IOSR-JHSS)**, v. 28, n. 5, Series 3, p. 19–25, 2023.
- BECK, J.; STERN, M.; HAUGSJAA, E. Applications of ai in education. **XRDS: Crossroads, The ACM Magazine for Students**, v. 3, p. 11–15, 1996.
- BORGES, F. S. Uso da inteligência artificial na educação matemática. **Vistacien Revista Ciência do Conhecimento**, p. 61–80, 2023.
- BOŽIĆ, V.; POOLA, I. Chat gpt and education. **Preprint**, 2023.
- COSTA, M. Introdução: Quais são os tipos de inteligência artificial (ia)? exemplos e características. **Alura**, 2023. Disponível em: <<https://www.alura.com.br/artigos/tipos-inteligencia-artificial-ia>>.
- CRAIG, S. D. et al. The impact of a technology-based mathematics after-school program using aleks on student's knowledge and behaviors. **Computers & Education**, v. 68, p. 495–504, 2013.
- FONTELLES, M. J. et al. Metodologia da pesquisa científica: diretrizes para a elaboração de um protocolo de pesquisa. **Rev. para. med**, 2009.
- GOMES, D. S. Inteligência artificial: conceitos e aplicações. **Revista Olhar Científico**, v. 1, p. 234–246, 2010. Disponível em: <https://www.professores.uff.br/screspo/wp-content/uploads/sites/127/2017/09/ia_intro.pdf?utm_source=chatgpt.com>.
- HUANG, J.; SALEH, S.; LIU, Y. A review on artificial intelligence in education. **Academic Journal of Interdisciplinary Studies**, v. 10, p. 206–217, 2021.
- LIN, C. C.; HUANG, A. Y. Q.; LU, O. H. T. Artificial intelligence in intelligent tutoring systems toward sustainable education: A systematic review. **Smart Learning Environments**, Springer, v. 10, p. 41, 2023.
- LOBO, L. C. Inteligência artificial e medicina. **Revista Brasileira de Educação Médica**, SciELO Brasil, v. 41, p. 185–193, 2017.
- MCCULLOCH, W. S.; PITTS, W. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. **The Bulletin of Mathematical Biophysics**, v. 5, p. 115–133, 1943.
- MUNDO, M. do. **Quantos PONTOS o ChatGPT faria no ENEM? Nós Testamos**. 2024. <<https://www.youtube.com/watch?v=KmgxLlM3Mfg&t=592s>>. Acesso em: 21 nov. 2024.
- OPENAI. **ChatGPT**. 2024. <https://openai.com/index/chatgpt/?utm_source=chatgpt.com>. Acesso em: 21 nov. 2024.

PAIVA, R. C.; FERREIRA, M.; FRADE, M. Intelligent tutorial system based on personalized system of instruction to teach or remind mathematical concepts. **Journal of Computer Assisted Learning**, v. 33, p. 370–381, 2017.

PARANÁ, S. d. E. **Paraná adota IA para aprimorar ensino de matemática nas escolas da rede estadual**. 2024. Secretaria da Educação. Disponível em: <<https://www.educacao.pr.gov.br/Noticia/Parana-adota-IA-para-aprimorar-ensino-de-matematica-nas-escolas-da-rede-estadual>>.

SAMARAKOU, M. et al. Evaluation of an intelligent open learning system for engineering education. **Knowledge Management E-Learning**, v. 8, 2016.

SHEIKH, H.; PRINS, C.; SCHRIJVERS, E. Artificial intelligence: Definition and background. In: . [S.l.]: Springer, 2023. p. 15–41.

SINGH, S. K.; TIWARI, A. K.; PALIWAL, H. K. A state-of-the-art review on the utilization of machine learning in nanofluids, solar energy generation, and the prognosis of solar power. **Engineering Analysis with Boundary Elements**, v. 155, p. 62–86, 2023.

SPADINI, A. S. O que é inteligência artificial? como funciona uma ia, quais os tipos e exemplos. **Alura**, 2023. Disponível em: <https://www.alura.com.br/artigos/inteligencia-artificial-ia?utm_source=chatgpt.com>.

TAHIRU, F. Ai in education: A systematic literature review. **Journal of Cases on Information Technology (JCIT)**, IGI Global, v. 23, p. 1–20, 2021.

TEIXEIRA, J. **O que é inteligência artificial**. [S.l.: s.n.], 2019.

TERRA. **Entre tecnologia e bom professor, escolho o segundo: as reflexões de Salman Khan, pioneiro no ensino a distância**. 2024. Acesso em: 10 nov. 2024.

TOLEDO, A. T.; MENDONÇA, M. A aplicação da inteligência artificial na busca de eficiência pela administração pública. Escola Nacional de Administração Pública (Enap), 2023.

XU, J. et al. A review on ai for smart manufacturing: Deep learning challenges and solutions. **Applied Sciences**, v. 12, 2022.

ZHAI, X. et al. A review of artificial intelligence (ai) in education from 2010 to 2020. **Complexity**, v. 2021, n. 1, 2021.